564-y2023/3 Pyyryväisen osayleiskaava

Oulu

Tärinäselvitys

17.7.2026

DESTIA

A COLAS COMPANY

Hankkeen nimi

Tärinäselvitys

564-Y2023/3 Pyyryväisen osayleiskaava, Oulu

ALKUSANAT **1**

1 SUUNNITTELUKOHDE **2**

1.1 SUUNNITTELUKOHTEEN SIJAINTI 2
1.2 KAAVALUONNOS 3

2 ALUEEN MAAPERÄ JA LOUHOSTOIMINTA **5**

2.1 MAAPERÄKUVAUS 5
2.2 LOUHOSTOIMINTA 6

3 TÄRINÄMITTAUSTEN TOTEUTUS JA TULOKSET **8**

3.1 TÄRINÄN SUOSITUSRAJA-ARVOT JA KOKEMINEN 8
3.2 MITTAUSTEN TOTEUTUS 9
3.3 KESKEISET MITTAUSTULOKSET 10

4 SUOSITUKSET KAAVAMÄÄRÄYKSISTÄ **13**

4.1 YHTEENVETO 13
4.2 SUOSITUKSET 14

LIITTEET **14**

564-Y2023/3 Pyyryväisen osayleiskaava, Oulu

Alkusanat

Tämä tärinäselvitys on tehty Oulun kaupungin toimeksiannosta joulukuun 2025 ja heinäkuun 2026 välisenä aikana. Tavoitteena on ollut selvittää osayleiskaava-alueen pohjoispuolelle sijoittuvan Vasikkasuon louhostoiminnan vaikutusta kaava-alueen luoteisosan teollisuustonteille, jotka sijoittuvat osin louhosten suoja-vyöhykkeelle.

Tärinäselvityksen laatimisessa projektipäällikkönä on toiminut DI Laura Laurinolli Destia Oy:stä. Tärinämittauksista ja niiden raportoinnista vastasi FISE aa-luokan tärinäasiantuntija Vesa Sinervo Forcit Consulting Oy:stä. Laadunvarmistajana on toiminut DI Marja-Terttu Sikiö Destia Oy:stä. Tässä selostuksessa on esitetty yhteenveto mittaustuloksista. Mittausraportti on esitetty selostuksen liitteenä 1.

Helsingissä heinäkuussa 2026

Destia Oy

Geosuunnittelu

Destia Oy
Firdonkatu 2 T 151
00520 Helsinki
P. +358 (0)20 444 11
www.destia.fi

Y-tunnus/Business ID 2163026-3

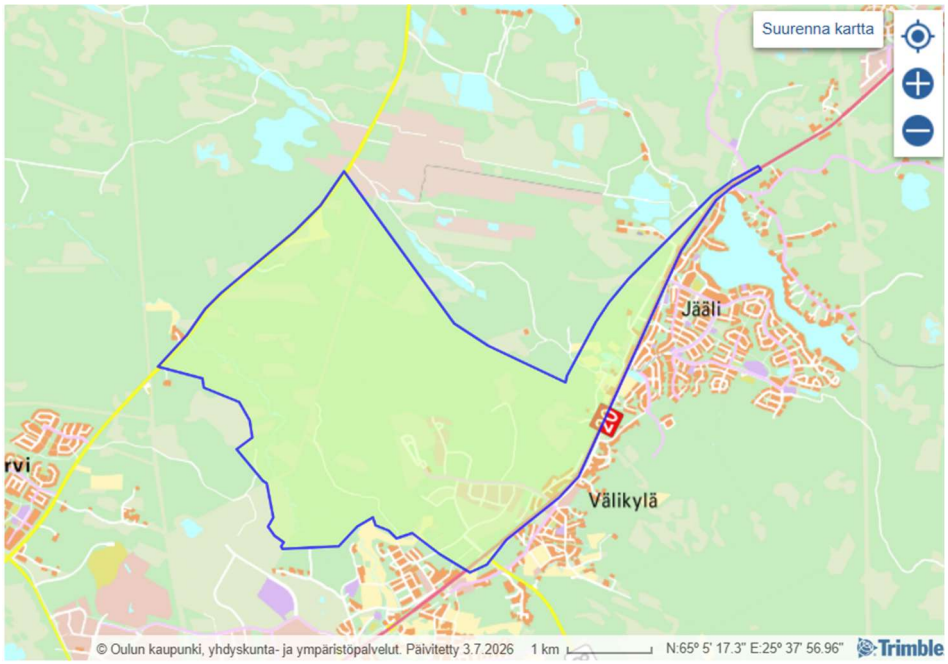
1 SUUNNITTELUKOHDE

1.1 Suunnittelukohteen sijainti

Suunnittelualue sijaitsee noin 10 km Oulun keskustasta valtatie 20 varrella Välikylä-Jääli välillä Pyyryväisen kohdalla. Suunnittelualueen pohjoispuolelle jäävät Vasikkasuon laajat maa-ainestenotto- ja louhosalueet.



Kuva 1. *Kaavarunkoalueen sijainti (Oulun kaupungin karttapalvelu 2026)*



Kuva 2. *Kaavarunkoalueen tarkempi sijainti (Ote hankesivulta)*

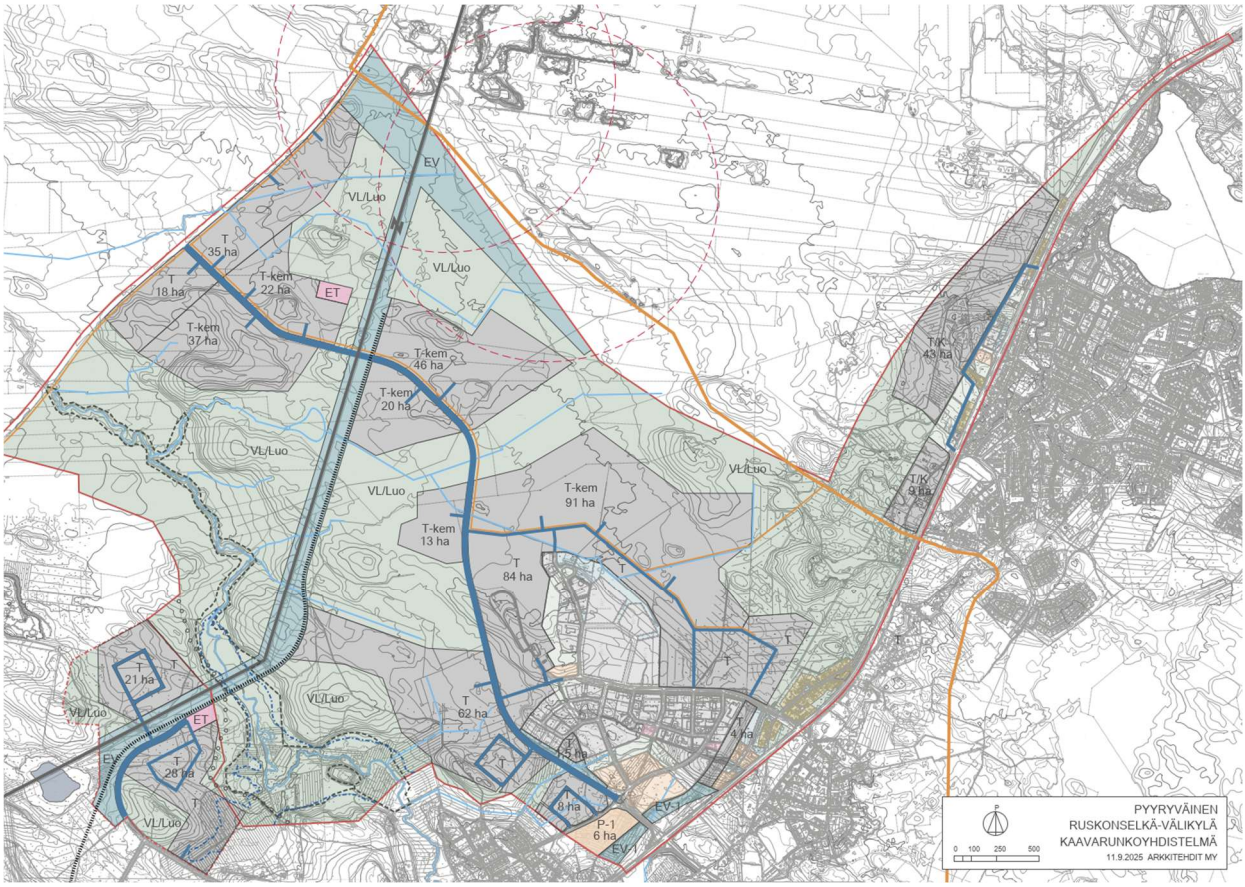
1.2 Kaavaluonnos

Pyyryväisen osayleiskaavan tavoitteena on mahdollistaa suunnittelualueelle suuren mittakaavan vihreän siirtymän teollisuutta. Osayleiskaavan keskeisiin tavoitteisiin kuuluu mm. kehätieyhteys Kuusamontien ja Alakyläntien välille, 400 kV:n voimajohto ja vetyputki sekä teollisuusvesiputki, varata soveltuva maastokäytävä mahdolliselle tulevaisuuden teollisuusraiteelle, mahdollistaa vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan suurteollisuuden sijoittumisen alueelle T/kem-kaavamerkinnällä. (Oulun kaupunki, hankesivu ja kaavarunkoyhdistelmä)

Kaavaluonnoksessa on esitetty myös luonto- ja vesistöarvojen turvaamista sekä parantamista ja kestävää vesienhallintaa mm. jättämällä laajoja lähivirkistysalueita, jotka ovat luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä. Nämä on merkitty kaavassa VL/Luo -kaavamerkinnällä. (Oulun kaupunki, hankesivu ja kaavarunkoyhdistelmä)

Osayleiskaava-alueen koko on 14,6 neliökilometriä ja etäisyys Oulun keskustaan noin 10 km. Kaava-alueeseen sisältyy Välikylän yrityspuisto ja osin valtatien 20 parantamiseen kuuluva yhteysväli. Pohjoispuolelle jäävät Vasikkasuon laajat maa-ainestenotto- ja louhosalueet. (Oulun kaupunki, hankesivu ja kaavarunko-yhdistelmä)

Tärinäselvityksen suunnittelualue sijoittuu kaavarungon luoteisosaan, jossa sijaitsee T ja T/Kem tontit, joiden alueelle louhosten suojaetäisyys ulottuu. Punaiset katkoviivat kuvaavat louhosten suojaetäisyyttä.

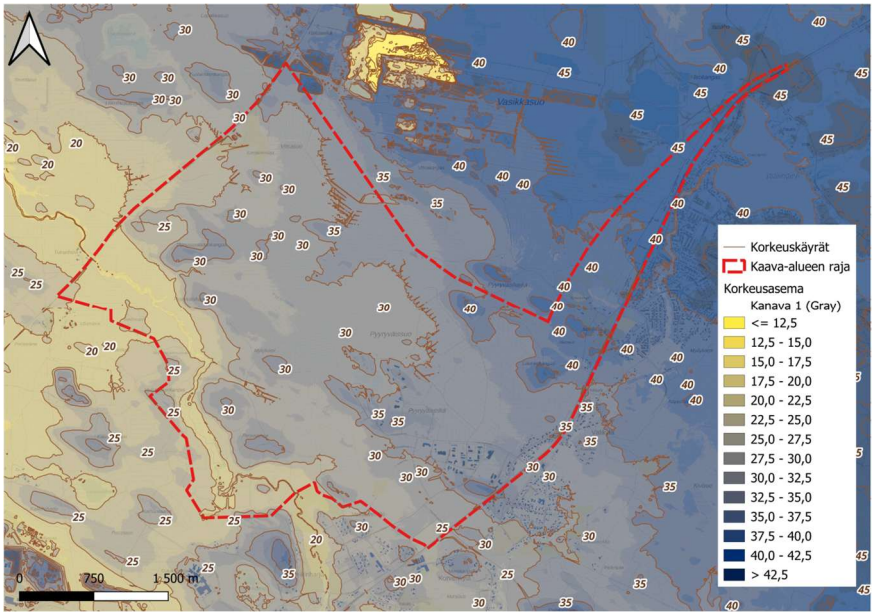


Kuva 3. *Osayleiskaavan kaavarunkoluonnos, tärinäselvityksen suunnittelualue sijoittuu kaavarungon luoteisosaan punaisten katkoviivojen rajaamalle alueelle (Oulun kaupunki 2025)*

2 ALUEEN MAAPERÄ JA LOUHOSTOIMINTA

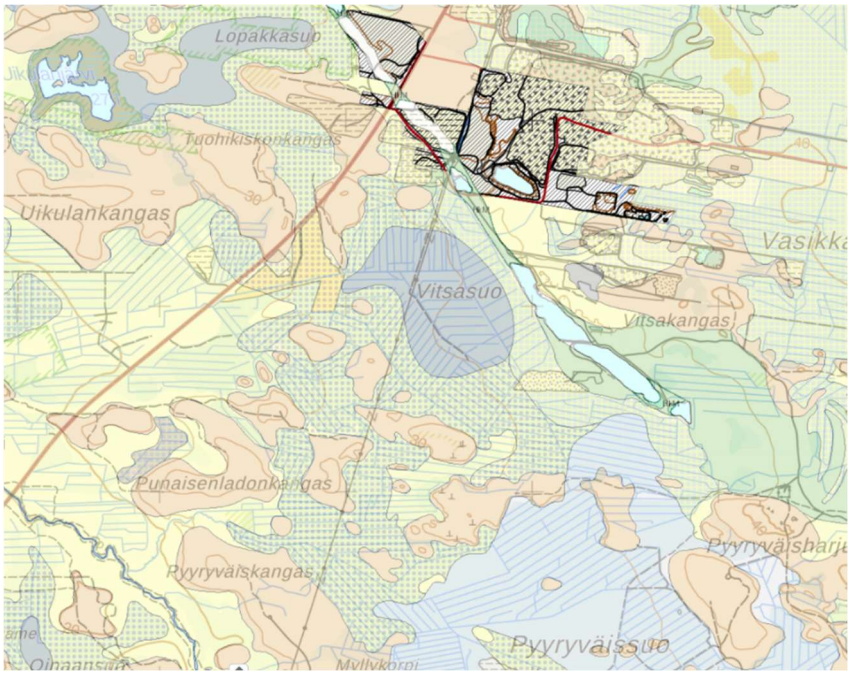
2.1 Maaperäkuvaus

Kaava-alue on topografialtaan jonkin verran vaihtelevaa (kuva 4.). Alueen maanpinta on korkeimmillaan koilliskulmalla noin tasolla + 46 (N2000) ja alimmillaan kaava-alueen lounaiskulmalla noin tasolla + 15 (N2000) Kalimeenojan tuntumassa. Alavimmat alueet on merkitty kaavassa VL/Luo -alueiksi eikä niihin kohdistune maanmuokkausta.



Kuva 4. *Kaava-alueen topografia*

Alue on rakentamatonta metsä-, suo- ja peltoaluetta. Tärinämittausten kohteena olevien kaavoitettujen tonttien osalla maaperä on maaperäkartan (kuva 5.) perusteella karkea hietaa eli hienoa hiekkaa tai karkeaa silttiä. Pinnassa on paikoin ohut turvekerros. Tärinämittausten alueelle laadittiin pohjatutkimusohjelma, mutta pohjatutkimuksia ei päästy toteuttamaan hankeaikana. Tärinämittausten alueelta ei näin ollen tehty pohjatutkimuksia.



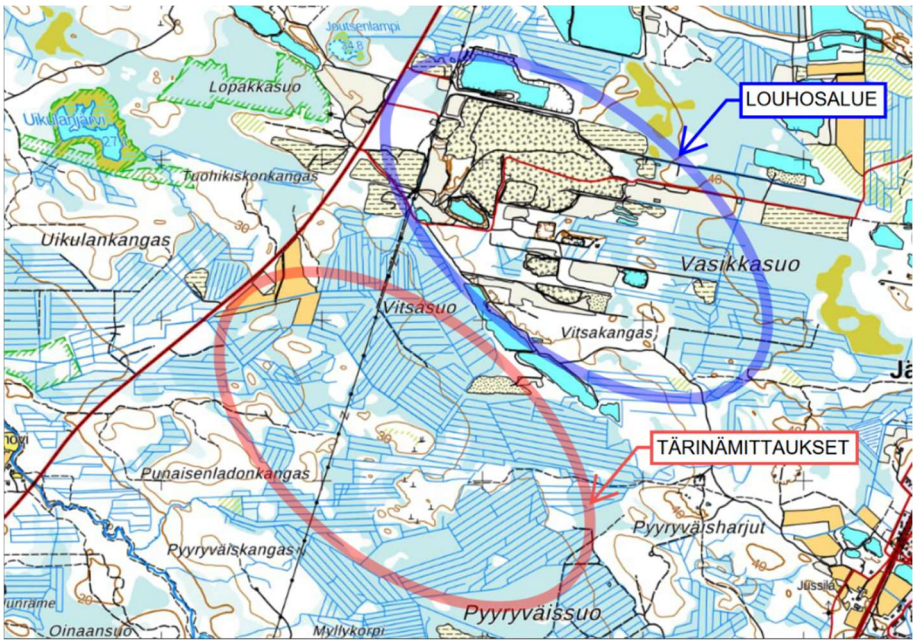
Kuva 5. *Ote maaperäkartasta (GTK maankamara)*

2.2 Louhostoiminta

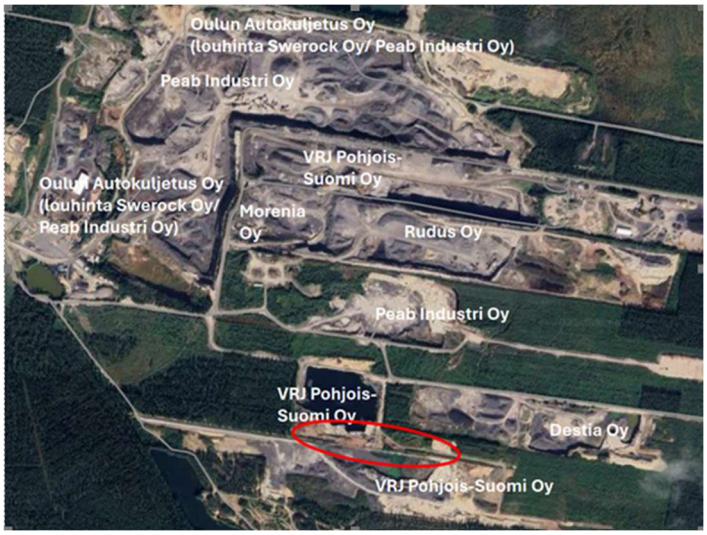
Kaava-alueen läheisellä Vasikkasuon louhosalueella on kymmenen louhosta, jotka toimivat maa-aines- ja ympäristöluvan yhteisluvilla. Louhosalueen nykyisillä toimijoilla on toimintaluvat voimassa 2040-luvulle asti. Alueella tehdään louhintaa nykyisen vuoden 2002 yleissuunnitelman mukaisesti enintään tasolle +0,4 (N2000). Kaikkia Vasikkasuon yleissuunnitelman mukaisia louhosalueita ei ole vielä luvitettu eikä otettu käyttöön. Louhosalueen louhinta Vasikkasuon yleissuunnitelman mukaiseen lopputilanteeseen vienee vielä vuosikymmeniä.

Alueen toimijoiden haastatteluissa kävi ilmi, että räjäytysten tiheydessä on paljon vaihtelua. Osa räjäyttää vai pari kertaa vuodessa, mutta viikoittain voi kuitenkin olla räjäytyksiä eri puolilla louhosaluetta. Yhteisluvissa ei ole määräyksiä räjäytyksistä muutoin kuin toiminta-aikojen osalta. Kaikissa alueen luvissa räjäytykset on sallittu ma-pe klo 8-18, ei arkipyhinä. Louhinta, rikotus, murskaus ja muut toiminnot on sallittu ma-pe klo 6-22, ei arkipyhinä.

Kuvassa 6. on tärinämittausalueen viitteellinen sijainti ja louhoksen viitteellinen sijainti. Kuvassa 7. on Pyyryväisen osayleiskaavaan luoteisosaa lähinnä olevat louhosalueen toimijat.



Kuva 6. *Ote maastokartta*



Kuva 6. *Pyyryväisen osayleiskaavaan luoteisosaa lähinnä olevat louhosalueen toimijat*

3 TÄRINÄMITTAUSTEN TOTEUTUS JA TULOKSET

3.1 Tärinän suositusraja-arvot ja kokeminen

Suomessa liikennetärinälle on määritelty suositusraja-arvot erikseen asuinmukavuudelle ja rakenteiden vaurioitumiselle, joita usein noudatetaan maankäytön suunnittelussa. Asuinmukavuuden ohjearvot perustuvat norjalaiseen standardiin NS8176(1999), ja niitä sovelletaan VTT:n ohjeistuksessa 2278, 2004 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”. Varioitumisen osalta maankäytössä liikennetärinän osalta riskiä arvioidaan VTT:n raportin VTT-R-04703-14, 2014 ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius” mukaisesti.

Louhintatärinän osalta ei ole vastaavia suositusraja-arvoja asuinmukavuudelle tai alueiden käytölle, mitä voitaisiin suoraan hyödyntää suoraan maankäytön suunnittelussa. Louhintatärinän osalta tarkastellaan vain rakenteiden vaurioitumisriskiä, jonka osalta raja-arvot määritellään ohjeen RIL 253-2024 mukaisesti.

Tässä selvityksessä tarkasteltava pääasiallinen tärinälähde on kallion louhinta. Alueelle on kaavoitettu myös ajoreittejä, joilla tulee oletettavasti liikkumaan raskasta liikennettä, mistä saattaa aiheutua tulevaisuudessa tonteille myös liikennetärinää.

Louhintatärinän raja-arvot ovat korkeammat verrattuna liikennetärinän raja-arvoihin. Louhintatärinä on ominaisuuksiltaan kuitenkin erilaista eikä se ole jatkuvaa. Louhintatärinä on vähemmän vaarallista rakenteille, minkä takia sen raja-arvotkin ovat korkeammat.

Havaittavissa oleva ja häiritsevä tärinä

Ihmisten tärinän havaintokynnys on yksilöllinen. Tyypillisesti havaintokynnys heilahdusnopeuden huippuarvona ilmaistuna on noin 0,05-0,15 mm/s. Häiritsevänä tärinä koetaan tyypillisesti, kun heilahdusnopeuden huippuarvo on enemmän

kuin 0,4-0,8 mm/s. Rakenteille vaarallisen suuruinen tärinä on aina huomattavasti havaittavissa olevaa tärinää suurempaa. (RIL 253-2024 Rakentamisen aiheuttamat tärinät)

Taulukko VTT:n värähtelyluokituksesta asumisviihtyvyyden kannalta (VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004) on esitetty liitteenä olevassa mittausraportissa.

3.2 Mittausten toteutus

Tärinämittauksista vastasi FISE aa-luokan tärinäasiantuntija Vesa Sinervo Forcit Consulting Oy:stä. Tärinämittaukset suoritettiin Pyyryväinen-Ruskonselkä-Välikylä kaava-alueella aikavälillä 18.11.–17.12.2025. Mittaukset suoritettiin yhteensä 8 mittauspisteessä, joiden sijainnit valittiin mittaussuunnitelman mukaisesti (Forcit Consulting Oy 13.11.2025), kuva 8. Mittausten tarkoituksena oli kartoittaa läheisellä kaivosalueella suoritettavien räjäytysten vaikutus niillä kaavaluonnosalueen tonteilla, jotka sijoittuivat louhosten suojavyöhykkeelle. Mittausten aikana louhosalueella suoritettiin kolme louhintaräjäytystä. Mittareihin kohdistui alueen itäosassa ilkivaltaa. Tarkemmat tiedot mittauksista on esitetty liitteessä 1.



Kuva 8. *Tärinämittausten mittauspisteiden sijainnit (Forcit Consulting 2026, mittausraportti)*

Taulukko 1. *Tärinämittauksen mittareiden tiedot ja lähin etäisyys louhosalueella tehdyistä räjäytyksistä (Forcit Consulting 2026, mittausraportti)*

Mittalinja	Mittauspiste	Etäisyys	Tallennin	Anturi
Linja 1	MP1	900 m	IM-106598	V12-7500
Linja 1	MP2	1000 m	IM-106598	V12-20180
Linja 2	MP3	1200 m	IM-120222	V12-44150
Linja 2	MP4	1380 m	IM-120222	V12-42470
Linja 3	MP5	1000 m	IM-122144	V12-46810
Linja 3	MP6	1100 m	IM-122144	V12-42710
Linja 4	MP7	1040 m	IM-113887	V12-35870
Linja 4	MP8	1210 m	IM-113887	V12-8770

3.3 Keskeiset mittaustulokset

Louhintatärinä

Kohteessa mitattiin louhinnan aiheuttamaa tärinää neljältä linjalta, yhteensä kahdeksasta pisteestä. Mitattava suure on heilahdusnopeus, jota verrataan heilahdusnopeuden ohjearvoon.

Suunnittelualueen rakennuksille määritettiin heilahdusnopeuden ohjearvo RIL-253-2024 Rakentamisen aiheuttamat tärinät mukaisesti. Ohjearvo v (mm/s) määritettiin alla olevalla laskentakaavalla:

$$v = F_k \cdot v_1$$

F_k rakennustapakerroin
v_1 louhintatärinän heilahdusnopeuden ohjearvon perusarvo (mm/s)

Rakennustapakertoimen arvot ja heilahdusnopeuden ohjearvon perusarvot on esitetty tämän selostuksen liitteenä olevassa mittausraportissa. Heilahdusnopeuden ohjearvon perusarvoon vaikuttaa etäisyys ja maaperä.

Taulukossa 2 on esitetty suurin mitattu heilahdusnopeuden tulos sekä RIL 253-2024 mukainen heilahdusnopeuden ohjearvo mittauspisteittäin. Ohjearvojen määrityksessä rakennustapakerroin oli 1,0, jota käytetään massiivisille tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoisille teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennuksille.

Taulukko 2. *Louhintaräjäytysten aiheuttamat suurimmat tulokset sekä rakennusten ohjearvo mm/s (Forcit Consulting 2026, mittausraportti)*

Räjäytys	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8
Suurin mitattu tulos mm/s	6,7	2,9	3,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,1
Etäisyys metreinä	900	1000	1200	1380	1000	1100	1040	1210
Heilahdusnopeuden ohjearvo mm/s	6,2	6,0	5,8	5,6	6,0	5,9	6,0	5,8

Vain louhintaräjäytyksiä lähimpänä olevassa pisteessä MP1 havaittiin mittauksissa ohjearvon ylittävä tulos. Tulosten perusteella hyväkuntoisten ja tavanomaisten rakennusten vaurioitumisriski louhintatärinän takia niillä tontin osilla, jotka sijoittuvat suoja-alueen sisään, on pieni. Todennäköisesti alueella olevat ihmiset havaitsevat ja saattavat pitää tärinää häiritsevänä ja voivat valittaa häiriöstä.

Runkomelu

Mittausraportissa runkomelu arvioitiin VTT tiedotteen 2468 mukaisella arviointitasolla 3. Runkomelutasolle on suositukset erityyppisille rakennuksille. Esimerkiksi asuinrakennuksille suositus on yleensä $L_{prm} \leq 35$ dB, värähtelyn lähteen ollessa pintaväylä sekä toimistoille, kaupoille, näyttelytiloille ja museoille suositus on $L_{prm} \leq 40$ dB. Teollisuusrakennuksille ei ole annettu suosituksia runkomelutasolle.

Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto mittaustuloksista eri mittauspisteissä. Tulokset ovat maaperämittauksista johdettuja arvioita ja niiden tulkinnassa tulee ottaa huomioon, että rakennuksen perustamistapa, rakenteet ja tilojen akustiset ominaisuudet vaikuttavat runkomelutasoihin merkittävästi. Taulukossa on esitetty kunkin mittauspisteen määrittävät tulokset sekä arviointitasoon 3 perustuva maa-

perämittauksista johdettu arvio runkomelutason L_{pA} vaihteluvälistä. Runkomelutason arvio perustuu teollisuusrakennuksen ominaisuuksiin.

Taulukko 3. *Määrittävät tärinän mittaustulokset mittauspisteittäin. Tulokset ovat maaperämittauksista johdettuja arvioita. (Forcit Consulting 2026, mittausraportti)*

MP	*Tunnus-luku*	Värähtely-luokka	Vmax mm/s	Vmax RMS	Tärinä alue	Määräävä taajuus	Määräävä suunta	L_{pA}
MP1	*0,94*	*>D*	6,7	1,43	H-alue	50 Hz	L	57-62 dB
MP2	*0,83*	*>D*	2,9	0,89	H-alue	40 Hz	L	53-58 dB
MP3	*1,09*	*>D*	3,1	0,86	H-alue	10 Hz	T	37-43 dB
MP4	*0,43*	*D*	1,4	0,36	H-alue	10 Hz	T	29-35 dB
MP5	*0,65*	*>D*	1,7	0,56	H-alue	8 Hz	T	33-40 dB
MP6	*0,63*	*>D*	2,0	0,53	H-alue	31,5 Hz	T	48-53 dB
MP7	*0,84*	*>D*	2,4	0,62	H-alue	40 Hz	T	50-55 dB
MP8	*0,57*	*D*	2,1	0,49	H-alue	50 Hz	L	48-53 dB

Tulosten perusteella arvioitu runkomelutaso ylittää suositusarvot runkomelun tasolle kaikissa paitsi kauimmaisessa pisteessä MP4 (noin 1400 m). Tulosten tulkinnassa tulee ottaa huomioon, ettei teollisuusrakennuksille ole suosituksia runkomelutasolle ja että rakennuksen ominaisuudet vaikuttavat runkomeluun.

4 SUOSITUKSET KAAVAMÄÄRÄYKSISTÄ

4.1 Yhteenveto

Tämän tärinäselvityksen tavoitteena oli selvittää louhostoiminnan mahdollisesti aiheuttamaa tärinähaittaa Pyyryväinen-Ruskonselkä-Välikylän osayleiskaavan alueella.

Mittausten perusteella Vasikkasuolta tehtävien louhintojen aiheuttama tärinä vaimenee kaava-alueen tonteille tultaessa. Louhintaräjäytysten aiheuttama suurin mittaustulos on pääosin mittauspisteissä rakennuksille annettua heilahdusnopeuden ohjearvoa pienempi. Vain mittauspisteessä, MP1 (900 m kaivosalueelta), suurin mitattu tulos ylittää rakennuksille annetun heilahdusnopeuden ohjearvon.

Rakennuksilla on näin ollen vähäinen vaurioitumisriskiä louhintatärinästä tonttien niillä osilla, jotka sijaitsevat suojavyöhykkeellä. Riski on olemassa suojavyöhykkeen sisällä ainakin aivan tonttien pohjoisosassa. Tärinästä johtuvan rakennusten vaurioriskin osalta T/kem-tonttien pohjoisosat sijoittuvat alueelle, jossa tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista.

Vaikka suojavyöhykkeen sisällä ja ulkopuolella mitattu tärinä ei pääosin ole suuruudeltaan rakennuksia vaurioittavaa, on se sen sijaan voimakkuudeltaan niin suurta, että ihmiset todennäköisesti kokevat sen häiritseväksi.

Huomioitavaa on myös, että mittausraportin perusteella arvioitu runkomelutaso ylittää VTT:n tiedotteessa 2468 suositellut arvot. Teollisuusrakennuksille ei ole annettu suosituksia runkomelutasolle. Runkomelutaso on alle toimistoille, kaupoille, näyttelytiloille ja museoille annetun suosituksen (≤ 40 dB) vain mittauspisteessä 4, joka on noin 1400 metrin päässä kaivosalueesta. Myös mittauspisteiden 3 ja 5, joiden etäisyydet kaivosalueesta ovat 1200 m ja on 1000 m, alempi runkomelutaso on alle suositellun arvon. Mittauspisteen 5 tärinän taajuusjakauma oli poikkeava. Tutkitut tonttien osat sijoittuvat suurelta osin runkomelun riskialueelle.

4.2 Suositukset

Niille kaavarungon T tai T/kem-tonttien osille, jotka sijoittuvat louhinnan suojavyöhykkeen sisään, on suositeltavaa esittää kaavassa vain varasto- ja varikkotoimintoja.

Rakennusmassaa voi sijoittaa niille tontin osille, jotka sijoittuvat suojavyöhykkeen ulkopuolelle. Rakennusmassaa ei kannattaa esittää aistittavan tärinän voimakkuuden ja runkomeluriskin vuoksi aivan suojavyöhykkeen rajalle.

Suojavyöhykkeen raja on riittävä rakennusten vaurioitumisriskiä arvioiden, mutta asumis-/oleskeluviihtyvyyttä ja runkomeluriski huomioiden riittämätön.

Kaavassa on suositeltavaa edellyttää tarkempaa tärinäselvitystä asemakaavavaiheessa tai rakennuslupavaiheessa. Kaavassa voidaan antaa yleismääräys. ”Alueen jatkosuunnittelussa tulee huomioida louhostoiminnan aiheuttama tärinä ja runkomelu kunkin rakennuksen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla.”

LIITTEET

Liite 1. Tärinämittausraportti Pyyryväinen Ruskonselkä 08062026

Tärinämittaus

Kaivosalueen räjäytystyöt
Pyyryväinen Ruskonselkä, Oulu

19.5.2026
Helsinki

Vesa Sinervo
Forcit Consulting Oy

SISÄLTÖ

1		Johdanto	3
	1.1	Kohteen tiedot	3
	1.2	Työn yleistiedot	3
	1.3	Mittauskohteen kuvaus	3
2		Mittauksen suoritus	5
	2.2	Mittauslaitteiston tiedot	5
3		Mittaustulosten käsittely	5
	3.1	Tärinän vaikutus asumisviihtyvyyteen	6
	3.2	Tärinän vaikutus rakenteisiin	7
	3.3	Tärinän aiheuttama runkomelu	8
4		Mittaustulokset ja niiden tarkastelu	9
5		Yhteenveto	12

1 Johdanto

Forcit Consulting Oy on suorittanut Pyyryväinen-Ruskonselkä-Välikylä kaava-alueella tärinämittauksen aikavälillä 18.11.–17.12.2025. Mittaukset suoritettiin yhteensä 8 mittauspisteessä, joiden sijainnit valittiin mittaussuunnitelman mukaisesti (Forcit Consulting Oy 13.11.2025). Mittausten tarkoituksena oli kartoittaa läheisellä kaivosalueella suoritettavien räjäytysten vaikutus kaavaluonnosalueella. Mittaustulokset analysoidaan VTT tiedotteiden ja raporttien sekä RIL253-2024 mukaisesti. Mittausten aikana suoritettiin kolme louhintaräjäytystä.

1.1 Kohteen tiedot

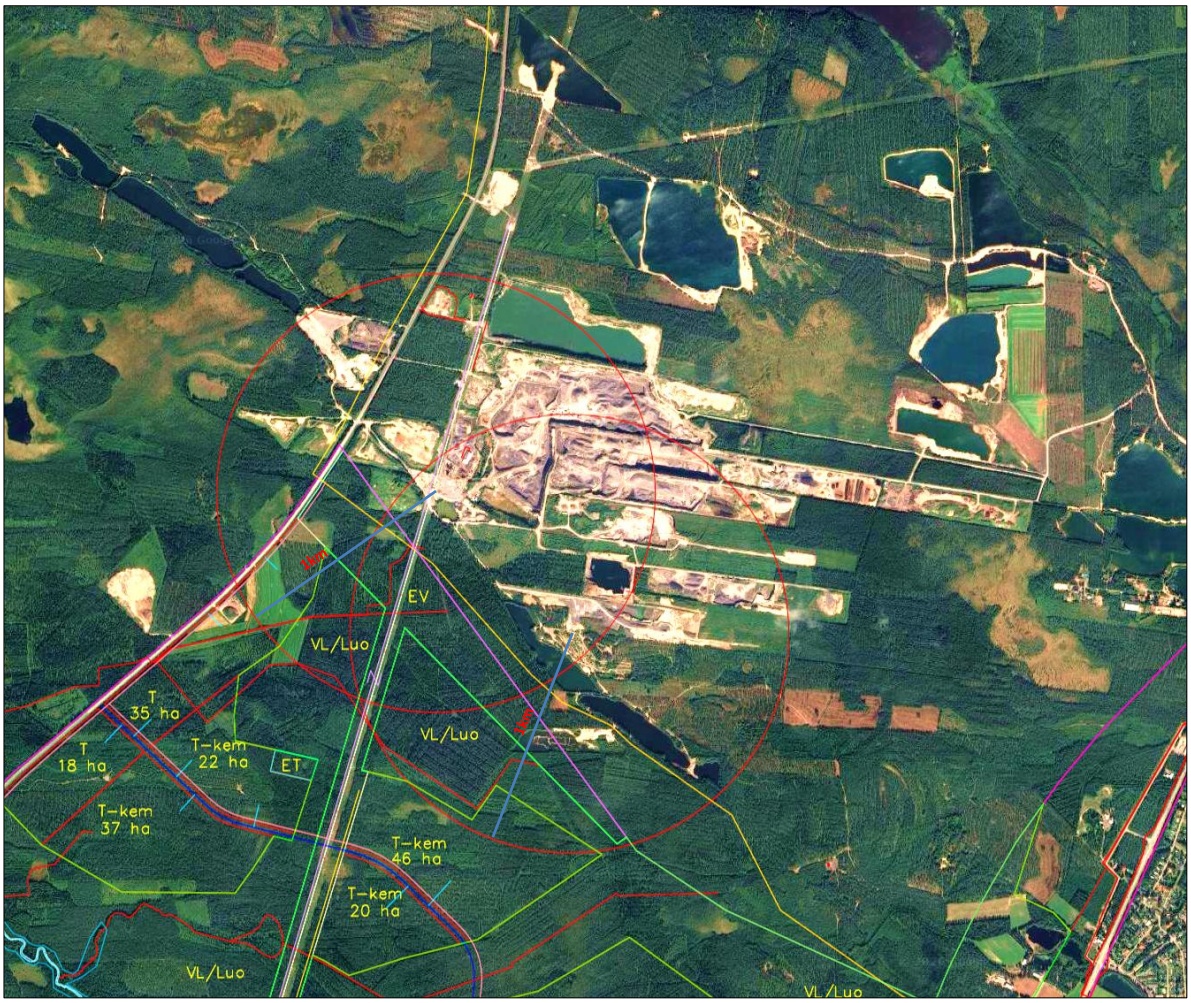
Kiinteistötunnukset:	564-409-5-61, 564-401-12-65, 564-404-91-5
Maaperä:	Karkea hieta, pintakerros osittain turvekerros (Gtk.fi)
Etäisyys:	n. 900 m (Lähimmän mittauspisteen etäisyys räjäytettyyn kenttään)

1.2 Työn yleistiedot

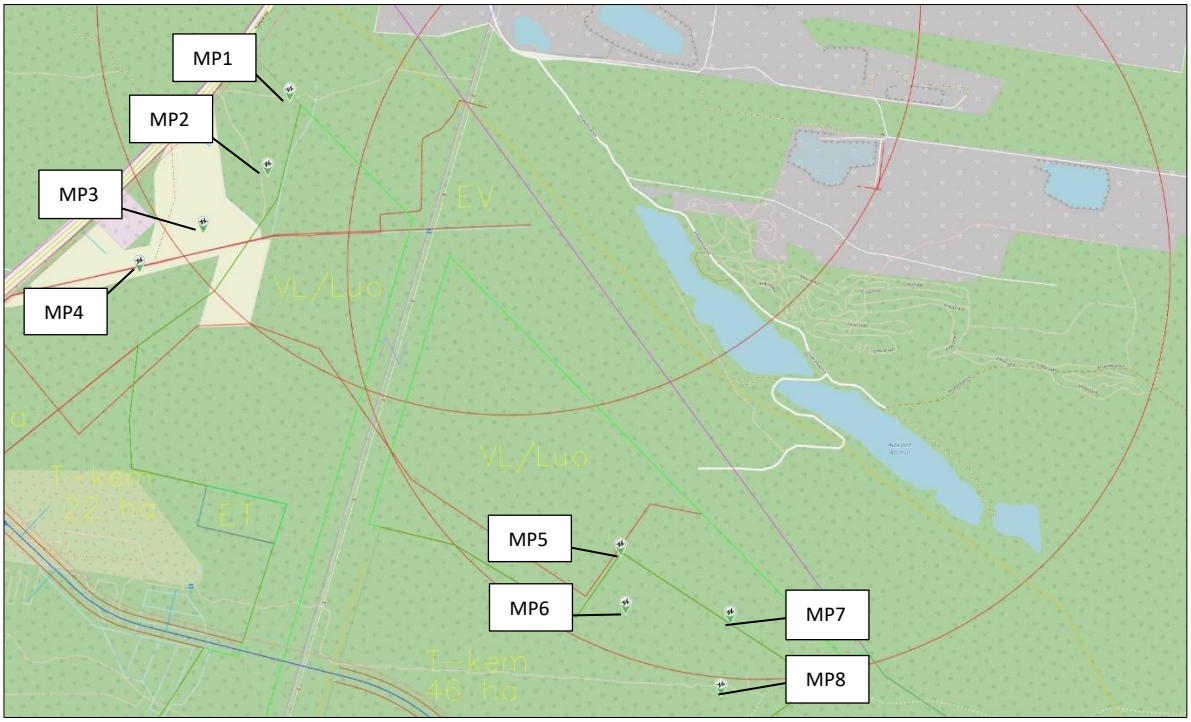
Työn tilaaja:	Destia Oy
Mittausajankohta:	18.11.–17.12.2026
Mittauksen suorittaja:	Forcit Consulting Oy / Emmiina Niskanen
Tulosten raportointi:	Forcit Consulting Oy / Vesa Sinervo, FISE aa-vaativuusluokan tärinäasiantuntija

1.3 Mittauskohteen kuvaus

Mittauskohteena oli Pyyryväinen-Ruskonselkä-Välikylä alueella sijaitseva metsä ja peltoalue. Kohteen pohjoispuolella sijaitsee louhosalue, jolle on määritetty etäisyyteen perustuvat suoja-alueet. Suoja-alueiden säde on 1 kilometri, ja ne on mitattu kaava-aluetta lähimmästä louhittavasta alueesta. Kaavarunkoluonnos alueelle on kaavoitettu kaksi teollisuustonttia, jotka ulottuvat osittain näille suoja-alueille. Tonttien maaperä on karkeaa hietaa. Kuvassa 1 on esitetty yleiskuva mittauskohteena olevasta alueesta. Kuvassa 2 on esitetty mittauspisteiden tarkat asennuspaikat.



Kuva 1. Havainnekuva mittauskohteesta.



Kuva 2. Mittauspisteiden sijainnit.

2 Mittauksen suoritus

Mittauksessa käytettiin Sigicomin valmistamia kolmiaksiaalisia (mittaussuunnat V, L, T) INFRA V12 tärinäantureita. Mittaus suoritettiin etävalvottavana, jatkuvatoimisena mittauksena. Tärinäanturit asennettiin maaperään käyttäen maapiikkiä. Mittauspisteet yhdistettiin mittauspiste pareiksi, joissa louhinta-aluetta lähin mittauspiste toimi herätemittauspisteenä. Mittaustuloksien vastaavat L- ja T-komponentit olivat vaakasuuntaisia mittaussuuntia ja V-komponentti oli pystykomponenttina.

2.2 Mittauslaitteiston tiedot

Alla olevassa taulukossa 1 on lueteltu mittauksessa käytettyjen tärinämittareiden tunnistetiedot, sekä etäisyydet mittauspistettä lähimmistä räjäytetyistä kentästä. Tärinäanturit on kalibroitu viimeisen vuoden aikana laitevalmistajan toimesta.

Taulukko 1. Mittauspisteiden tiedot.

Mittalinja	Mittauspiste	Etäisyys	Tallennin	Anturi
Linja 1	MP1	900 m	IM-106598	V12-7500
Linja 1	MP2	1000 m	IM-106598	V12-20180
Linja 2	MP3	1200 m	IM-120222	V12-44150
Linja 2	MP4	1380 m	IM-120222	V12-42470
Linja 3	MP5	1000 m	IM-122144	V12-46810
Linja 3	MP6	1100 m	IM-122144	V12-42710
Linja 4	MP7	1040 m	IM-113887	V12-35870
Linja 4	MP8	1210 m	IM-113887	V12-8770

Mittauksessa käytettiin SS4604861 mm/s RMS 1s ja SS4604866 mm/s standardeja. Mitattavat suureet ovat kolmiaksiaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden 1 minuutin huippuarvoja ja yksikkö on mm/s RMS(1s) ja mm/s. Mittauksessa otettiin myös näytekuvaajia, joista ilmenee 10 sekunnin jakson suurin heilahdusnopeus, kiihtyvyys, siirtymä ja taajuus aikatasossa. Näytekuvaajista tehdään tarkempi analyysi värähtelyn sisällöstä.

3 Mittaustulosten käsittely

Suomessa räjäytysten aiheuttamaa tärinää arvioidaan pääasiassa RIL 253-2024 julkaisun mukaisesti. Tärinän aiheuttamaa häiriötä arvioidaan VTT:n suositusten ja tiedotteiden perusteella. VTT:n suositukset ja tiedotteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, joista ensimmäinen ottaa kantaa asumisviihtyvyyteen ja häiriöalttiuteen, toinen tärinän vaikutukseen rakenteisiin ja kolmas tärinän aiheuttamaan runkomeluun. Teollisuusalueella kaavamerkinnät V ≥ 0,3 tai V ≥ 0,6 ohjaavat alueen toimintojen suunnittelua sekä huomioivat alueen häiriöalttiuden tärinälle. Alueilla, jossa tärinän taso alittaa 0,3, sallitaan tärinäherkkiä toimintoja tai tuotantoa. Alueella, joilla tärinän taso on välillä 0,3–0,6, tärinän vaikutukset tulee ottaa huomioon toimintoja suunniteltaessa rakennesuunnitteluvaiheessa tai varautua tärinävaimennuksiin. Alueilla, joilla tärinän taso ylittää 0,6, sallitaan pääsääntöisesti vain varasto- tai varikkotoimintaa sekä muuta vastaavaa käyttöä.

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti selostettu näiden suositusten ja standardien pääseikkoja. Tämä tarkoittaa, että kaikkiin esitettyihin suosituksiin ja standardeihin liittyy mittausjärjestelyjä, tulkintoja ym. asioita, jotka voivat poiketa alla esitetyistä asioista.

3.1 Tärinän aiheuttama häiriöalttius ja asumisviihtyvyys

Asumisviihtyvyyteen mittaamiseen liittyvien tärinöiden analysoinnissa käytetään VTT:n ohjetta 2278, 2004 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”. Häiriöalttiusluokitus määritellään käyttäen ohjeen ohjearvoja. Mittaukset tehdään ohjeen mukaisesti kolmiaksiaalisesti viikon mittaisella mittausjaksolla. Värähtelyn tunnusluvun määritykseen käytetään 15 merkittävintä pystysuuntaista tulosta. Merkittävillä tuloksilla tarkoitetaan tuloksia, jotka tiedetään tuloksen tarkemman analyysin tai jonkin muun seikan perusteella varmuudella johtuvan mitattavista tärinälähteistä.

Esitetty rakennusten värähtelyluokittelu perustuu norjalaiseen standardiin NS8176(1999), jossa määritellyn värähtelyn tunnusluvun tulee 95 % todennäköisyydellä edustaa kaikkia ko. kohteeseen värähtelyitä aiheuttavia liikennevälineitä. Käytännön värähtelyluokittelu perustuu seuraavaan mittaus- ja arviointikäytäntöön:

- mittausjakso on yleensä vähintään yksi viikko
- mittaus tehdään joko maaperästä, ylimmän asuinkerroksen lattiasta tai muusta edustavasta kohteesta sekä rakennuksen kantavasta rakenteesta kuten sokkelista
- mitattava suure on 3-aksiaalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden, ISO2631-2 mukaan taajuuspainotettu, tehollisarvo (rms, 1s)
- värähtelyn tunnusluku v_{w95}: lasketaan 15 suurinta rekisteröintiä aiheuttaneen liikennevälineen otoksesta lisäämällä näiden pystysuuntaisten rekisteröintien aritmeettiseen keskiarvoon otoksen keskihajonta 1.8-kertaisena. Kaava 1.

Kaava 1. värähtelyjen tunnusluku

$$v_{w95} = \overline{v_w} + 1{,}8 * \sigma$$

, missä

$\overline{v_w}$ = tehollisarvon keskiarvo

σ = tehollisarvon keskihajonta

Mitattavan kohteen värähtelyluokka määräytyy suurimman saadun värähtelyn tunnusluvun perusteella taulukon 2. mukaisesti. Louhintaräjäytysten aiheuttamaa häiriötä arvioitaessa, yksittäisten louhintaräjäytysten tärinätasoja verrataan taulukon arvoihin. VTT:n suosituksen mukaan maankäytön suunnittelussa tavoitteena tulisi olla, että värähtelyn tunnusluku v_{w95} ei ylitä arvoa 0,3 mm/s (luokka C). Tätä luokitusta käytetään myös louhosalueen suoja-alueen rajana.

Taulukko 2. VTT:n värähtelyluokitus asumisviihtyvyyden kannalta (VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004).

Värähtely-luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ mm/s RMS (1s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. *Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.*	**≤ 0,10**
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet *Ihmiset voivat havaita värähtelyt, 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**

3.2 Tärinän vaikutus rakenteisiin

Tärinäalueiden rajaus kaavoituksessa perustuu maaperän värähtelyyn. Tärinän vaikutusta rakenteiden vaurioitumisalttiuteen tarkastellaan yleensä VTT:n raportin VTT-R-04703-14, 2014 ”Liikennetärinä: Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius” mukaisesti. Rakentamattomalla alueella mittaus suoritetaan maapiikeille asennetuista mittauspisteistä maaperän pintakerroksista. Rakennusten heilahdusnopeuden ohjearvo määräytyy RIL 253-2024 julkaisun mukaisesti maaperän, perustamistavan sekä rakennusmateriaalin mukaan. Mittaukset tehdään rakennuksen sokkelista tai vastaavasta kantavasta rakenteesta.

Ohjeiden mukaan mitattava suure on heilahdusnopeuden huippuarvo. VTT:n ohjeessa huomioidaan myös värähtelyspektrin hallitseva taajuus. Tarkastelussa oleva alue rajataan ja luokitellaan normaalikuntoisten rakennusten tärinäsiedon perusteella kolmeen vyöhykkeeseen. Tärinävyöhykkeen rajaus määräytyy maaperän sekä hallitsevan taajuuden perusteella taulukon 3 mukaisesti.

Louhintatärinän heilahdusnopeuden perusarvo V_1 (mm/s) etäisyyden suhteen erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille RIL 253-2024 ohjeen mukaan on esitetty taulukossa 4. Ohjearvoihin käytetään rakennustapakerrointa taulukon 5 mukaisesti.

Vyöhykkeiden rajaukset ovat:

- V-alue, maaperän tärinä on niin voimakasta, että se voi aiheuttaa vahinkoriskin rakenteille.
- H-alue, hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja rakennusmateriaalit.
- E-alue, tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista.

Taulukko 3. Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius (VTT-R-04703-14, 2014).

Maalaji	Pehmeä savi, <25 kN/m²	Sitkeä savi, siltti. löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni tai rikkonainen kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn hallitseva taajuus	**< 10 Hz**	**10–20 Hz**	**20–50 Hz**	**> 50 Hz**
V-alue	> 3 mm/s	> 4,2 mm/s	> 6 mm/s	> 7,2 mm/s
H-alue	1–3 mm/s	1,4–4,2 mm/s	2–6 mm/s	2,4–7,2 mm/s
E-alue	< 1 mm/s	< 1,4 mm/s	< 2 mm/s	< 2,4 mm/s

Taulukko 4. Louhintatärinän heilahdusnopeuden perusarvo V_1 etäisyyden suhteen maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille. Löyhälle soralle ja moreenille käytetään saraketta 3. (RIL 253-2024).

1	2	3	4	5
Etäisyys (m)	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
1	9	18	35	140
5	9	18	35	85
10	9	18	35	70
20	8	15	28	53
30	7	14	25	45
40	6	13	23	41
50	6	12	21	37
75	5	11	19	32
100	5	10	17	28
200	4	9	14	22
500	3	7	11	15
1 000	3	6	9	12
2 000	3	5	7	9
5 000	3	4	5	6
10 000	3	3	4	5

Taulukko 5. Rakennustapakertoimet eri rakennustyypeille ja -materiaaleille (VTT-R-04703-14, 2014).

Rakenneluokka	Rakennustapakerroin F_k
1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit.	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset. Ruiskubetonoidut kalliotilat. Yleensä staattisesti määrätyt rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä.	1,50
3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet. Teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset. Muut puu- ja teräsrakennukset. Johdot ja maakaapelit.	1,20
4. Massiiviset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset. Lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset. Ruiskubetonoimattomat kalliotilat.	1,00
5. Rakennukset, joissa kevytbetonia, kalkkihiekkatiiltä tai muuta vaurioherkkää materiaalia kantavissa rakenteissa tai julkisivuissa. Tärinä- ja värähtelyherkät historialliset rakennukset.	0,65

3.3 Tärinän aiheuttama runkomelu

Termillä runkomelu tarkoitetaan VTT T2468 ”Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi” mukaan maaperän kautta rakennukseen siirtyvää värähtelyä, joka muuttuu ääneksi. Runkomeluun liittyvä värähtely on voimakkuudeltaan niin vähäistä, ettei sitä voida havaita rakennuksen tärinänä, joten se ei aiheuta vaaraa rakenteille.

Suomessa ei ole maaperäiselle runkomelulle annettu ohje- tai raja-arvoja, mutta VTT on esittänyt runkomelutasoille suosituksia, jotka on esitetty taulukossa 6. Taulukon arvot raja-arvot täyttävät valtioneuvoston, sosiaali- ja terveysministeriön ja Suomen rakennusmääräyskokoelmassa annetut suurimmat sallitut äänitasot rakennuksessa. Suositus runkomelutason raja-arvosta rakennuksille värähtelyn lähteen ollessa pintaväylä on yleensä $L_{prm} \leq 35$ dB. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, suositus runkomelutason raja-arvosta on 30 dB.

Tässä selvityksessä runkomelu on arvioitu VTT tiedotteen 2468 mukaisella arviointitasolla 3. Tulokset ovat maaperämittauksista johdettuja arvioita. Rakennuksen perustamistapa, rungon ja lattian rakenteet sekä tilojen akustiset ominaisuudet vaikuttavat oleellisesti runkomelutasoihin.

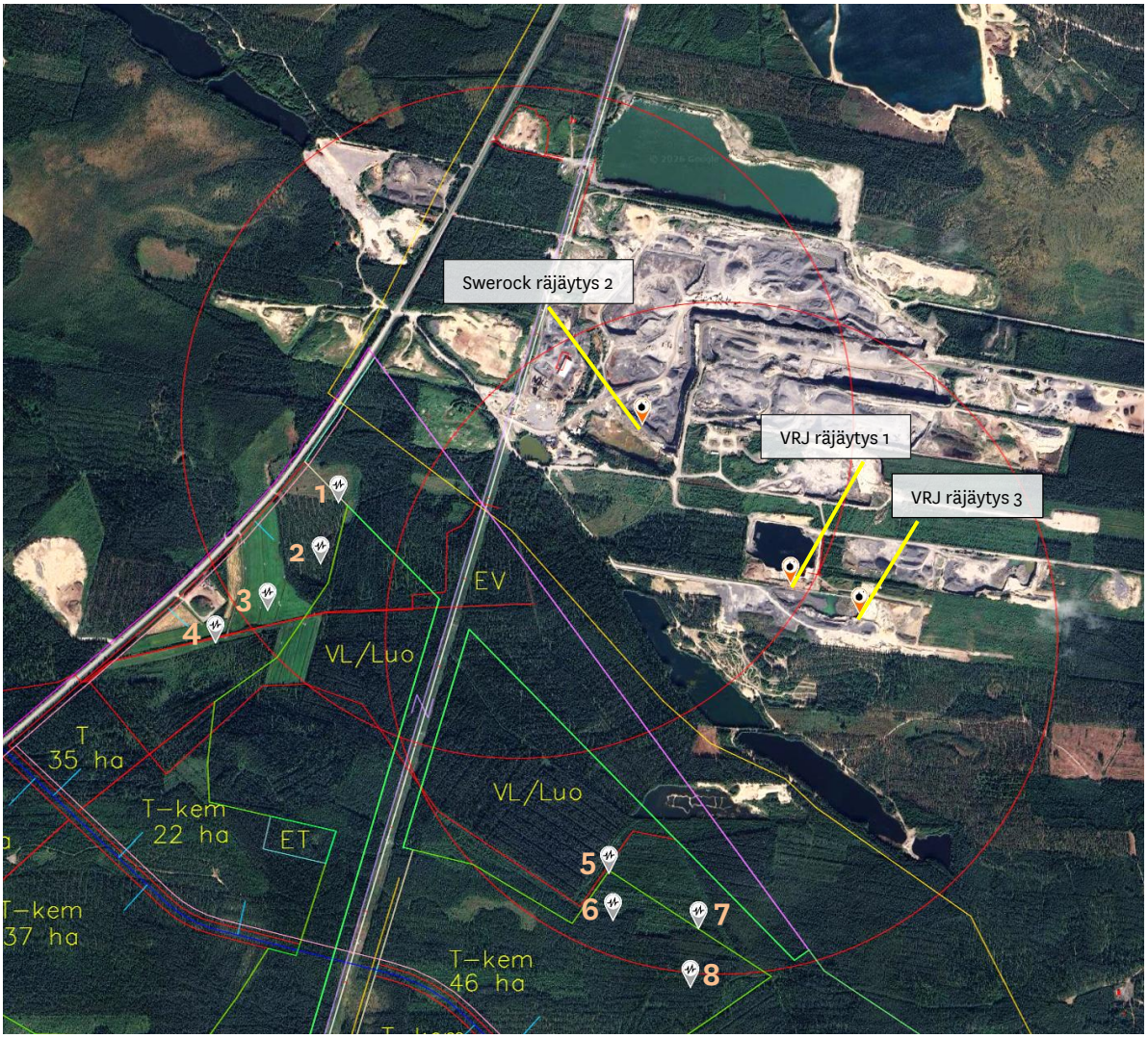
Taulukko 6. Suositus runkomelutasojen raja-arvoiksi ja runkomelun häiriövaikutus asuintiloissa (VTT T2468).

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{prm} (dB)	Subjektiivinen kokemus
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttisalit	25–30	25–35 dB Pieni häiriövaikutus. Melu voi olla hyväksyttävissä nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa (asunnot, hotellit, sairaalat)
Asuinhuoneistot	30/35*	
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat	30/35*	
Kokoontumis- ja opetustilat	35	35–45 dB Kohtalainen häiriövaikutus. Äänet voivat olla liian voimakkaita nukkumiseen tarkoitettuihin tiloihin.
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45*	

*Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmaääneneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

4 Mittaustulokset ja niiden tarkastelu

Louhintaräjäytysten aiheuttamaa tärinää kohteessa on analysoitu suurimpien mittaustulosten perusteella. Tunnuslukua v_{w95} ei voida luotettavasti määrittää kolmen räjäytyksen tulosten perusteella, mutta se on kuitenkin laskettu raporttiin suuntaa antavana lukuarvona. Räjäytysten aiheuttamat tulokset määritettiin panostuspöytäkirjojen sekä mitattujen värähtelyn aaltomuotokuvaajien ja taajuussisällön perusteella. Räjäytysten sijainnit on esitetty alla olevassa karttakuvassa 3.



Kuva 3. Räjäytysten sijainnit ja etäisyydet mittauspisteisiin.

Värähtelyluokitukset saadaan taulukoissa 7-10 esitettyjen tulosten perusteella. Taulukossa esitetyt luvut on laskettu ”VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004” mukaisesti mittaussuunnittain ja -linjoittain. Mittauspisteen värähtelyluokitus määräytyy suurimman tuloksen perusteella. Värähtelyalue määräytyy heilahdusnopeuden huippuarvon lisäksi hallitsevan taajuuden perusteella.

Taulukko 7. Mittauspisteet Linja 1 MP1–2. Tunnusluvut mittauspisteille mittaussuunnittain.

Mittauslinja 1	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,27	0,69	1,43	0,15	0,64	0,38
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	*0,35*	*0,94*	*2,11*	*0,16*	*0,83*	*0,57*
Värähtelyluokituksen tunnus	D	>D	>D	B	>D	D
Vmax mm/s	1,1	2,8	6,7	0,7	2,0	2,9
Vmax taajuus Hz	47,5	41,3	42,6	36,1	38,8	32,5

Taulukko 8. Mittauspisteet Linja 2 MP3–4. Tunnusluvut mittauspisteille mittaussuunnittain.

Mittauslinja 2	MP3 V	MP3 T	MP3 L	MP4 V	MP4 T	MP4 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,16	0,86	0,44	0,16	0,34	0,32
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	*0,20*	*1,09*	*0,57*	*0,19*	*0,43*	*0,36*
Värähtelyluokituksen tunnus	C	>D	D	C	D	D
Vmax mm/s	0,8	3,1	1,7	0,8	1,3	1,4
Vmax taajuus Hz	52,4	12,4	11,6	59,2	11,9	15,9

Taulukko 9. Mittauspisteet Linja 3 MP5–6. Tunnusluvut mittauspisteille mittaussuunnittain.

Mittauslinja 3	MP5 V	MP5 T	MP5 L	MP6 V	MP6 T	MP6 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,21	0,56	0,37	0,11	0,53	0,49
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	*0,22*	*0,65*	*0,40*	*0,12*	*0,62*	*0,63*
Värähtelyluokituksen tunnus	C	>D	D	B	>D	>D
Vmax mm/s	0,7	1,7	0,8	0,6	2,0	1,8
Vmax taajuus Hz	38,5	7,9	7,1	48,8	29,3	13,3

Taulukko 10. Mittauspisteet Linja 4 MP7–8. Tunnusluvut mittauspisteille mittaussuunnittain.

Mittauslinja 4	MP7 V	MP7 T	MP7 L	MP8 V	MP8 T	MP8 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0,16	0,62	0,56	0,14	0,38	0,49
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	*0,18*	*0,84*	*0,57*	*0,15*	*0,41*	*0,57*
Värähtelyluokituksen tunnus	C	>D	D	B	D	D
Vmax mm/s	0,7	2,4	2,1	0,7	1,4	2,1
Vmax taajuus Hz	25,2	24,0	32,1	51,2	41,2	38,5

Taulukossa 11 on esitetty mittausjakson aikana suoritettujen räjäytysten aiheuttamat suurimmat heilahdusnopeuden tehollisarvon tulokset mittauspisteittäin. Suoja-alueen ohjearvo on ≤0,3 mm/s RMS (1s).

Taulukko 11. Mittauspisteistä mitatut suurimmat tulokset mm/s RMS(1s).

Räjäytys	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8
Räjäytys 1. 27.11.2025 (VRJ)	0,55	0,89	0,33	0,23	0,56	0,29	0,56	0,30
Räjäytys 2. 1.12.2025 (Swerock)	1,43	0,38	0,86	0,36	0,37	0,53	0,61	0,49
Räjäytys 3. 10.12.2025 (VRJ)	-	-	0,23	0,21	0,31	0,46	0,62	0,38

Taulukossa 12 on esitetty värähtelyn perusarvo mittauspisteittäin sekä niiden vertailu RIL 253-2024 mukaisiin ohjearvoihin. Ohjearvoissa on käytetty saraketta 3 (karkea hieta) ja rakennustapakerrointa Fk 1.

Taulukko 12. Louhintaräjäytysten aiheuttamat suurimmat tulokset sekä rakennuksen ohjearvo mm/s.

Räjäytys	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8
Suurin mitattu tulos mm/s	6,7	2,9	3,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,1
Etäisyys metreinä	900	1000	1200	1380	1000	1100	1040	1210
Heilahdusnopeuden ohjearvo mm/s	6,2	6,0	5,8	5,6	6,0	5,9	6,0	5,8

Taulukossa 13 on esitetty yhteenveto mittauspisteiden tuloksista mittausalueittain. Tuloksissa on esitetty kunkin osa-alueen määrittävät tulokset sekä arviointitasoon 3 perustuva maaperämittauksista johdettu runkomelutason LpA arvio. Runkomelutason vaihteluvälin arvio perustuu teollisuusrakennuksen ominaisuuksiin.

Taulukko 13. Määrittävät mittaustulokset mittauspisteittäin.

MP	*Tunnus-luku*	Värähtely-luokka	Vmax mm/s	Vmax RMS	Tärinä alue	Määräävä taajuus	Määräävä suunta	L_{pA}
MP1	*0,94*	*>D*	6,7	1,43	H-alue	50 Hz	L	57-62 dB
MP2	*0,83*	*>D*	2,9	0,89	H-alue	40 Hz	L	53-58 dB
MP3	*1,09*	*>D*	3,1	0,86	H-alue	10 Hz	T	37-43 dB
MP4	*0,43*	*D*	1,4	0,36	H-alue	10 Hz	T	29-35 dB
MP5	*0,65*	*>D*	1,7	0,56	H-alue	8 Hz	T	33-40 dB
MP6	*0,63*	*>D*	2,0	0,53	H-alue	31,5 Hz	T	48-53 dB
MP7	*0,84*	*>D*	2,4	0,62	H-alue	40 Hz	T	50-55 dB
MP8	*0,57*	*D*	2,1	0,49	H-alue	50 Hz	L	48-53 dB

5 Yhteenveto

Forcit Consulting Oy on suorittanut louhintatöiden aiheuttamaan tärinään liittyvän selvityksen Pyyryväinen-Ruskonselkä-Välikylä kaavaluonnosalueella Oulussa. Mittausten tarkoituksena oli kartoittaa kaava-alueen tärinätasot kahdella teollisuusrakentamiseen tarkoitetulla alueella. Suunnitellut alueet ulottuvat osittain kaivosalueelle määritetylle 1 kilometrin suojavyöhykkeelle.

Mittaukset suoritettiin kahdeksasta maaperään asennetusta mittauspisteestä. Molemmilla suojavyöhykkeelle ulottuvilla luonnosalueen teollisuustonteilla oli neljä mittauspistettä. Alueiden kauimmaiset mittauspisteet olivat suojavyöhykkeen ulkopuolella. Mittausten aikana kaivosalueella tehtiin kolme louhintaräjäytystä. Mittauskohde on metsä- ja peltoaluetta.

Räjäytysten aiheuttamat tärinät olivat selvästi erotettavissa tulosten aaltomuotokuvaajista ja ajankohdat varmistettiin panostuspöytäkirjoista. Tärinämittaus ja tulosten analysointi suoritettiin VTT:n tiedotteiden ja raporttien sekä RIL 253-2024 julkaisun mukaisesti.

Mittaustulosten perusteella koko mitattu alue kuuluu H-vyöhykkeeseen (taulukko 3 ja 13). H-vyöhyke ulottuu mittausten mukaan louhittavien alueiden suoja-alueen ulkopuolelle. H-alueen rajauksen mukaan, hyväkuntoisiin ja tavanomaisiin rakennuksiin ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita. Vaurioitumisriskin arvioinnissa tulee ottaa huomioon rakennuskanta ja rakennusmateriaalit.

Kaikkien mittauspisteiden värähtelyluokitus on alimmillaan D-luokka ≤ 0,6 mm/s (taulukko 2 ja 13). Suositus värähtelyluokituksesta uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa on luokka C ≤ 0,3 mm/s. Suositus ei täyty yhdessäkään mittauspisteessä. Teollisuusalueella C-luokitusta käytetään tärinäherkille toiminnoille. D-luokituksen ylittävillä alueilla sallitaan yleensä vain varasto- ja varikkotoimintaa. Alueella, jossa tärinän taso on 0,3–0,6, tärinän vaikutukset on otettava huomioon toimintojen suunnittelussa rakennesuunnitteluvaiheessa. Louhittavien alueiden suoja-alueen raja-arvo 0,3 mm/s RMS(1s) alittui ensimmäisessä räjäytyksessä linjojen kauimmaisissa mittauspisteissä sekä räjäytyksessä 3 mittauspisteissä 3 ja 4.

Heilahdusnopeuden ohjearvo rakennuksille ylittyi mittauspisteessä 1 (taulukot 4, 5 ja 12). Ohjearvo on laskettu maaperän ja etäisyyden mukaan. Rakennustapakerroin on 1,0. Rakennustapakerrointa 1,0 käytetään massiivisille tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoisille teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennuksille (taulukko 5).

Arvioitu runkomelutaso ylittää suositellun arvon L_{pA} 35 dB lähes kaikissa mittauspisteissä. Runkomelutaso on alle suositellun arvon vain mittauspisteessä 4, joka on noin 1400 metrin päässä kaivosalueesta. Myös mittauspisteen 5 alempi runkomelutaso on alle suositellun arvon. Mittauspisteen 5 tuloksen taajuusjakauma on poikkeava, koska räjäytyksistä kauempana olevasta mittauspisteestä 6 mitattiin vastaavan tasoista tärinää. Taajuus poikkeaa myös lähimpien mittauspisteiden 7 ja 8 määrittävästä taajuudesta. Poikkeava tulos on voinut aiheutua maan paikallisesta pintakerroksesta.

Tulosten perusteella louhintaräjäytysten aiheuttamien tärinöiden vaikutukset ovat merkittäviä kaavaluonnosalueella. Tulosten tulkinnassa tulee huomioida mittausten epävarmuus, joka aiheutuu tulosten vähäisestä määrästä. Luotettavaa värähtelyn v_{w95} määritystä ei voida tehdä kolmen tuloksen perusteella. Mitatut heilahdusnopeuden maksimiarvot ovat alueen suunnittelussa käytettäviä määrittäviä arvoja. Kaava-alueen lounaisreunan riskitason arviointia voidaan tarkentaa ja mittaustulosten epävarmuutta vähentää suorittamalla lisää tärinämittauksia. Mittauksia suositellaan tehtäväksi viimeistään rakennusten sijainnin ja käyttötarkoituksen tarkentuessa.

Helsingissä 19.5.2026
Forcit Consulting Oy
Vesa Sinervo, Ins.(AMK), FISE aa-tärinäasiantuntija