

---

# Työskentely metroradan läheisyydessä

Liite 2:

Metroinfran huomioiminen tärinää aiheuttavien töiden suunnittelussa

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>2</b>
	1.1 Soveltamisalue .....	2
<b>2</b>	<b>Tärinää aiheuttavat työt .....</b>	<b>3</b>
	2.1 Tärinän ohjearvojen määrittäminen .....	3
	2.2 Kolmannen osapuolen tarkastaja .....	6
	2.3 Tärinän mittaaminen .....	6
	2.4 Tärinän ympäristöseuranta, katselmoinnit ja kartoitukset .....	6
	2.5 Louhintatyöt (räjäyttämällä) .....	7
	2.6 Tunnelitarkastaja .....	10
<b>3</b>	<b>Dokumentointi ja hyväksyttäminen .....</b>	<b>12</b>

## 1 JOHDANTO

Tämä ohje täydentää HKL:n ohjetta *Työskentely metroradan läheisyydessä* ja julkaistaan em. ohjeen liitteenä. Tämän ohjeen tarkoitus on määrittää toimintatavat niissä tapauksissa, joissa rakennus- ja muilla tärinää aiheuttavilla töillä on vaikutus metrojärjestelmän toimintaan tai sen turvallisuuteen. Tärinää aiheuttavaa työtä on muun muassa räjäytys-, pontitus- ja paalutustyöt. Tehtäessä louhintatöitä (räjäyttämällä) aiheutuu kallioiloissa myös kaasujen hallitsemattomasta purkautumisesta riski.

### 1.1 Soveltamisalue

Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) toimii Helsingin metroverkon haltijana ja vastaa metroliikenteen järjestämisestä. Tämä ohje annetaan tiedoksi niille toimijoille, jotka työskentelevät metroradan läheisyydessä tai metroradalla.

Tätä ohjetta sovelletaan kaikissa metroradan, metrojärjestelmän tai niiden läheisyydessä tehtävissä tärinää aiheuttavissa töissä. Ohjeen tarkoituksena on opastaa toimijoita ottamaan metroliikenne ja metrojärjestelmä huomioon töissään.

## 2 TÄRINÄÄ AIHEUTTAVAT TYÖT

Tärinää aiheuttavia töitä ovat esimerkiksi louhinta räjäyttämällä, iskuvasarointi, lyöntipaalaus, ja pontitus. Porapaalutuksesta ei aiheudu merkittävää tärinävaikutusta. Täten porapaalutusten asentamisesta ei tärinän takia aiheudu merkittävää riskiä metrojärjestelmän kannalta. Porapaalutettaessa kalliotilojen päällä on otettava yhteyttä HKL:een (kts. yhteydenottooperuste liitteestä 1). Tärinää aiheuttavat työt voivat vaurioittaa metroradan rakenteita tai koko metrojärjestelmää. Vähäisistäkin rakenteellista vaurioista voi seurata liikennöinnin pysähtyminen. Tärinää aiheuttavat työt tulee toteuttaa siten, että niistä johtuva tärinä on hallittavissa ja että niistä aiheutuu mahdollisimman vähän tai ei laisinkaan häiriötä metroliikennöinnille, saati heikennä metrojärjestelmän turvallisuutta. Tämän vuoksi tärinää aiheuttavien töiden johdosta on kullekin rakenteelle ja laitteelle määritettävä tärinän suurin sallittu heilahdusnopeuden ohjearvo. Työt on suunniteltava ja toteutettava siten, että ohjearvot eivät ylitä.

Tekninen ja taloudellinen vastuu tärinän mahdollisesti aiheuttamista suorista ja epäsuorista seurauksista metroinfraan on aina tärinänlähteen aiheuttajan mukaan lukien tilanteet, jolloin hallintatoimenpiteissä voidaan käyttää tämän ohjeen mukaista kevennettyä menettelyäkin.

### 2.1 Tärinän ohjearvojen määrittäminen

Tärinän ohjearvojen määrittämisen perusteena käytetään julkaisua *RIL 253-2010 Rakentamisen aiheuttamat tärinät*.

Louhintatärinän rakenteille vahingollisen vaikutuksen arvio perustuu perustusten rakennustapakertoimeen ( $F_k$ ), tärinän heilahdusnopeuteen, tärinän eri suuntakomponentteihin ja taajuuteen sekä kohteen ja tärinän lähteen väliseen etäisyyteen. Rakennustapakertoimen määrittää FISE-pätevä tärinäasiantuntija tukeutuen mm. RIL 253-2010 julkaisun taulukkoon 3.1 (Taulukko 1).

Tärinän heilahdusnopeuden etäisyysriippuvan ohjearvon perusarvo ( $v_1$ , mm/s), erilaisille maa- ja kalliopohjille on määritetty julkaisun RIL 253-2010 taulukossa 3.2 (Taulukko 2). Tärinän heilahdusnopeuden ( $v$ , mm/s) suurin ohjearvo on näiden tulo (RIL 253-2010 julkaisussa kaava 3.1, ks. kaava (1)).

$$v = F_k * v_1 \quad (1)$$

Tasaista tärinää aiheuttavissa rakennustöissä, kuten paalutuksissa ja pontinlyönnissä, tärinän vaikutus perustuu rakennustapakertoimeen ja maaperälle määritettävään etäisyysriippumattoon heilahdusnopeuden arvoon ( $v_0$ , mm/s), ks. kaava (2). Rakennustapakertoimen määrittää FISE-pätevä tärinäasiantuntija. Maa- ja pohjarakennustöiden heilahdusnopeuden etäisyysriippumaton ohjearvon perusarvo on määritetty julkaisun RIL 253-2010 taulukossa 3.3 (Taulukko 3).

$$v = F_k * v_0 \quad (2)$$

Taulukko 1. Rakennustapakertoimet rakenneluokan mukaan (RIL 253-2010, taulukko 3.1).

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennustapa- kerroin $F_k$ , (kelpoisuus a-luokka)	Rakennustapa- kerroin $F_k$ , (kelpoisuus aa-luokka)
1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit	1,75	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset, ruiskubetonoidut kalliotilat (ks. myös kohta 3.9), yleensä staattisesti määrätyt rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä	1,25	1,50
3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet, teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset, muut puu- ja teräsrakennukset, johdot ja maakaapelit (ks. myös kohta 3.9)	1,00	1,20
4. Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset, lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset, ruiskubetonoidut kalliotilat (ks. myös kohta 3.9)	0,85	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkihiekkatilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia, värinä- ja värähtelyherkät vanhat rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet	0,55	0,65

Taulukko 2. Tärinän heilahdusnopeuden etäisyysriippuvan ohjearvon perusarvo eri perustamisolosuhteille (RIL 253-2010, taulukko 3.2)

1	2	3	4	5
Etäisyys (m)	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m <sup>2</sup>	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	55
30	7	14	25	45
50	6	12	21	38
100	5	10	17	28
200	4	9	14	22
500	3	7	11	15
1000	3	6	9	12
2000	3	5	7	9

*Taulukko 3. Heilahdusnopeuden perusarvo työmenetelmittäin ja perustusohjan tyyppin mukaan (RIL 253-2010, taulukko 3.3)*

1	2	3	4	5
Työmenetelmä	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m <sup>2</sup>	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Pudotustiivistys, lyöntipaalaus, maankaivu, työmaaliikenne, pontitus lyömällä ja täryttämällä, tärytiivistys, porapaalaus, iskuvasaran käyttö eri tarkoituksiin *)	5	7	10	12

\*) kun iskuvasaralla hakataan kalliota, ohjearvot määritetään louhinnan arvojen mukaisesti (taulukko 3.2).

Rakentamisesta aiheutuvien värinän ohjearvot määritetään rakenne- ja laitekohtaisesti. Ohjearvoja määritettäessä tulee myös huomioida rakenteiden kunto ennen töiden aloittamista ja värinän ohjearvot tulee määrittää hankekohtaisesti ajantasaisin tiedoin rakenteiden kunnosta.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4) on esitetty kiinteälle kalliolle perustetuille rakenteille louhintavärinän heilahdusnopeuden suurin ohjearvo värinänlähteen etäisyyden mukaan esitettynä. Heilahdusnopeuden suurin ohjearvo määritetään etäisyyden ja rakennustapakertoimen (Fk) avulla. Rakennustapakerroin valitaan aiemmin esitetyn taulukon (Taulukko 1) mukaan. Alleviivattujen Fk-kerroinlukujen käyttäminen vaatii määrittäjältä värinäasiantuntijan aa-kelpoisuusluokkaa. Harmaat lukuarvot eivät perustu julkaisuun RIL 253-2010. *Esimerkiksi hyväkuntoisen ruiskubetonoidun kalliotilaan sallitaan värinän heilahdusnopeudeksi enimmillään 57 mm/s, kun etäisyys on 50 metriä ja värinäasiantuntijan kelpoisuusluokka on aa, jolloin tämä voi käyttää rakennustapakerointa 1,50. Tietyissä olosuhteissa on määritetyt rakennustapakertoimet ja louhintasuunnitelmat tarkistettava kolmannen osapuolen toimesta. Tästä kerrotaan enemmän luvussa 2.2.*

*Taulukko 4. Louhintavärinän heilahdusnopeuden suurin ohjearvo rakennustapakertoimen (Fk) ja etäisyyden mukaan kiinteällä kalliolla perustetuille rakenteille.*

		Fk-kerroin										
		0,30	0,40	0,55	0,65	0,85	1,0	1,20	1,25	1,50	1,75	2,00
Etäisyys [m]	10	21	28	38,5	45,5	59,5	70	84	87,5	105	123	140
	20	16,5	22	30,3	35,8	46,8	55	66	68,8	82,5	96,3	110
	30	13,5	18	24,8	29,3	38,3	45	54	56,3	67,5	78,8	90
	50	11,4	15,2	20,9	24,7	32,3	38	45,6	47,5	57	66,5	76
	100	8,4	11,2	15,4	18,2	23,8	28	33,6	35	42	49	56
	200	6,6	8,8	12,1	14,3	18,7	22	26,4	27,5	33	38,5	44

Kaikki rakenteiden ja laitteiden ohjearvot on esitettävä niin, että mikään tärinän komponenteista (pysty, pitkittäinen, poikittainen) ei saa ylittää esitettyä ohjearvoa. Laitteiden tärinäkestävyyden ohjearvo voidaan myös esittää kiihtyvyytenä.

Mikäli rakenteille ei erikseen määritetä tärinäasiantuntijan toimesta rakennustapakerrointa, mutta tärinää kuitenkin mitataan, tulee louhintojen suunnittelussa ja toteutuksessa kalliorakenteiden tärinäkestävyyden rakennustapakertoimen enimmäisarvona käyttää 0,3 ja betonirakenteille kerrointa 0,4. Kertoimet on johdettu sen perusteella, että ne ovat pienempiä kuin RIL 253-2010 julkaisun pienimmät rakennustapakertoimen taulukkoarvot. Lujittamattomat ja lujitetut kalliorakenteet katsotaan tärinäkestävyydeltään herkemäksi kuin valettu betonirakenne. Tällä määrittämissämenettelyllä kannustetaan rakennuttajaa teettämään laajemman tärinävaikutuksen arvioinnin niissä tapauksissa, joissa louhintaa voitaisiin tehdä ilman arviointia tämän ohjeen luvussa 2.5 esitettyllä tavalla. Teettämällä metrojärjestelmän kattavan tärinävaikutuksen arvioinnin ja tärinäseurantaohjelman rakennuttaja voi useissa tapauksissa saada hyötyä tehokkaammasta rakentamisesta.

## 2.2 Kolmannen osapuolen tarkastaja

Rakennushankkeen esittäessä yli 1,0 rakennustapakertoimen käyttöä ja louhintatöiden sijaitessa lähellä metrolinjaa on hankkeessa nimettävä riippumaton kolmannen osapuolen tarkastaja, joka on vastuussa rakennusvalvonnalle. Tämä tarkastaja hyväksyy, täsmentää tai hylkää rakennushankkeen esittämiä tärinän heilahdusnopeuden ohjearvoja ja tärinään liittyviä työsuunnitelmia. Tarkastajan lausunto toimitetaan HKL:lle ennen tärinää aiheuttavien töiden aloittamista. Tilanteet, joissa on käytettävä kolmannen osapuolen tarkastajaa, on esitetty taulukossa 5.

## 2.3 Tärinän mittaaminen

Tärinän suuruutta seurataan tärinämittareilla. Tärinämittarit mittaavat vähintään tärinän heilahdusnopeuden (pysty-, pitkittäinen-, poikittainen komponentti), tärinän taajuuden ja kiihtyvyyden. Tärinämittarit sijoitetaan tärinän laskennallisen vaikutusalueen sisäpuolella oleviin tärinäherkkiin laitteisiin ja tärinäasiantuntijan määrittämiin rakenteisiin. Tärinämittauspisteiden sijainnit on sovittava HKL:n kanssa ja niiden sijaintia tulee voida vaihtaa tarpeen mukaan työn aikana. Mittaustulokset tarkistetaan tärinäasiantuntijan ylläpitämän internetpohjaisen palvelun avulla louhijan toimesta jokaisen räjäytyksen jälkeen ja tärinäylityksistä ilmoitetaan HKL:n (metron operaattorin) edustajalle. Mittaustulosten tulee olla HKL:n edustajan saatavilla. Tärinän seuranta ei ehdottomasti edellytetä, mikäli toimitaan tämän ohjeen luvussa 2.5 ja taulukossa 5 esitettyllä tavalla.

## 2.4 Tärinän ympäristöseuranta, katselmoinnit ja kartoitukset

Metrojärjestelmän rakenteet ja laitteiden kunto tulee katselmoida ja määrittää hankekohtaisesti. Kalliorakenteiden osalta on kartoitettava koko metroseman- tai tunneliosuuden ruisku- betonipinta mahdollisine rakoineen ja vesivuotoineen. Katselmoinnin suorittaa ulkopuolinen ja

puolueeton värinäasiantuntija rakennushankkeeseen ryhtyvän kustannuksella ennen töiden alkamista ja töiden jälkeen, mutta myös tarvittaessa töiden aikana. Värinäasiantuntijan tulee huomioida vaurioitunut rakenne määritettäessä rakenteelle rakennustapakeroointia tai heilahdusnopeuden ohjearvoa.

Tarvittavat laitteiden värinävaimennukset tehdään ennen värinää aiheuttavien töiden aloittamista. Värinävaimennusta ei poisteta töiden jälkeen, ellei tätä erikseen ohjeisteta. Kaikista metrojärjestelmän suojaustoimenpiteistä tulee laatia suunnitelmat, jotka hyväksytetään ennakkoon HKL:lla tai sen edustajalla. Värinäherkät laitteet ja suojaamisen periaatteet tulee esittää työmaasuunnitelmassa.

Mahdollisten vaurioiden ja värinälyityksien takia on varauduttava tekemään välikatselmuksia vaurioitilanteiden selvittämiseksi sekä varauduttava laajentamaan värinäherkkien laitteiden ja rakenteiden vaimennusalueita ja katselmointialuetta. Sekä luetteloinnissa että katselmuksissa on oltava mukana HKL:n edustus.

## 2.5 Louhintatyöt (räjäyttämällä)

Metrorata-alueen sijaitessa suljetussa tilassa (betonitunnelissa tai kalliotilassa) on louhintatöissä huomioitava eri asioita kuin avorataosuuksilla. Tämän luvun alussa esitetään yleiset louhintatyöhön liittyvät ohjeet ja luvun lopussa on erikseen kalliotiloissa sijaitsevan metrorata-alueen lähellä tehtävien louhintojen ohjeet.

Räjäyttämällä tehtävän louhintatyön vaikutuksia metrojärjestelmään ja liikennöinnin turvallisuuden on arvioitava etukäteen ennen työn aloittamista osana räjäytystöistä tehtävää turvallisuussuunnitelmaa. Louhintaaurakoitsijan tulee arvioida ja esittää riskienarviointisuunnitelmissa tarvitaanko räjäytystöihin liikenteenohjauksen lupa ja pitääkö liikenne katkaista räjäytysten ajaksi. HKL:lle tulee kaikissa tilanteissa antaa mahdollisuus kommentoida suunnitelmia. Louhintatöitä suunniteltaessa tulee huomioida, että metroliikenne yleensä jatkuu koko louhintatyön ajan normaalien aikataulujensa mukaisesti. Jos liikennettä on tarpeen rajoittaa räjäytysten aikana, arvioi HKL miten ja milloin liikennerajoitukset ovat mahdollisia ja tuleeko niistä ylimääräisiä kustannuksia räjäytystyön suorittajalle.

Mikäli louhimalla liitytään metrojärjestelmän kalliotiloihin, on tehtävä erillinen tarkempi selvitys työn toteutettavuudesta ja turvallisuudesta sekä kalliotilojen stabiliteetista eikä tällaisessa hankkeessa voida tukeutua pelkästään tähän ohjeeseen.

Räjäytysten suunnittelussa ja riskienarvioinnissa tulee vähintään ottaa huomioon

- louhintatyön aikana syntyvän pölyn hallinta
- värinän vaikutus ja sen rajoittaminen
- louheen hallitsematon purkautuminen tai paisuminen
- louhintatyön jäljelle jäävään kalliopintaan syntyvät ryöstymät

- räjäytyksen aiheuttama ilmanpaineaalto
- räjäytyskaasujen hallitsematon purkautuminen muihin kalliotiloihin (tarkastelu ja varautuminen mahdollisine suojauksineen syytä tehdä louhintojen sijaitessa alle 15 m etäisyydellä olevasta kalliotilasta)
- mahdollisesti kivien sinkoutumisien aiheuttamat vahingot metrojärjestelmälle ja ennen kaikkea
- ihmisten turvallisuus kaikissa tilanteissa.

Nämä kaikki vaikutukset tulee ottaa huomioon ja niitä tulee suunnitelmallisesti hallita ja rajoittaa. Avorotana kulkevan rataosuuteen koskevien riskien minimoimiseksi tulee erityisesti panostaa avolouhintana räjäytettävän kentän peittämiseen ja räjäytysten suuntaamiseen. Erityisesti kivien sinkoutuminen aiheuttaa merkittävän vaaratekijän metrolienteelle ja metrojärjestelmän rakenteille. Metron maanpäällisten rakennuksien ja näiden lähialueiden turvallisuus on myös taattava.

Räjäytystöissä HKL:n kuulemistarpeen arvioinnissa tulee huomioida RIL 253-2010 mukainen laskennallinen värinän heilahdusnopeus rakennuskohteen ja metrojärjestelmän osan lyhyimmän etäisyyden perusteella. Värinän heilahdusnopeuden lisäksi räjäytyksien etäisyys metrorata-alueesta vaikuttaa siihen, onko HKL:n kuuleminen välttämätöntä.

Pohjana yhteydenottotarpeen arvioinnille käytetään seuraavia kriteereitä:

- Tehtäessä räjäytyksiä alle 100 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta on otettava yhteyttä HKL:een, koska tällöin työt vaativat toimenpiteitä metrojärjestelmän turvallisen käytön ja kunnan varmistamiseksi. Tällaisen työmaan vaikutuksista metrorataan tulee myös aina tehdä riskienarviointi. Työskennellessä alle 100 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta työsuunnitelmat tulee aina toimittaa tiedoksi HKL:lle.
- Tehtäessä räjäytyksiä 100-200 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta on tarpeen kuulla myös HKL:n näkemys työmaan vaikutuksista. Yhdessä HKL:n kanssa on tarpeen pohtia, tuleeko työmaan vaikutuksista metrojärjestelmään tehdä riskienarviointi.
- Tehtäessä räjäytyksiä kauempana kuin 200 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta HKL:n kuuleminen ei ole välttämätöntä, jollei hankkeessa tehdä tavanomaisesta poikkeavia värinää aiheuttavia töitä.

Tehtäessä räjäytyksiä metroradan läheisyydessä tulee huomioida, että metroradan ulkopuolella tapahtuva räjäytystyö tulee tehdä ratatyönä, jos sillä mahdollisesti on vaikutusta metrojärjestelmään tai jos työtä varten tarvitsee hankkia liikenteenohjauksen lupa metrolienteen keskeyttämiselle räjäytyksen ajaksi. Tällöin on louhintaurakoitsijan esitettävä ennen töiden aloittamista suunnitelmat siitä, miten ja millä aikataululla toimitaan, jos raiteen tai metroaseman rakenteisiin



syntyy merkittäviä käyttöä tai turvallisuutta haittaavia vaurioita tai muuta odottamatonta tapahtuu. Nämä toimenpiteet määritetään metroradan turvallisuutta koskevassa suunnitelmassa.

Liikennöintiä voidaan joissakin tilanteissa jatkaa metroradan läheisyydessä tehtävien räjäytysten aikana. Urakoitsijan tulee sopia HKL:n kanssa tarkat päivittäiset räjäytysajat, jos räjäytystöitä tehdään ilman ratatyötä. Räjäytysten suunnitteluvaiheessa louhintaurakoitsija ehdottaa HKL:lle räjäytysaikaa vähintään viikkoa ennen suunniteltua ensimmäistä räjäytysajankohtaa. Mahdolliset aikaikkunat sovitaan tapauskohtaisesti ja tarkan räjäytysajankohdan määrittää kuitenkin metroliiikenteen liikenteenohjaus. Metroradan läheisyydessä ei lähtökohtaisesti sallita räjäytyksiä lainkaan ruuhka-aikoina noin klo 6:20–9:20 ja 14:20–18:20.

### **Erityishuomioita metroradan sijaitessa kalliotilassa**

Kalliomassan poistaminen metrojärjestelmän välittömässä läheisyydessä (noin 10...50 m kallio-tilasta) on rajoitettu kolmiulotteisesti järjestelmän sijaitessa kallio-tilassa. Mikäli rakennustöiden osalta on tarkoitus liittyä metrojärjestelmän kallio-tiloihin eivät rajoitukset päde liittymisen osalta.

Erillistä metrojärjestelmän betoni- tai kalliorakenteet kattavaa laajaa katselmointia ja värinäseuranta ei ole tarpeen tehdä louhintatöiden sijaitessa:

- yli 200 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 45 kg ja nallituksessa on yli 25 ms aikaväli
- yli 150 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 29 kg ja nallituksessa on yli 25 ms aikaväli
- yli 100 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 16,5 kg ja nallituksessa on yli 8 ms aikaväli
- yli 50 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 5,5 kg ja nallituksessa on yli 8 ms aikaväli.

Yllä olevat etäisyydet ja arvot perustuvat kirjan Räjätystyöt (Vuolio & Halonen, 2010) taulukoon 9.14. Esitettyjen ehtojen täyttyessä ja metrojärjestelmän sijaitessa alle 100 m etäisyydellä louhintakohteesta laaditaan suppea värinävaikutusten arviointi, jonka laajuuden määrittää värinäasiantuntija. Suppeassa värinävaikutuksen arvioinnissa otetaan kantaa vähintään laitteiden värinävaimennukseen, seurantaan sekä katselmusmenettelyyn. Jos riskin arvioinnissa tulee erityisesti varottavia kohteita, tulee palata metrojärjestelmän betoni- ja kalliorakenteet kattavaan laajaan katselmointiin ja värinäseurantaan. Rakennushankkeen halutessa käyttää suurempia momentaanisia räjähdysainemääriä kuin mitä yllä on esitetty, on noudatettava taulukossa 5 esitettyä menettelyä.

Taulukko 5 Louhintakohteen etäisyydestä metrojärjestelmään ja rakennustapakertoimesta riippuen edellytetään eri toimenpiteitä. Alla olevassa taulukossa "RA" = riskienarviointi, "M" = mittausohjelma (tärinä, siirtymä jne.), "3" = kolmannen osapuolen tarkastaja. Mustan ruudun olosuhteita ei sallita ja harmaat ruudut ovat metrojärjestelmän läheisyydessä epätodennäköisiä (mittausta edellyttävä momentaanisen räjähdysaineen määrä hyvin suuri).

		Rakennustapakerroin		
		<0,5	0,5..1,0	>1,0
Etäisyys vaakatasossa	0..10	RA+M+3	RA+M+3	
	10..30	RA+M	RA+M+3	RA+M+3
	30..50	RA+M	RA+M	RA+M+3
	50..100	M	RA+M	RA+M
	100..200	M	M	RA+M
	>200	(M)	(M)	(M)

Mikäli alkukatselmuksessa on havaittu aiheita suojaustoimenpiteille, tulee ne tehdä ennen tärinää aiheuttavien töiden aloittamista tai ennen kuin töiden vaikutusalue kattaa vaurioherkän vahvistettavan tai suojattavan rakenteen.

Kalliotiloissa, joissa metromatkustajat voivat liikkua ja joissa ruiskubetonia voi tippua ihmisten päälle, on henkilöturvallisuus varmistettava räjäytystöiden aikana suojarakenteella. Suojarakenne voi esimerkiksi olla luja verkko. Suojarakenteen tarkoitus on estää mahdollisten ruiskubetonikappaleiden putoaminen metron käyttäjien, metrorata-alueelle tai metrojunan päälle. Henkilöturvallisuuden varmistaminen voidaan tehdä verkon sijaan vaihtoehtoisella, hankkeeseen ryhtyvän esittämällä ja HKL:n hyväksymällä rakenteella tai muulla menettelyllä. Verkko tai muu suojarakenne poistetaan räjäytysten loppumisen jälkeen, ellei erikseen muuta sovita. Suojarakennetta poistettaessa kiinnityskohtat tiivistetään vesivuotojen varalta. Suojarakenteen poistamisen ja kiinnityskohtien tiivistämisen tarkistaa ja hyväksyy HKL:n kunnossapito.

Maanalaisissa- ja kalliotiloissa tulee järjestää kuulutus, jotta vältytään räjäytykseen liittyvän metelin aiheuttamalta pelästymiseltä ja paniikilta. Kuulutuksista sovitaan hankekohtaisesti HKL:n kanssa, joka toteuttaa ne HKL:n hallinnoimissa tiloissa. Muiden tilojen kuulutukset räjäytysten toteuttaja sopii tilan hallinnoijan kanssa.

## 2.6 Tunnelitarkastaja

Tärinää aiheuttavissa töissä voidaan nimetä ja hankkia louhintatöiden ajaksi työmaan käyttöön metroliiikenteen tunnelitarkastaja. Tunnelitarkastaja nimetään, jos työt voivat aiheuttaa vaurioita metrojärjestelmän rakenteille metrorata-alueen ollessa katettu (esim. kalliotilassa). Vaurioita voi syntyä ilman tärinärajojen ylityksiä, minkä vuoksi tunneleiden rakenteiden silmämääräinen tarkistaminen on tarpeen tärinäseurannan lisäksi. Tunnelitarkastaja tarkistaa radan vaurioituneiden rakenteiden varalta räjäytysten jälkeen. Tunnelitarkastajan työtä helpottamaan ja nopeuttamaan voidaan asentaa tarkoitukseen sopiva, tallentava reaaliaikaisesti kuvaa välittävä videovalvontajärjestelmä. Videovalvonta edellyttää hyvää valaistusta, sähköistä tiedonsiirtojärjestelmää (kaapeli/radiosignaali), sähköistystä ja tarkkaa kuvaresoluutioita.

Tunnelitarkastaja on puolueetonta tahoja edustava henkilö (tai henkilöitä), jonka nimeäminen hyväksytetään HKL:n Infra ja kalusto -yksikössä. Tunnelitarkastajan päätehtävänä on huolehtia, että työt on suoritettu ennalta määritettyjen suunnitelmien mukaisesti ja ilmoittaa töiden jälkeen metrotunnelin liikennekelppoisuudesta liikenteenohjaukseen. Tunnelitarkastajan tulee olla jatkuvassa yhteydessä HKL:n radan- ja kiinteistöjen kunnossapitoyksikön kanssa. Tunnelitarkastaja vastaa osaltaan metrojärjestelmän turvallisuudesta. Tunnelitarkastajalla on yhteydenpito- ja tiedotusvelvollisuus metron liikenteenohjauksen kanssa. Päätoimeksittäjällä on vastuu metrojärjestelmän tarkastuksen suorittamisesta ja tunnelitarkastajan kustannuksista koko tärinää aiheuttavan työn vaikutusten ajan.

### 3 DOKUMENTOINTI JA HYVÄKSYTTÄMINEN

Hankekohtaiset, ennen töiden alkamista HKL:lle kommentoitavaksi tai hyväksyttäväksi toimitettavia tärinään liittyviä dokumentteja (asiakokonaisuudet voidaan yhdistää suurempiin kokonaisuuksiin eikä listatuista asioista ole tarpeen toimittaa erillistä dokumenttia):

1. Tärinää aiheuttavien töiden riskienarviointi  
Tärinäasiantuntijan laatima.
2. Tärinää aiheuttavien töiden aikataulu  
Metrojärjestelmään vaikuttavien töiden osalta.
3. Katselmointisuunnitelma  
Rakenne- ja kiinteistö katselmusten periaatteet ja laajuus tulee esittää työsuunnitelmassa. Tarvittaessa myös kalliotilojen katselmointien laajuus esitettävä. Tärinäasiantuntijan laatima.
4. Katselmointipöytäkirjat  
Metroon liittyvät kiinteistö- tai kokonaisuuskohtaisesti. Tärinäasiantuntijan laatima.
5. Tärinäseurantasuunnitelma  
Tärinämittarien sijainnit kaikissa hankkeen vaiheissa louhintatöiden aikana ja seurantapalvelun kuvaus. Tärinäasiantuntijan laatima.
6. Tärinäherkkien laitteiden luettelo (ja tärinäherkkien laitteiden vaimennus- tai suojaussuunnitelma)  
Työmaan vaikutusalueella olevat laitteet luetteloidaan ja määritetään toimenpiteet niiden vaurioitumisen estämiselle ennen töiden aloittamista. Luetteloinnissa tulee huomioida koko metrojärjestelmä.
7. Esitys tunnelitarkastajan tai -tarkastajien nimeämisestä
8. Turvallisuussuunnitelma  
Sen varalta, jos työmaalla tapahtuu jotain metrojärjestelmään vaikuttavaa.

Katso myös HKL:n kuulemistarpeen perusteet.