

Louhinta- ja maarakennustöiden riskien ennakointi ja arviointi

Kiinteistökatselemusten ja värinämittareiden avulla

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2025

Antti Valtonen

Tiivistelmä

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Valmistumisaika
Antti Valtonen	Opinnäytetyö, AMK	2025
	Sivumäärä	
	32	
Työn nimi		
Louhinta- ja maarakennustöiden riskien ennakointi ja arviointi		
Kiinteistökatselmusten ja värinämittareiden avulla		
Tutkinto ja koulutusala		
Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus, yhdyskuntatekniikka		
Toimeksiantajaorganisaatio		
Tärinämittaus Valtonen Oy		
Tiivistelmä		
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin mitä riskejä louhinta- ja maarakennustyöt aiheuttavat rakennuksille ja millä tavoilla niitä voidaan ennakoida ja arvioida. Työ oli rajattu värinään liittyviin tekijöihin. Työn toimeksiantajana oli Tärinämittaus Valtonen Oy.</p> <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin yleisesti louhinta- ja maarakennustöitä sekä niistä aiheutu- via riskejä. Louhinta- ja maarakennus työt voivat aiheuttaa vaaraa lähikiinteistöille, jonka takia yritin selvittää ja tuoda näitä asioita esille. Selvitin myös, miten niitä varten voidaan varautua.</p> <p>Työn tavoite oli tuoda esille kiinteistökatselmusten ja värinämittausten tärkeyttä sekä tarvetta tietyissä työvaiheissa. Tämä opinnäytetyö tarjoaa hyödyllistä tietoa tilaajille ja kiinteistön omistajille.</p>		
Asiasanat		
Louhinta, värinä, maarakennus		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Antti Valtonen	Thesis, UAS	2025
	Number of Pages	
	32	
Title of Publication		
Risk prediction and assessment in rock blasting and earth works		
Through property inspection and vibration meter		
Degree, Field of Study		
e.g. Engineer (UAS), Civil and Construction Engineering		
Organisation of the client		
Tärinämittaus Valtonen Oy		
Abstract		
<p>This thesis reviewed the risks that blasting and earthworks might cause to buildings and ways that they can be anticipated and assessed. The work was limited to vibration-related factors. The work was commissioned by Tärinämittaus Valtonen Oy.</p> <p>This thesis generally discussed blasting and earth works and the dangers arising from them. Blasting and earthworks can poses a danger to nearby properties which is why i tried to find out and bring up these things. I also find out how to prepare for them.</p> <p>The aim of the work was to highlight the importance and need of property inspections and vibration measurement in certain work phases. This thesis provides useful information for clients and property owners.</p>		
Keywords		
Blasting, vibration, earthworks		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Louhinta- ja maarakennustöiden riskit.....	2
2.1	Louhintatyöt.....	2
2.2	Maarakennustyöt.....	6
3	Riskien arviointi menetelmät	13
3.1	Kiinteistökatselemukset.....	13
3.2	Tärinämittaukset.....	17
3.2.1	Tärinämittarit	24
3.2.2	Tulosten tulkinta	27
4	Yhteenveto ja pohdinta	30
	Lähteet	32

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja selvittää mitä riskejä louhinta- ja maarakennustyöt aiheuttavat lähikiinteistöille sekä miten niitä voidaan ennakoida ja arvioida. Tätä aihetta tarkastellaan kiinteistökatselmusten ja värinämittausten näkökulmasta. Tämän opinnäytetyön aihe on rajattu värinään liittyviin tekijöihin. Opinnäytetyössä selvitetään miksi kiinteistökatselmuksia ja värinämittauksia tehdään sekä mitä niillä halutaan saavuttaa. Lisäksi selvitetään myös värinämittausten ja kiinteistökatselmusten merkitystä ja tarpeellisuutta rakennushankkeiden yhteydessä sekä myös, miten kiinteistökatselmuksia ja värinämittauksia tehdään.

Rakennus- ja infrahankkeiden lisääntyessä kaupunkialueilla on värinämittausten ja kiinteistökatselmusten tarve kasvanut. Merkittävimpiä työmaatoiminnasta aiheutuvia haittavaikutuksia tulee, louhinnasta, kaivuutyöstä, tiivistyksestä, paalutuksesta ja pontituksesta aiheutuva värinä.

Rakentaminen vaikuttaa ympäristöön monilla eri tavoilla, josta aiheutuu usein haittaa. Louhinta- ja maarakennustöistä aiheutuva värinä voi mahdollisesti vaurioittaa rakenteita ja herkkiä laitteita. Tämän takia värinämittausten ja kiinteistökatselmusten tekeminen on tärkeä osa rakennushanketta. Rakentamisesta aiheutuva värinä lähiympäristöön on yleensä vakavaa haittaa. Rakentamisesta aiheutuva värinä voi häiritä ihmisiä, rakenteita ja vaikuttaa elinympäristöön.

Värinämittaukset ja kiinteistökatselmuksset muodostavat yhdessä kokonaisuuden, joka auttaa ennalta ehkäisemään työstä mahdollisesti aiheutuneita muutoksia kiinteistöissä sekä mahdollisia riitatilanteita rakennuttajan ja kiinteistönomistajien välillä.

2 Louhinta- ja maarakennustöiden riskit

2.1 Louhintatyöt

Louhintatyö on menetelmä, jossa kallioperästä irrotetaan kiviainesta erilaisten tekniikoiden avulla. Kallioiden muokkaaminen rakentamisen ja infrastruktuurin hankkeisiin on kiviaineksen irrotusprosessi, jossa kiviainesta irrotetaan kallioperästä hyödyntämällä erilaisia teknisiä menetelmiä. Tämä edellyttää erityisosaamista sekä tarkkaa suunnittelua. Louhintatyön alkuvaiheisiin kuuluvat perusteelliset suunnittelu- ja esitutkimustyöt, joiden tavoitteena on kartoittaa kallioperän laatu ja rakenne. (Jiitee Työt.)

Räjätystöitä saa tehdä vain pätevyyden omaava panostaja tai räjäytystyönjohtaja. Lisäksi jokaiseen louhintakohteeseen on nimettävä vastuuhenkilöt ja kaikissa töissä tulee noudattaa tarkkoja turvallisuusmääräyksiä. Niiden lisäksi on myös huolehdittava dokumentointivaatimuksista. (Jiitee Työt.)

Räjätyksestä aiheutuva shokki synnyttää voimakkaan paineaallon, joka irrottaa kiveä. Samalla se aiheuttaa hiukkasten siirtymistä väliaineessa eli tärinää. Räjätyksestä syntyvä energia rikkoo ensisijaisesti kalliota, mutta ylijäämä energia tuottaa tärinää lähiympäristöön. (Vuolio & Halonen 2010, 298.)

Tärinä on yleensä ratkaiseva tekijä, joka vaikuttaa louhintatyön suoritukseen. Naapurikiinteistöihin ei saisi tulla vaurioita. Lähtökohta on selvä, mitä suurempi panos räjäytetään, sitä suuremman tärähdyksen se aiheuttaa. On myös huomioitava, että kovan kiinteän kallion, löyhän kallion tai esimerkiksi löyhän hiekan päälle perustetun rakennuksen kohdalla vaikutus on vaarallinen eri tavalla. (Jääskeläinen 2010, 243.)

Yleisin käytetty louhintamenetelmä on avolouhinta. Avolouhintaa tehdään maan päällä tapahtuvissa töissä. Avolouhinta sopii erityisesti tierakentamiseen ja rakennusten pohjatöihin. (Jiitee Työt.)

Kallion louhimisesta syntyy aina tärinää ja louhintatyö luokitellaan ankaran korvausvastuun alaiseksi työksi. Asutulla alueella tehdyissä räjäytystöissä on louhittava kenttä aina peitettävä sopivilla peitematoilla. Peitemattojen on oltava tarkoitukseen soveltuvia, jonka lisäksi niiden kuuluu estää pientenkin kivien läpipääsy. Peitematot ovat yleensä valmistettu käytetyistä kuorma-autojen renkaista. Suojauksen määrä ja laatu määritellään louhintatyön turvallisuussuunnitelmassa sekä räjäytyssuunnitelmassa. Vaikka kenttä on peitetty, voi louhintatyössä sinkoutua kiviä. Tämä johtuu yleensä siitä, että räjäytettävä kenttä on peitetty puutteellisesti tai mattojen päälle on jäänyt irtonaista tavaraa. Sinkoutuvat kivet voivat olla vaaraksi ihmisille. Lisäksi ne voivat myös tehdä tuhoa lähellä sijaitseville rakenteille tai muille esineille. Louhintatyöstä aiheutuvaan tärinän leviämiseen vaikuttavat maa- ja kallio-peräolosuhteet.

Louhittavat kentät, joka näkyy kuvassa 1 voivat olla paikasta riippuen erikokoisia. Tämä alla oleva kuva on Kuopion K-Citymarketin työmaalta, jossa oli myös purettu yksi kiinteistö pois, ennen rakennustöiden alkua.



Kuva 1. Louhittavaa kalliota K-Citymarket Kuopio työmaalta.

Räjätystöistä on ilmoitettava suorituspaikkakunnan poliisille 7 vuorokautta ennen työn aloittamista. Ilmoitus tehdään sähköisesti tai kirjallisesti. (Pinomäki & Vuento 2023, 11.)

Räjätystöistä on myös hyvä tiedottaa ympäristössä asuvia ja työskenteleviä. Tiedotteessa olisi hyvä käydä ilmi, mitä tehdään, missä ja milloin. Tiedotteessa on myös tärkeää olla yhteyshenkilön tiedot ja se olisi hyvä jakaa 2–4 viikkoa ennen töiden aloitusta. Kaikkiin asuntoihin ja työpaikkoihin, jotka ovat tärinävaikutusten arvioinnissa määritetyllä alueella, tulisi jakaa tiedote. (RIL-253-2012, 121.)

Joskus kaivu- ja louhintatyötä saatetaan joutua tekemään ahtaissa paikoissa. Eteen voi välillä tulla esimerkiksi kaukolämpö, kuten kuvassa 2 näkyy tai jotain muuta vesihuoltoverkoston kuuluvaa.

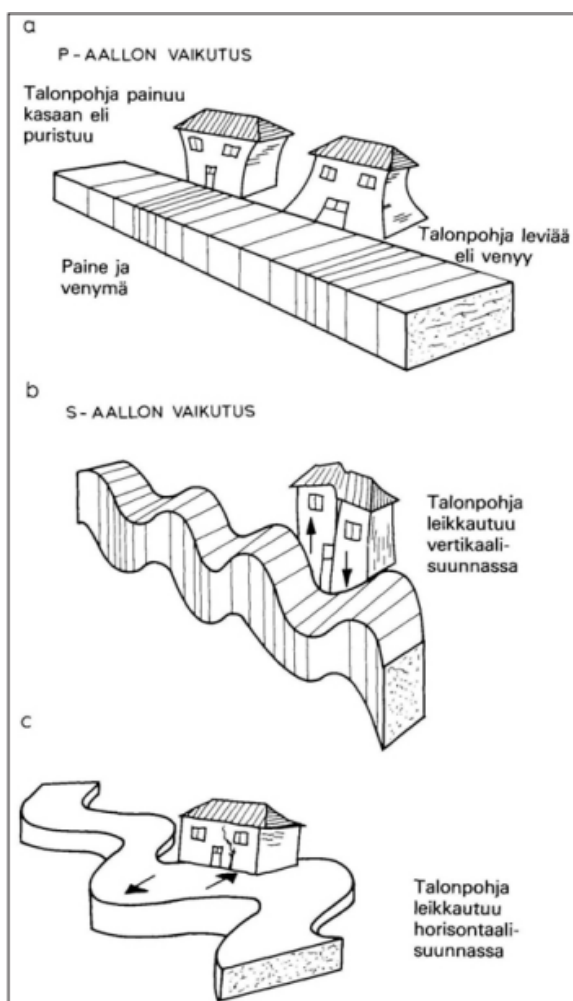


Kuva 2. Louhittavaa kalliota katusaneeraustyömaalta.

Yleisimpiä louhintaräjähdyksaineita

Louhintaräjähdyksaineet jaetaan kansainvälisesti nitroglyseroli- ja nitroglykoliräjähdyksaineisiin sekä ANO-, Anfo, vesigeeli- ja emulsioräjähdyksaineisiin. Ensimmäisenä mainittu ryhmä tunnetaan myös lyhenteellä NG-räjähdyksaineet. Tämä ryhmä on lähinnä dynamiittia. Olomuodoiltaan räjähdysaineet ovat rakeisia, kiinteitä aineita tai jäykkiä nesteitä. (Jääskeläinen 2010, 192.)

Tärinästä aiheutuvat repeytymät, venymät ja taipumiset (kuva 3) voivat vaurioittaa läheisiä rakenteita. Heikkokuntoinen rakenne voi vaurioitua jo pienestäkin lisäkuormituksesta. Tärinän vaikutuksia arvioidessa on otettava huomioon, että rakenteessa voi olla jo ennestään vaurioita ja aikaisempaa kuormitushistoriaa. Jos työstä aiheutuva tärinä vahingoittaa rakennetta, on kuormituksen aiheuttama jännitys ylittänyt rakenteen lujuuden. (RIL-253-2010, 20.)



Kuva 3. Tärinän aiheuttamia liikuntoja rakennuksissa, liikuntojen suuruutta korostettu. (Vuolio 1991, 167.)

Mitä suurempi louhintätärinä on, sitä suurempi räjähdysainemäärä räjähtää samanaikaisesti tai lähes samanaikaisesti. Louhinnasta aiheutuvan tärinän suuruutta voidaan pienentää vaikuttamalla räjäytyksestä syntyvän tärinän suuruuteen, leviämiseen sekä tärinän kohteeseen. Jos kallion purkautuminen ja paisuminen on estetty, silloin tärinän voimakkuus myös kasvaa. (RIL-253-2010, 42.)

Louhintatöissä on myös otettava huomioon mahdolliset arat laitteet ja toiminnot. Tietokoneet ovat yleensä aina tärinäherkkiä laitteita. Tällaisia voi löytyä esimerkiksi ainakin sairaaloista, mutta herkkiä laitteita on muuallakin. Tarkastettavasta laitoksesta on saatava ammattilainen mukaan, jonka kanssa voidaan yhdessä kiertää laitos huone huoneelta ja laite laitteelta. Paikalliset henkilöt eivät välttämättä tiedä laitteiden tärinäherkkyyksiä, mutta laitteiden merkkin ja tyyppien avulla voidaan valmistajien, maahantuojien ym. kautta saada raja-arvoja selville. (Jääskeläinen 2010, 246.)

2.2 Maarakennustyöt

Maarakennustyöt ovat maaperään ja sen rakenteisiin kohdistuvia rakennustöitä. Maarakennustöillä voidaan esimerkiksi valmistella alue rakentamista tai muuta käyttöä varten. Maarakennustöitä tehdään yleensä rakennusten, siltojen, teiden, rautateiden, vesihuolto-tekniikan ja muiden infrastruktuurien perustamiseksi. Maarakennustyöt vaativat huolellista suunnittelua, jotta rakenteen kestävä ja pysyvät turvallisina. Maarakennustöitä tehtäessä on myös huomioitava, ettei konetyöllä vaurioiteta olemassa olevia rakennuksia ja rakenteita.

Maarakennustyöt voidaan jakaa raivaustöihin, leikkaustöihin, kuormaukseen, kuljetukseen, pengerrykseen ja tiivistykseen. Käsiteltävyydet maalajeissa vaihtelevat hyvinkin paljon. Ominaisuudet ja niiden erot johtuvat yleensä osittain maalajista, osittain ympäristötekijöistä sekä sääolosuhteista. (Jääskeläinen 2010, 16.)

Infrarakentaminen pääasiassa tapahtuu erikokoisilla ja erilaisilla koneilla. Koneita löytyy suuria kymmenien tonnien painoisia isojen massamäärien rakennuskohteisiin sekä pieniä lapiotyön korvaavia pienkoneita tarkkuutta vaativiin kohteisiin. (Jääskeläinen 2010, 7.)

Maarakennustöissä on useita riskejä, jotka voivat vaikuttaa rakenteisiin. Näitä ovat mm.

- **Löyhä maaperä**, joka voi aiheuttaa painumia tai rakenteiden vajoamista
- **Olemassa olevat rakenteet ja rakennukset**, jotka voivat haitata työn tekemistä
- **Riittämättömät maaperätutkimukset**, jolloin puutteellinen tieto voi johtaa esimerkiksi painumiin
- **Maaperän häiriintyminen**, joka voi johtaa kantavuuden menettämiseen, mikä taas voi johtaa rakenteiden painumiseen tai liikkumiseen
- **Routa**, jossa vesi jäätyessään laajenee ja maakerrokset voivat nousta
- **Kaivantojen sortumat**, jotka voivat johtua veden tunkeutumisesta kaivantoon tai väärin tuetut ja liian jyrkät kaivannot
- **Tärinä**, jota voi aiheuttaa louhintatyöt, kaivuu-, tiivistys-, ja paalutustyöt sekä raskas liikenne
- **Epäonnistunut täyttötyö ja tiivistys**, joka voi aiheuttaa rakenteiden halkeilua ja liikkumista

Maarakennustöitä tehtäessä on myös huomioitava mahdollisen veden pois pumppaaminen / kuivatus. Kuva 4 on otettu katusaneerauskohteesta, jossa on tehty louhintaa ja siinä näkyy myös kaivantoon kertynyttä vettä, jota pumpataan pois.



Kuva 4. Uppopumppu käytössä saneeraustyömaalla.

Laadukkaan maarakentamisen yksi tärkeimmistä osa-alueista ovat tiivistystyöt (kuva 5). Jos painumia löytyy sieltä, missä niitä ei pitäisi olla, kertoo se yleensä suunnittelijan tai tekijän ammattitaidottomuudesta tai välinpitämättömästä suhtautumisesta. Tiivistystöitä tehtäessä on oltava tarkka, että kerrospaksuus on oikea valitulle koneelle, ylityskertoja on riittävästi, maaperän kosteus on oikea ja irtorakeiset aineet ehdottomasti tärytetään. On myös huomioitava, että jäässä oleva maa ei tiivisty. (Jääskeläinen 2010, 109, 114.)



Kuva 5. Kantava kerros valssijyrän ajon jälkeen.

Tiivistystyössä tarvitaan tärinää, jonka takia ei sen vähentäminen ole yleensä viisasta. Haastavissa tilanteissa on tiivistyskoneen painoa pudotettava ja tehoa vähennettävä, mikä edellyttää myös tiivistettävien kerrosten ohentamista, jotta saadaan riittävä tiivistystulos. Tiivistystöitä tehdessä syntyy yleensä iso määrä tärinäsyklejä. Tärinäsyklejä on tyypillisesti noin 100 000–200 000 sykliä tunnissa. (RIL 253-2010, 48, 49.)

Tiivistykseen käytettävien koneiden taajuusalue on tyypillisesti noin 30–70 Hz. Täryjyrät ovat matalataajuisia tiivistuskoneita ja tärylevyt ovat korkeataajuisia. (RIL 253-2010, 48.)

Valssijyrä (kuva 6) on maarakennustyömailla käytettävä tiivistuskone, jonka tärkein tehtävä on tiivistää materiaalikerroksia. Valssijyrän tiivistyksestä aiheutuvaa tärinää voidaan myös mitata rakenteista.



Kuva 6. Hamm H20i kumipyörävetoinen valssijyrä 20 t (Ramirent)

Ongelmallinen resonanssitilanne voi syntyä tiivistuskoneen käynnistyksen ja pysäytyksen aikana, jolloin taajuus on alhaisempi. Tämän takia pyritään välttämään tiivistuskoneen käynnistämistä tärinälle alttiiden rakennusten läheisyydessä. Monissa tiivistuskoneissa pystytään tärykuormitus kytkeä pois päältä käynnistämisen tai pysäyttämisen ajaksi, jolloin vältetään resonanssivaaralta. (RIL 253-2010, 49.)

Kuva 7 on otettu työmaalta, jossa on rakennusten lähellä tehty louhintaa, kaivuutyötä sekä tiivistystä.



Kuva 7. Postin terminaalin laajennustyömaa, jossa on kaivettu, tiivistetty ja louhittu rakennuksen vieressä.

Työmaaliikenne aiheuttaa myös tärinää. Tärinän laajuuteen vaikuttavat lähinnä raskaat ajoneuvot ja alustan kunto. Pehmeiköllä tärinä leviää tehokkaammin. Yleensä tärinää syntyy, jos alusta on epätasainen, jolloin se saa ajoneuvot värähtelemään. Erityisesti pehmeiköllä työmaaliikenne aiheuttaa havaittavaa tärinää. Hyvin harvoin se kuitenkaan vaurioittaa rakenteita. Joissain tapauksissa raskaan kaluston kuormitus voi rakenteiden välittömässä läheisyydessä aiheuttaa siirtymiä ja painumia. Tekemällä kulkutiet kantaviksi ja tasaisiksi sekä pudottamalla ajonopeuksia voidaan työmaaliikennetärinää pienentää. (RIL 253-2010, 49.)

Olemassa olevien rakenteiden suojaus

Olemassa oleville rakenteille töiden aikana aiheutetut vauriot aiheuttavat usein tunnepitoisia reaktioita. Asiakirjoissa on oltava erittäin tarkkana, mitä on sovittu säilytettäväksi ja mistä ei ole sovittu. Paras tapa on neuvotella etukäteen, ennen kuin tekee jotain peruuttamatonta. Olemassa olevien rakenteiden, rakennusten ja perustuksien tarvittavat purkutyöt tulee olla esiteltynä suunnitelmissa, samoin myös säilytettävien rakenteiden mahdolliset tuenta- ja vahvistustyöt. (Jääskeläinen 2010, 129, 131.)

3 Riskien arviointimenetelmät

3.1 Kiinteistökatselmukset

Kiinteistökatselmus pidetään yleensä aina kaikissa rakennustyömaan läheisissä kohteissa, joissa epäillään, että työ voi mahdollisesti aiheuttaa vahinkoja tai haittoja. Riskejä analysoimalla voidaan rajata kohteita, joita kannattaa käydä katselmoimassa. Louhinta, paalutus tai tiivistys on tyypillinen katselmusta vaativa asia. (Jääskeläinen 2010, 247.)

Katselmusalueen laajuus määräytyy työkohteen koon ja sijainnin mukaan. Esimerkiksi asutuskeskuslouhinnassa, jossa lähellä olevat rakennukset rajoittavat panosten kokoa on katselmusalueen laajuus noin 50–100 m säteellä sijaitsevat rakennukset. (Kalliotekniikka Consulting Engineers Oy.)

Normaalin käytön seurauksena kaikkiin rakenteisiin syntyy vaurioita niiden elinkaaren aikana. Jos vaurioita syntyy rakennustöistä, tulee vauriot korvata. Katselmukset tulee suorittaa sellaisessa laajuudessa, että ennen rakennustöiden alkamista olevat vauriot ovat dokumentoitu ja rakennustöiden päätyttyä töistä mahdollisesti syntyneet vauriot pystytään erottamaan rakennusaikana syntyneistä. (RIL-253-2010, 36.)

Katselmuksessa asianosaiset kirjaavat ja tarkastavan rakenteissa jo ennestään olevat vauriot. Lain mukaan katselmuksen järjestämistä tai kiinteistön suostumista ei voida velvoittaa. (RIL-253-2010, 36.)

Aina kun tehdään tärinää aiheuttavaa työtä, suositellaan että tehdään myös kiinteistökatselmukset. Katselmusaineisto tarjoaa sinulle todisteet ja toimii oikeusturvana, jos tärinää aiheuttavat työt aiheuttavat muutoksia lähikiinteistöihin. (Kalliotekniikka Consulting Engineers Oy.)

Alkukatselmuksessa tarkastetaan lähimpien rakennusten kunto juuri ennen tärinää aiheuttavien töiden alkua. Loppukatselmuksissa käytetään apuna alkukatselmuksissa kerättyjä tietoja ja työn aikana kerättyjä tietoja, joiden avulla arvioidaan uudelleen rakennusten kunto ja todetaan mahdollisesti töistä aiheutuneet uudet vauriot / muutokset. Tarvittaessa työn aikana voidaan suorittaa myös välikatselmuksia. Kiinteistökatselmuksia voidaan tarvittaessa tehdä myös rakennusten sisällä.

Rakennusten katselmuksissa arvioidaan rakenteiden yleinen kunto ja niiden tärinän sietokyky. Katselmusten tavoitteena on tunnistaa mahdolliset rakenteelliset vauriot, jotka ovat syntyneet räjäytysten tai muiden tärinää aiheuttavien töiden seurauksena. Tarkastusten aikana tärinäherkät laitteet, kuten kovalevylliset tietokoneet suojataan, käyttämällä kumisia vaimentimia. (P-HÄMPPI 2010-2011, 11.)

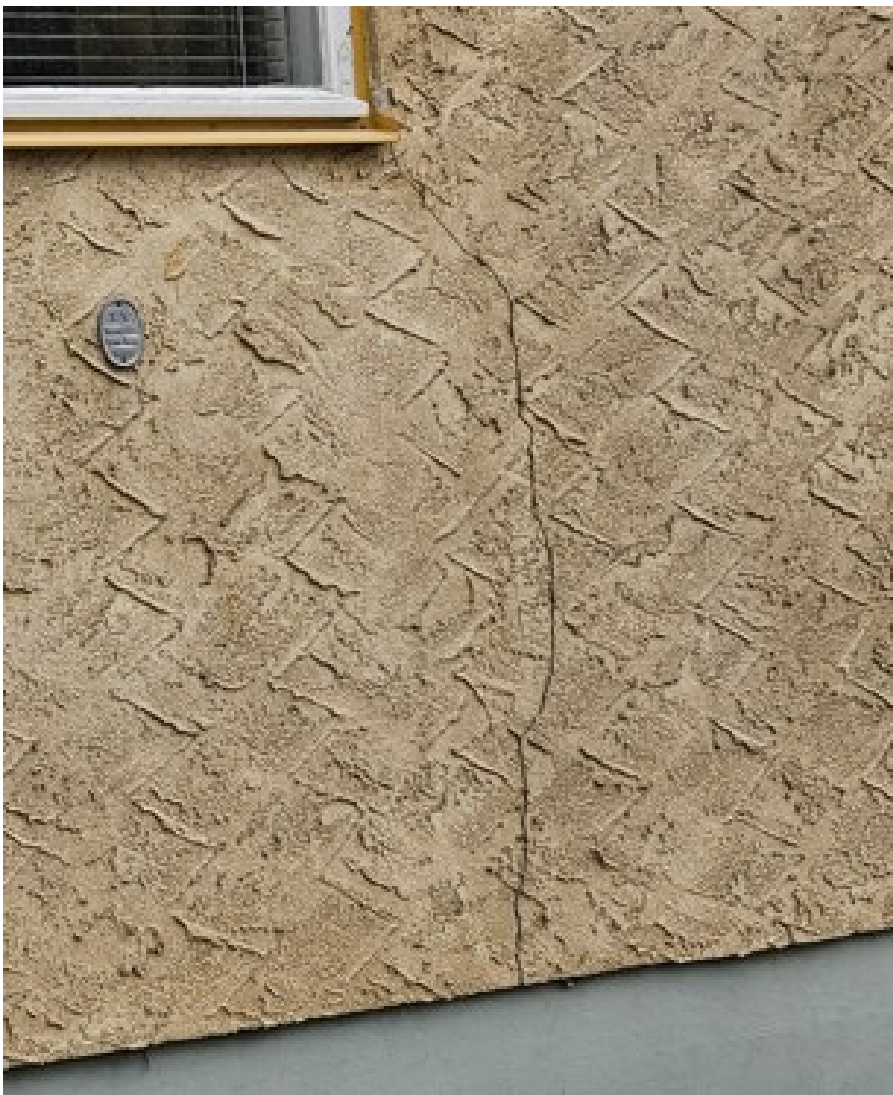
Katselmukset pyritään tekemään 1,5 metrin päästä rakennuksesta. Katselmus antaa yleiskuvan rakennuksen kunnosta, eikä kaikkia halkeamia voida erottaa tarkasteluetaisyyden päästä. Kaikkia halkeamia ei voida havaita silmällä, joten tarvittaessa käytetään tarkempia menetelmiä. Suomessa kiinteistöjen katselmukset suoritetaan joko piirtämällä, kuvaamalla tai molemmilla edellä mainituista tavoista. Piirtämismenetelmä on parempi havainnollisuutensa takia. Katselmusasiakirjat tulee säilyttää 10 vuotta töiden päättymisestä. (Vuolio & Halonen 2012, 317, 318.)

Lähes väistämättä kaikissa vanhemmissa sekä uudemmissa taloissa on aina jonkinlaisia halkeamia. Tyypillisimmät halkeamat ovat yleensä ns. hiushalkeamat sokkelissa, kuten kuvassa 8. Rapatuissa ja tiilirunkoisissa taloissa on myös usein halkeamia etenkin ovien tai ikkunoiden pielissä. Tiilijulkisivullisissa taloissa on myös monesti tiilen saumoja paikoittain auki.



Kuva 8. Esimerkkikuva millaisia halkeamia talon sokkelissa voi olla jo ennestään.

Monet näistä halkeamista rakenteissa ovat normaaleja iän tuomia ”ominaisuuksia”, joista ei yleensä tarvitse olla huolissaan. Kuvassa 9 näkyy pystyhalkeama rapatussa pinnassa.



Kuva 9. Kuva halkeamasta rapatun talon seinässä.

Tärinävahinkojen vastuun ulkopuoliselle määrää ympäristövahinkolaki ankaran vastuun mukaisesti. Tuolloin korvausvastuu tulee, vaikka työt olisi tehty huolellisesti ja ohjeiden mukaisesti. Korvausvastuun näkökulmasta on kuitenkin tärkeää selvittää, ovatko vauriot tulleet työn aikana ja onko tärinä voinut ollut niin suurta, että se on voinut vaurioittaa rakenteita. (RIL-253-2010, 36.)

Katselmuksen tarkoituksena on selvittää kiinteistön rakenteiden kunto ja ennestään olevat viat sellaisella tarkkuudella, jolloin vahinkovastuun määrittäminen on mahdollista. Kiinteistökatkelmuksen tekevä konsultti laatii pöytäkirjan, joka voidaan toimittaa työmaan ja kiinteistön edustajalle. Katselmuksat suoritetaan ennen töiden alkamista, sekä tarvittaessa työn aikana ja välittömästi työn päätyttyä. Katselmuks antaa yleiskuvan, eikä kaikkia halkeamia voida erottaa yleisesti käytetyn tarkasteluetaisyuden päästä (1,5 m). (RIL-253-2010, 37.)

Katselmuksen suorittava asiantuntija tekee katselmukspöytäkirjan, josta ilmenee vähintään katselmuksen käyttötarkoitus, katselmuksen kohde, katselmuksen ajankohta, katselmukseseen osallistuvat henkilöt ja heidän roolinsa sekä katselmuksen tulos. Katselmuksissa tehdyt havainnot dokumentoidaan siten, että niistä käy selvästi ilmi tehdyt havainnot. Yleisimmät katselmuksissa käytettävät tavat ovat piirroksat, valokuvaus ja videokuvaus. Havaintoja tehtäessä on myös tärkeää huomauttaa, jos jotain tilaa ei päästä katselmoimaan tai edessä on tavaraa. (RIL-253-2010, 37.)

Kuvassa 10 on esitelty vaativuusluokat, joissa 2 tarkoittaa, että katselmuksen vastuuhenkilönä on a-luokan tärinäasiantuntija ja vaativuusluokassa 3 vähintään aa-luokan asiantuntija. Katselmuks tulee järjestää niin, että kiinteistön edustajalla tai omistajalla sekä rakennustyön toteuttajalla on mahdollisuus olla mukana tarkastuksessa. (RIL-253-2010, 37.)

	A Lyhytaikainen tärinävaikutuksen kesto, pienet suoritemäärät	B Tavanomainen tärinävaikutuksen kesto, keskimääräiset suoritemäärät	C Pitkä tärinävaikutuksen kesto, suuret suoritemäärät
Tärinän vaikutusalueella ei ole tärinästä häiriintyviä erityisiä luonnonarvoja tai ihmisiä tai vaurioituvia rakenteita tai rakennuksia	1	1	2
Kohde on asutulla alueella, tavanomaisia rakennuksia tai rakenteita	2	2	3
Lähellä on tärinäherkkiä rakenteita ja erityistä varovaisuutta edellyttäviä kohteita	3	3	3

Kuva 10. Tärinään liittyvien tehtävien yleispiirteinen vaativuusluokitus. (RIL 253-2010, 15.)

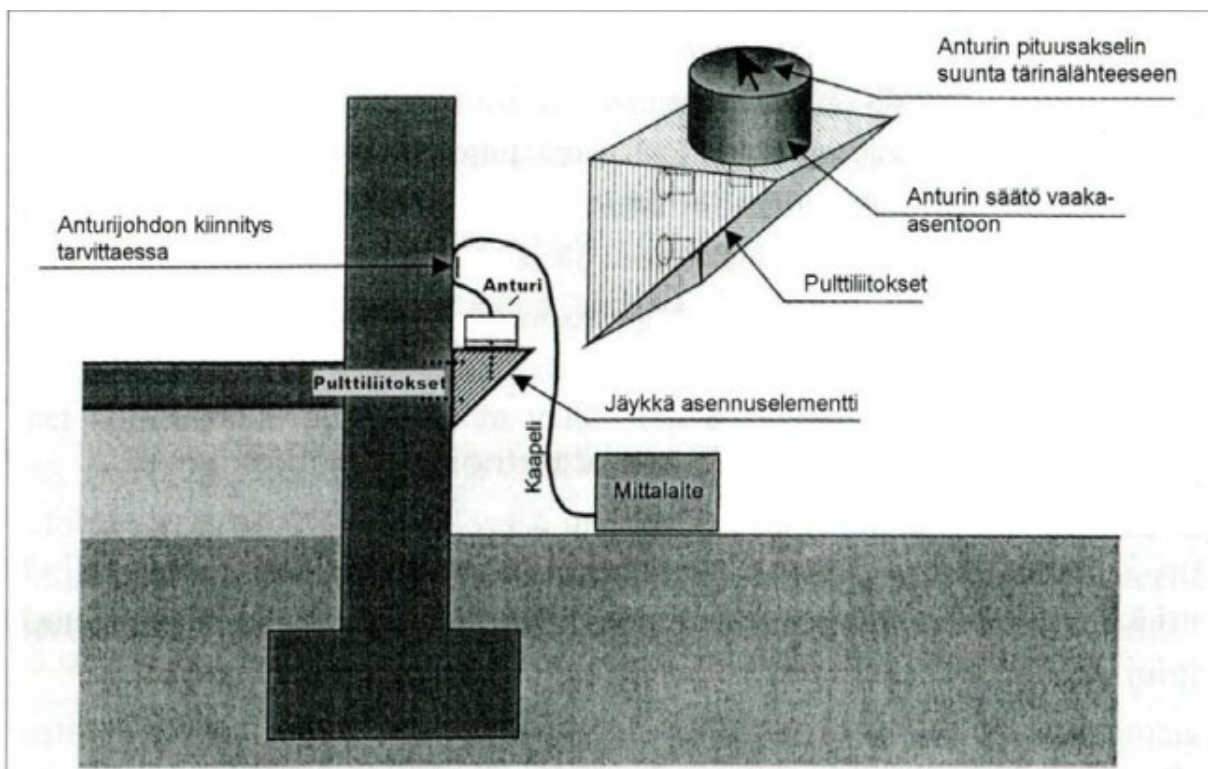
Pätevydet

Fiseltä voidaan hakea pätevyksiä, kuten a- ja aa luokkaa. Nämä ovat Suomessa käytettäviä pätevyksiä, joita käytetään rakennusalan asiantuntijoiden osaamisen ja kokemuksen osoittamiseen. A-luokka tarkoittaa, että henkilöllä on oikeus toimia vaativissa rakennushankkeissa. Se yleensä edellyttää ylempää korkeakoulututkintoa ja usean vuoden työkokemusta vaativissa kohteissa. Aa-luokka on ylin pätevyystaso. Aa-luokan henkilöllä on oikeus toimia erityisen vaativissa hankkeissa, joissa rakenteelliset tai geotekniset vaatimukset ovat erittäin korkeita. Aa-luokka edellyttää soveltuvaa tutkintoa, laajaa ja monipuolista kokemusta, esimerkiksi 10 vuotta erityisen vaativista kohteista. Tämän lisäksi on oltava näyttö erityisosaamisesta. Fise määrittelee suunnittelijoiden, työnohtajien ja muiden asiantuntijoiden pätevyysvaatimukset ottaen huomioon lainsäädännön sekä siihen liittyvät asetukset ja ohjeet. Fise-pätevyksiä voi hakea Pätevyysrekisteri.fi- verkkosivuston kautta, jossa on myös nähtävillä myönnetty ja voimassa olevat pätevydet. (Fise)

3.2 Tärinämittaukset

Tärinämittauksia tehdään työkohteen ympäristössä, jotta voidaan seurata, ettei lähellä olevien kohteiden suurimpia tärinän ohjearvoja ylitetä. Tärinämittauksissa mitataan liikkeen heilahdusnopeutta ja kiihtyvyyttä. Tärinäasiantuntija määrittää, että tärinää mitataan riittävästi ja sen mittaustapa on tarkoituksen mukainen. Tärinämittaukset tehdään yleensä kolmikomponenttimittauksena. (RIL 253-2010, 38.)

Mittauspisteiden paikalla on suuri vaikutus tärinän mittaamisessa. Tämän takia mittauspiste valitaan yleensä lähes poikkeuksetta lähimpänä olevaan rakennukseen. Yleensä tärinää mitataan rakennuksen perustuksista tai muusta kantavasta rakenteesta. Tärinämittarin anturin kiinnitys perusmuuriin on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Anturin kiinnitys perusmuuriin. (RIL 253-2010, 79.)

Nykyään tärinämittaus on lähes aina käytössä, kun louhintaa tai muuta tärinää aiheuttavaa työtä tehdään asutulla alueella tai teollisuuslaitosten läheisyydessä. Kolmikomponentti-mittaus mahdollistaa heilahdusnopeuden mittaamisen kolmesta eri suunnasta: pystysuunta, poikittainen suunta sekä pituussuunta. Lisäksi voidaan mitata siirtymää, kiihtyvyyttä ja taajuutta. Rakenteita tarkasteltaessa käytetään heilahdusnopeuden huippuarvoa ensisijaisena arviointikriteerinä. Voi olla kuitenkin tilanteita, joissa jokin muu suure, kuten kiihtyvyys voi olla merkityksellisempi, esimerkiksi silloin, kun rakennuksessa on tärinäherkkiä laitteita. (Vuolio & Halonen 2010, 319.)

Räjätystöiden yhteydessä tehtävillä tärinämittauksilla pyritään estämään mahdolliset vauriot ja varmistetaan, että tärinä pysyy sallituissa rajoissa. Tärinämittaustulokset tarjoavat urakoitsijalle tärkeää tietoa poraus-, panostus- ja sytytyssuunnitelmien laatimista varten. (P-HÄMPPI 2010-2011, 11.)

Tärinämittauksissa noudatetaan kansainvälisiä standardeja, kuten ISO 4866 sekä ruotsalaista SS 460 4866, jotka määrittelevät tärinän raja-arvot ja miten mittauksia tehdään. Ohjeistuksia löytyy myös RIL 253-2010.

Tärinän voimakkuuteen vaikuttaa moni eri tekijä, kuten kallioperän ominaisuudet, räjähdysten suuruus ja mittauspisteen etäisyys työmaasta.

Alla olevassa kuvassa 12 näkyy Instantel Minimate Plus tärinämittari, joka on asennettu omakotitalon sokkeliin. Sokkeliin on ruuvattu kulmarauta, jonka päällä on anturi mikä mittaa tärinää ja välittää tulokset johdon kautta tärinämittariin.



Kuva 12. Tärinämittarin anturi omakotitalon sokkelissa.

Pääosin rakentamisesta aiheutuvaa tärinää mitataan taajuusalueella 5–300 Hz. Tärinää mitataan sellaisella tavalla, että tuloksista saadaan vertailukelpoinen tulos kohteelle, jolle on esitetty tärinän ohjearvo. Mittaus tehdään kolmikomponenttimittauksena, ellei toisin päätetä. (RIL 253-2010, 38.)

Tärinästä aiheutuvan heilahdusnopeuden ohjearvo saadaan käyttämällä alla olevan kuvan 13 kaavaa.

$v = F_k \cdot v_1$		
v	heilahdusnopeuden ohjearvo	[mm/s]
F_k	rakennustapakerroin	[-]
v_1	heilahdusnopeuden perusarvo	[mm/s]

Kuva 13. Heilahdusnopeuden ohjearvon laskemisen yhtälö (RIL 253–2010, 24.)

Tärinämittaukset palvelevat urakoitsijaa ja lähirakennusten omistajia ohjaamalla työstä aiheutuvaa tärinänmäärää. Tärinämittauksien avulla voidaan selvittää, onko tärinä haitallista tai vaaraksi rakenteille. Tärinämittareita ei sijoiteta yleensä kaikkiin rakennuksiin, vaan pääsääntöisesti niin, että ne on sijoitettu eri ilmansuuntiin, lähimpiin rakennuksiin ja herkimpiin kohteisiin, jos sellaisia lähistöllä sijaitsee.

Tärinäasiantuntijan ja tärinän hallintaan liittyvät tehtävät sekä tärinän vaativuusluokat esitetään RIL 253-2010- ohjeessa.

Erilaisille rakenteille ja rakennuksille on omat rakennustapakertoimet, jotka on esitetty kuvassa 14. Rakenteita ja rakennuksia on erityyppisiä, jolloin esimerkiksi puurakenteisella asuinrakennuksella on eri rakennustapakerroin kuin massiivitiiliseinäisellä asuinrakennuksella.

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennustapakerroin F_k , (kelpoisuus a-luokka)	Rakennustapakerroin 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 määrätty 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, ruiskubetonoimattomat kalliotilat (ks. myös kohta 3.9)	0,85	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkihiekkatiilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia, värähtelyherkät vanhat rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet	0,55	0,65

Kuva 14. Rakennustapakertoimet eri rakennuksille ja rakenteille. (RIL 253-2010, 24.)

Kuvassa 15 näkyy etäisyysidonnaiset kertoimet erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille, jonka lisäksi siitä nähdään myös heilahdusnopeuden perusarvo. (RIL 253-2010, 25).

1	2	3	4	5
Etäisyys (m)	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	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

Kuva 15. Tärinän heilahdusnopeuden etäisyysidonnainen ohjearvon perusarvo eri perustamis- olosuhteille. (RIL 253-2010, 25.)

On huomioitava, että yläpuolella olevaa taulukkoa ei käytetä esimerkiksi tiivistystyön tärinän ohjearvojen laskemiseen. Yläpuolen taulukkoa käytetään, kun suoritetaan louhintaa tai hakataan kalliota iskuvasaralla.

Yleensä tärinää mitataan rakennusten ulkopuolelta. Jos mitattava tärinäarvo on selvästi suurempi mitä tausta-arvot, laitetaan tärinämittariin kynnyсарvo, joka ylittyessään alkaa mitataamaan. Mittauksen kestolle ennakoidaan aika, joka riittää tärinää aiheuttavan työn arvos- teluun. Kaikki mitattu data jää tärinämittarin muistiin. (RIL 253-2010, 39.)

Jos taustalta syntyvä tärinä on yhtä suurta, kuin mitattava arvo, niin käytetään mittarissa mittaustapaa, joka mittaa tietyltä aikaväliltä suurimman arvon. Tätä tapaa käytettäessä ei nähdä yksittäisiä tärinätapahtumia, vaan pelkkiä huippuarvoja. (RIL 253-2010, 39.)

Jos tärinää mitataan tärinälähteen läheltä, on tulosten painoarvo yleensä korkeilla taajuuksilla. Kun kiihtyvyyttä ja heilahdusnopeutta käytetään kriteerinä, siitä yleensä seuraa suuri huippuarvo siirtymäamplitudin ollessa pieni. Mittaustuloksia vertailtaessa tärinän ohjearvoihin tarkastellaan tällöin vain alle 100 Hz:n tai 150 Hz:n taajuuksissa tulevaa tärinää tai siirtymäamplitudin arvoa. Jos menetellään edellä mainitulla tavalla, tulee päätöksenteossa aina käyttää aa-luokan tärinäasiantuntijaa. (RIL 253-2010, 39.)

Maa- ja pohjarakennustöistä rakennuksiin kohdistuvan tärinän ohjearvot saadaan alla olevasta taulukosta (kuva 16).

1	2	3	4	5
Työmenetelmä	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	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

Kuva 16. Heilahdusnopeuden perusarvo työmenetelmittäin ja perustus pohjatyypin mukaan. (RIL253-2010, 26.)

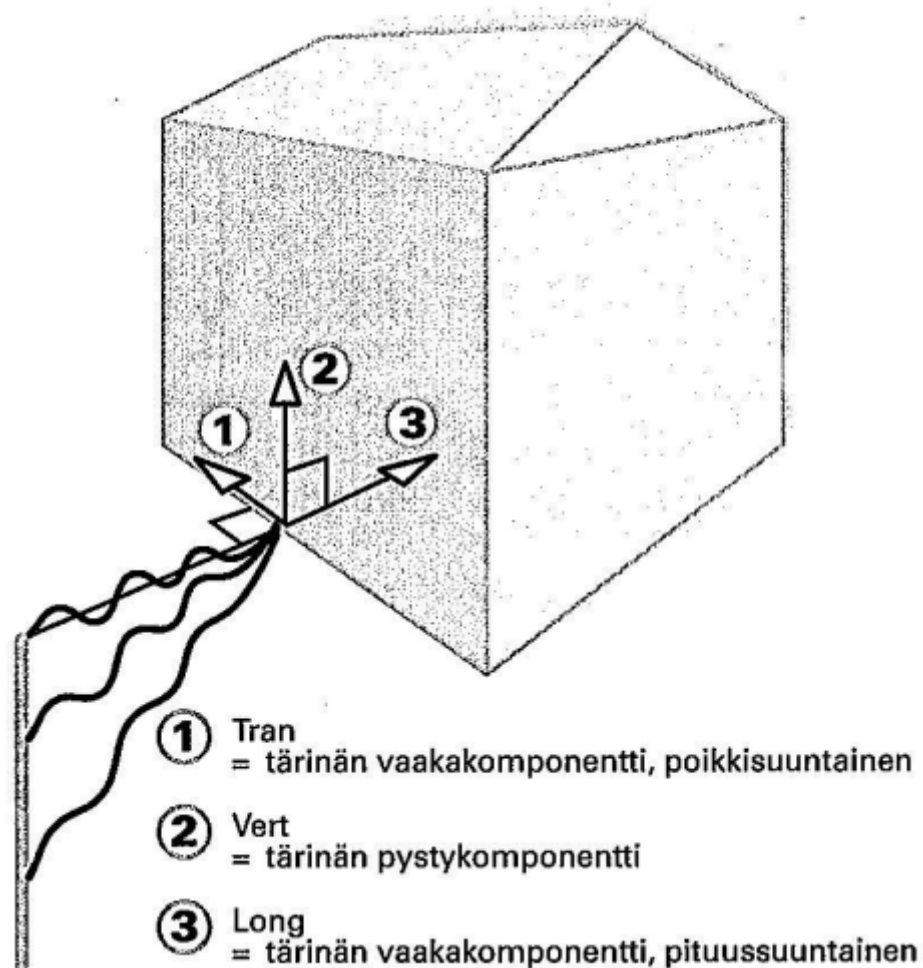
3.2.1 Tärinämittarit

Tärinämittari (kuva 17) on tiedonkeruulaite, jossa on yleensä käyttöliittymä ja näyttö. Niiden avulla työmaalla työskentelevät henkilöt saavat tarvittavat tiedot mittaustuloksista. (RIL 253-2010, 78).



Kuva 17. Instantel Micromate tärinämittari. (Instantel).

Tärinämittari mittaa tärinän heilahdusnopeutta kolmeen eri suuntaan, poikittaiseen-, pitkittaiseen- ja pystysuuntaan sekä kiihtyvyyttä (kuva 18).



Kuva 18. Mittausantureiden sijoittaminen rakenteeseen. (Vuolio & Halonen 2012, 323).

Tärinämittareita käytetään rakennustöiden ohessa, jolloin niillä seurataan ja arvioidaan työmaalta syntyvää tärinää. Mittausten avulla voidaan varmistaa, ettei tärinät ylitä raja-arvoja, joista voisi aiheutua vaurioita läheisiin rakennuksiin. Tärinämittaustulokset toimivat myös dokumentaationa ja tarvittaessa todistusaineistona mahdollisissa vahingonkorvaustilanteissa.

Tärinämittareiden anturit ovat yleensä geofoneja, eli nopeuteen reagoivia antureita. Geofonit ovat kooltaan kompakteja, mikä tekee niiden käsittelemisestä ja asentamisesta helppoa. Geofonien ominaistajuus on yleensä matala, noin 5–10 Hz. Kiihtyvyyssantureita hyödynnetään tärinämittauksessa vain harvoin ja siirtymäantureita ei käytetä lainkaan räjäytystärinän mittaamisessa. (Vuolio & Halonen 2010, 323–324.)

Tärinämittarin anturi tuottaa analogisen signaalin, joka välittyy tärinämittarin kaapelia pitkin, ellei tärinämittarissa ole käytössä modeemia. (RIL 253-2010, 77).

Nykyään tärinämittarit mahdollistavat myös tiedonsiirron langattomien verkkojen kautta. Tämä tarkoittaa, että käyttäjä voi tarkastella mittaustuloksia reaaliajassa etäyhteydellä suoraan tärinämittarista.

Tärinäherkkien laitteiden tärinämittauksissa on huomioitava laitteiden käytöstä, käyntiväriästä ja käyttäjien toimenpiteistä aiheutuva tärinä, joka voi vaikuttaa mittaustulosten luotettavuuteen. Tärinän voimakkuuden vuoksi voi myös olla tarpeen tarkistaa rakenteiden kautta siirtyvää tärinää mittaamalla sitä suoraan laitteesta. (Pöllä & Kärnä & Vuolio & Paavola & Räsänen 1996, Kalliorakentaminen, 86.)

Tärinämittauksia tekevän ja tärinämittareita vuokraavan yrityksen tulee huolehtia, että mittaustulokset ovat luotettavia. Antureita ja mittalaitteita on kalibroitava laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti. Ennen mittausten aloittamista on katsottava, että anturit ja laitteet toimivat, jonka lisäksi toimintakuntoa on seurattava myös työn aikana. (RIL 253-2010, 79.)

Tärinämittareiden toimintakunnon ylläpitäminen ja kalibrointi ovat yksi suurin kuluerä, joka vaikuttaa mittareiden vuokrahintaan. Tärinämittareiden kalibrointi ja toimintakunnon ylläpito on kuitenkin osa hyvää rakennustapaa, jonka takia niillä on suuri merkitys mittauksen luotettavuuden kannalta esimerkiksi riitatilanteissa. (Suomen Louhinta Konsultit Oy.)

Tärinämittareita valmistaa usea eri valmistaja ja niitä on saatavilla useita eri malleja. Yleisimmät mittarivalmistajat ovat InstanTEL, Sigicom, Syscom Instruments ja Abem.

3.2.2 Tulosten tulkinta

Työn aikana mitatuista tärinäistä tehdään mittausraportti, josta löytyy mitatut arvot, tieto mittausajankohdista, mittauskalustosta sekä mittauspaikasta. (RIL 253-2010, 39).

Tärinämittauksista saatujen tulosten avulla voidaan ohjata työn turvallista suorittamista. Myös tärinämittauksista saatu data auttaa suojaamaan ympäristöä tärinän aiheuttamilta vahingoilta ja häiriöiltä.

Tärinämittaustuloksista voidaan tulostaa raportti, josta nähdään kaikkien kolmen komponentin heilahdusnopeuden maksimitulokset, taajuudet, tapahtuman kellon aika ja päivämäärä. Kuvassa 19 näemme tärinämittaustuloksen, joka on saatu yhdeltä katusaneeraustyömaalta. Kyseisellä työmaalla suoritettiin louhintaa ja kuvan raportista myös ilmenevät aiemmin mainitut asiat. Raportista näemme, että suurin heilahdusnopeus 25.3 mm/s on mitattu pystysuuntaan 1.10.2024 klo 10:09. Vaakasuuntainen tulos on 13.59 mm/s ja pituussuuntainen tulos on 15.62 mm/s. Taajuus on >100 Hz, josta voidaan päätellä, että rakennus on todennäköisimmin perustettu kiinteään kallion päälle. Tärinämittariin oli asetettu mittauskynnykseksi 3 mm/s, jolloin se mittaa vain sen ylittämiä heilahduksia. Mitattu kohde oli 1-kerroksinen omakotitalo ja sen raja-arvoksi oli laskettu 55 mm/s, eli suurin mitattu tulos 25.3 mm/s jää selvästi raja-arvon alapuolelle.



Event Report

Date/Time Tran at 10:09:05 October 1, 2024
Trigger Source Geo: 3.000 mm/s
Range Geo: 254.0 mm/s
Record Time 1.0 sec at 1024 sps
Job Number: 2920

Serial Number BE7922 V 8.01-8.0 MiniMate Plus
Battery Level 7.0 Volts
Unit Calibration August 5, 2020 by Kalliotekniikka CE Oy
File Name __TEMP.EVT

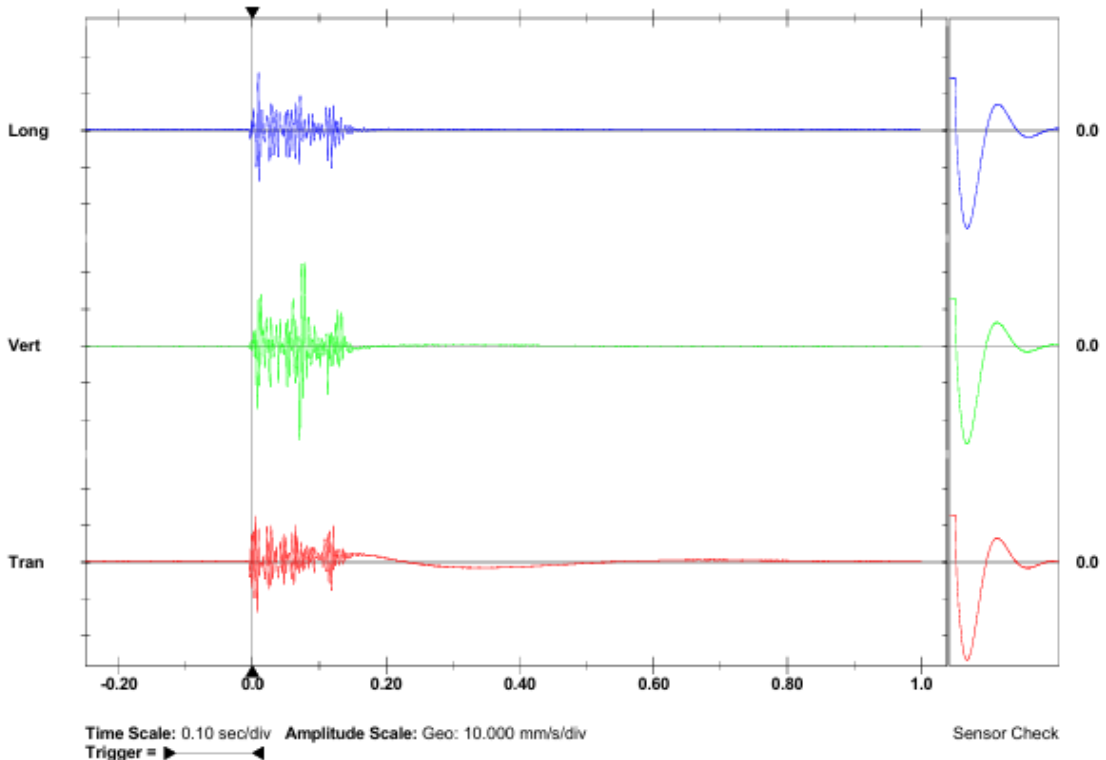
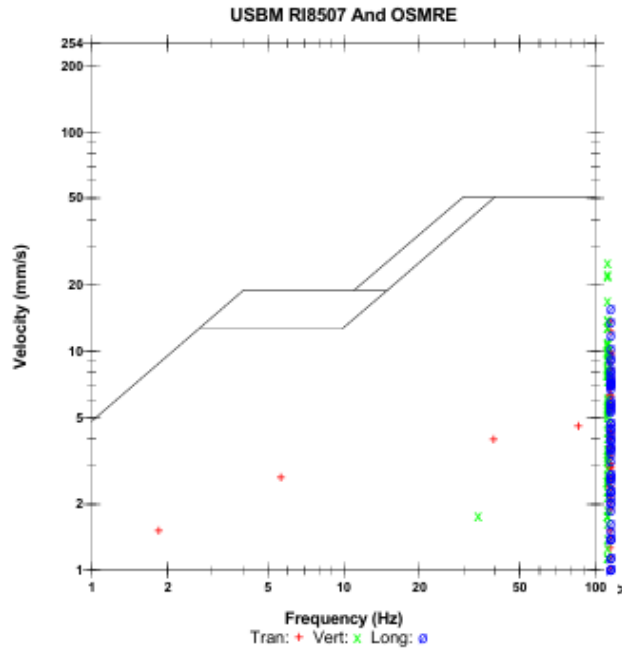
Notes

Location: [REDACTED]
 Client: [REDACTED]
 User Name: TARINAMITTAUS VALTONEN OY
 General: LOUHINTAA

Extended Notes

ANTURI SOKKELISSA

	Tran	Vert	Long	
PPV	13.59	25.53	15.62	mm/s
ZC Freq	>100	>100	>100	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.007	0.070	0.009	sec
Peak Acceleration	1.670	2.585	1.949	g
Peak Displacement	0.138	0.023	0.032	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.4	7.4	7.4	Hz
Overswing Ratio	4.1	4.2	3.8	
Peak Vector Sum	25.67 mm/s at 0.070 sec			



Printed: October 8, 2024 (V 10.74)

Format © 1995-2015 Xmark Corporation

Kuva 19. Tärinämittaustulos louhintakohteesta Blastware-ohjelmassa.

Blastware on Instantelin kehittämä ohjelmisto, joka on tarkoitettu erityisesti louhintätärinän ja muiden tärinää aiheuttavien mittausten tallentamiseen ja analysointiin. Blastwareen voidaan ladata tärinämittareista saadut tulokset. Sen avulla voidaan myös laittaa asetuksia tärinämittareihin, kuten kellonaika, mittauskynnys ja mittausaika.

Blastview on Kalliotekniikka Consulting Engineers Oy:n kehittämä tärinähallintaohjelma, jonka avulla voidaan seurata ympäristön tärinätasoja. Blastview järjestelmää on käytetty jo yli 20 vuoden ajan monissa eri projekteissa. (Kalliotekniikka Consulting Engineers Oy.)

4 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää louhinta- ja maarakennustöistä aiheutuvien tärinöiden riskejä kiinteistöille sekä miten niitä voidaan ennakoida ja arvioida. Louhinta- ja maarakennustöihin sisältyy aina riskejä lähikiinteistöille. Näitä riskejä on tärkeää ennakoida ja arvioida. Tässä työssä keskityttiin kahteen riskien arviointimenetelmään: kiinteistökatselmukset ja tärinämittaukset.

Louhinta- ja maarakennustöitä ohjaavat erilaiset ohjeet, kuten RIL 253-2010. Louhinta- ja maarakennustöistä aiheutuva tärinä on yleensä vakavaa haittaa ja vaikuttaa ympäristöön monella eri tavalla. On huomioitava, että louhinta luokitellaan ankaran korvausvastuun alaiseksi työksi. Siksi tärinän hallintaan tulee aina kiinnittää erityishuomiota, koska sen ennakointi ja huomioiminen ei ole aina helppoa. Rakentamisesta aiheutuvan tärinän hallitsemiseen vaaditaan erikoisasiantuntijuutta. Louhinta- ja maarakennustyöt vahingoittavat suhteellisen harvoin rakenteita, mutta kyllä niinkin välillä käy.

Kiinteistökatselmukset ja tärinämittaukset palvelevat sekä kiinteistön omistajaa ja tilaajaa. Tärinämittausten avulla voidaan ohjata ja valvoa tärinää aiheuttavia töitä. Hyvin ennakkoon toteutetut kiinteistökatselmukset ja tärinämittaukset ovat turvallisuuden ja riskien arvioinnin kannalta avainasemassa. Työmaan valvominen ja mittaustulosten kerääminen työn aikana helpottavat mahdollisten vahinkojen selvittämistä. Tärinämittaustuloksista voidaan jälkikäteen nähdä, ovatko tärinää aiheuttavat työt pysyneet sallituissa rajoissa. Jos kiinteistöihin tai arkoihin laitteisiin tulee vikoja / vaurioita, voidaan niitä verrata aiemmin tehtyihin kiinteistökatselmuksiin ja tärinämittaustuloksiin. Kiinteistökatselmusten ja tärinämittausten tekeminen välillä saa kiinteistön omistajan/ haltijan huolestuneeksi. Usein kiinteistön omistajan/ haltijan havaitsemat viat/ vauriot ovat tulleet jo esille alkukatselmusta tehdessä, ennen louhinta- ja maarakennustöiden aloittamista. Jos louhinta- ja maarakennustyöt ovat vahingoittaneet kiinteistöä, on työtä tehnyt yritys korvausvelvollinen. Työmaan aikana kiinteistöihin mahdollisesti syntyneet vauriot/ viat voivat aiheuttaa erimielisyyksiä kiinteistön omistajan/ haltijan ja tärinää aiheuttaneen yrityksen välillä. Kiinteistökatselmukset ja tärinämittaukset ovat tärkeitä molemmille osapuolille. Tämän takia niissä on hyvä käyttää ulkopuolista konsulttia, joka suorittaa kiinteistökatselmuksen ja tärinämittauksen. Konsultti on juridisesti puolueeton. Katselmuksen suorittava konsultti on usein linkki kiinteistön omistajan/ haltijan ja työmaan välillä. Hyvin toteutettu kiinteistökatselmus ja tärinämittaus luo vankan pohjan työlle ympäristön kannalta.

Tämän opinnäytetyön aihe oli minulle mielenkiintoinen, koska olen päässyt tekemään ja seuraamaan läheltä, miten kiinteistökatselmuksia ja värinämittauksia tehdään. Lisäksi olen nähnyt monia erilaisia louhinta- ja maarakennustyömaita.

Opinnäytetyössä tuli ilmi, että on tärkeää huomioida ja tiedostaa eri louhinta- ja maarakennustöiden aiheuttamat riskit ja vaarat. Olen mielestäni onnistunut kuvaamaan louhinta- ja maarakennustyön aiheuttamat riskit rakenteille/ kiinteistöille värinän näkökulmasta. Olen tuonut tarkemmin esille, miten kiinteistökatselmuksia ja värinämittauksia tehdään sekä mitä niissä on tärkeää huomioida.

Lähteet

Fise. Viitattu 13.5.2025. Saatavissa <https://fise.fi/>

Instantel. Products. Viitattu 12.5.2025. Saatavissa <https://www.instantel.com/>

Jiitee Työt Oy. Viitattu 30.4.2025. Saatavissa <https://jiiteetyot.fi/>

Jääskeläinen, R, T.2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Tammertekniikka/Amk-Kustannus Oy.

Kalliotekniikka Consulting Engineers Oy. Kiinteistökatselmukset. Viitattu 1.5.2025. Saatavissa <https://www.kalliotekniikka.fi/>

P-HÄMPPI 2010-2011. Viitattu 4.4.2025. Saatavissa <https://www.yumpu.com/en/document/view/53137485/p-hamppi-2010-2011>

Pinomäki, T. & Vuento, A. 2023. Räjätys- ja Louhintatyön turvallisuusohje. Työturvallisuuskeskus, rakennusalojen työalatoimikunta. Markprint.

Pöllä, J. & Kärnä, T & Vuolio, R & Paavola, P & Räsänen, H. 1996. Kalliorakentaminen 2000. Espoo: VTT.

Ramirent. Tuotteet. Viitattu 10.5.2025. Saatavissa <https://www.ramirent.fi/>

RIL 253-2010. Rakentamisen aiheuttamat tärinät. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Louhintakonsultit Oy. Tärinämittaukset. Viitattu 5.5.2025. Saatavissa <https://www.louhintakonsultit.com/>

Vuolio, R. & Halonen, T. 2010. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Vuolio, R. & Halonen, T. 2012. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

Vuolio, R. 1991 Räjätystyöt. Suomen maarakentajien keskusliitto.