

Kehotärinän mittaamisen standardiradan testaus



Metsäkoneenkuljettajaan kohdistuvan kehotärinän mittaamiseen on kehitetty yhdenmukainen menettelytapa. Tärinän mittauksen standardi takaa kaikille metsäkoneille samanlaisen mittausalustan. Standardiradan antamat tärinätulokset ovat hyvin yhdenmukaisia laajassa käytännön metsäkonetyössä toteutetun tutkimuksen tulosten kanssa.

Kehotärinän mittauksen standardiradan ja laajan käytännön metsäkonetyössä toteutetun tutkimuksen tärinätulokset ovat hyvin samansuuntaisia. Voidaan perustellusti sanoa, että standardirata jäljittelee tavanomaista metsämaastoa onnistuneesti. Lisäksi se takaa aina samanlaisen mittausalustan. Standardiradan testaamiseen osallistuneiden kuljettajien tuntuman mukaan rata vastasi hyvin normaalia maastoajoa ja ajonopeutta.

Tärinärata on kehitetty Ruotsissa ja se koostuu erilaisista metsämaastolle luonteenomaisten esteiden sarjasta. Rata ajetaan metsäkoneella vakionopeudella, joka jäljittelee normaalia työajonopeutta.

Säädökset määrittelevät työkonien kuljettajien kehotärinän sallitut tasot. On pyrittävä siihen, että altistustasoa mitataan yhdenmukaisesti, ja lisäksi tavalla, joka antaa suoraan viitteitä metsäkoneiden edelleen kehittämiseen.

Kuormatraktoreiden osalta koerata vastasi erittäin hyvin maastotyöskentelyä. Hakkuukoneiden osalta testauksesta puuttui varsinainen hakkuutyö, ja tulokset kuvaavat vain siirtymistä. Tämä näkyy myös verrattaessa maastotyöskentelyn tuloksia koetuloksiin.

Standardiradalla mitatuilla kehotärinän arvoilla kuormatraktorilla voi tehdä noin 8 tunnin työpäivää, jonka jälkeen säädösten raja-arvot ylittyvät. Mittaukset sekä maastossa että koeradalla tehtiin koneiden lattiasta läheltä istuimen kiinnitystä ja istuintyynyiltä. Näistä saatiin lattian ja istuimen tärinäspektrit (tärinän kiihtyvyys eri taajuusalueilla) ja arvio istuimen merkityksestä kuljettajaan kohdistuvaan tärinään.

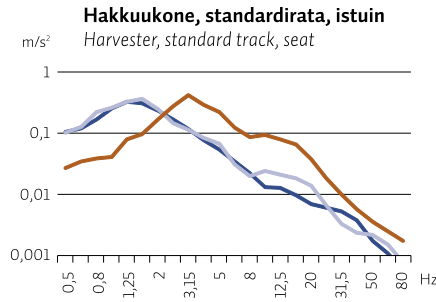
Tärinäspektreistä saadaan lasketuksi kuljettajaan kohdistuva tärinän arvo. Arvo lasketaan kolmesta eri tärinäsuunnasta sovitulla tavalla painottaen, ja sitä verrataan säädöksissä määriteltyihin kiihtyvyyden raja-arvoihin. Kuormatraktorin kuljettajaan kohdistuva tärinäarvo vaihteli standardiradalla tehdyssä tutkimuksessa välillä 0,9–1,1 m/s².

Istuimet toimivat keskimäärin niin, että alle 1 Hz:n ja yli 5 Hz:n taajuusalueilla istuimet vaimensivat pystysuuntaista tärinää verrattuna lattiatärinään, varsinkin korkeilla taajuuksilla hyvinkin merkittävästi. Taajuusalueella 1,6–4 Hz istuimet vahvistivat tärinää, enimmillään kaksinkertaista sen noin 2 Hz:n taajuudella. Yhdessäkään istuimessa ei ollut ns. aktiivista vaimennusta. Aktiivisella vaimennuksella olisi mahdollista vaikuttaa istuimen ominaistajuuteen esimerkiksi muuttamalla ominaistajuutta istuimeen kohdistuvan tärinän mukaan niin, että tärinän vahvistumista ei esiinny.

- Kuormatraktorinkuljettajaan kohdistuvan kokokehotärinän ja lattian keskimääräiset tärinäspektrit standardiradalla ja kenttätutkimuksessa sekä hakkuukoneen kuljettajaan siirtymisessä kohdistuva tärinäspektri standardiradalla taajuusalueella 0,5–80 Hz.**
- Maaommittausten tärinäspektrin vaihtelua loiventavat seuraavat tekijät:
- ajouraa on ajettu useamman kerran
 - on ajettu eri kuormilla
 - osa aineistosta on mitattu talvella
 - rengas- ja telavarustus vaihteli.

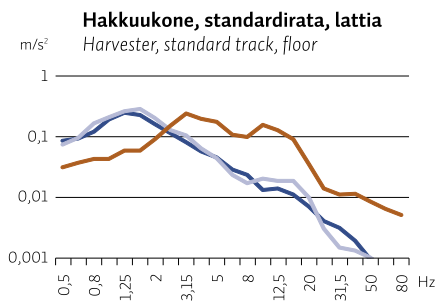
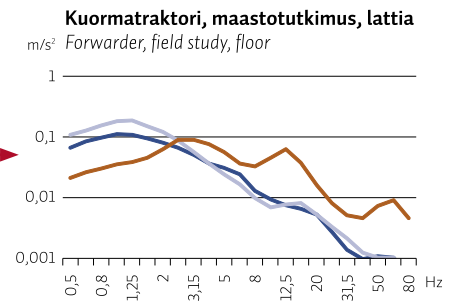
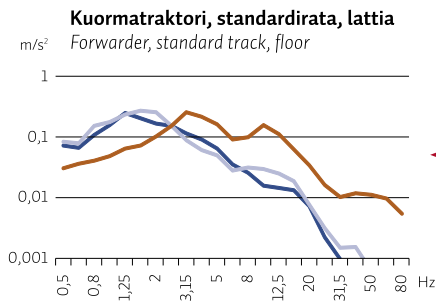
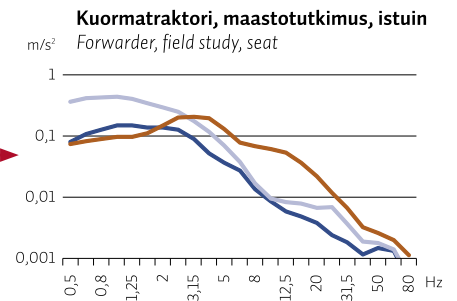
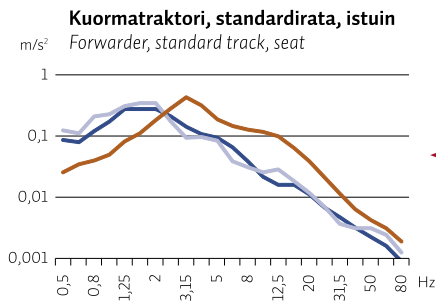
The average vibration spectra of the whole body vibration of the forwarder seat and the floor vibration of the cabin while driving over the standard track and during normal work. Also the vibration spectra of the harvesters' seat while machine is moving. The measured frequency range was from 0.5 to 80 Hz.

- The variation of the vibration spectra during normal work measurements is mild because of
- the same driving trail has been driven several times,
 - the load while driving did vary,
 - some measurements were done in wintertime and
 - the outfit of the wheels and wheel rollers varied.



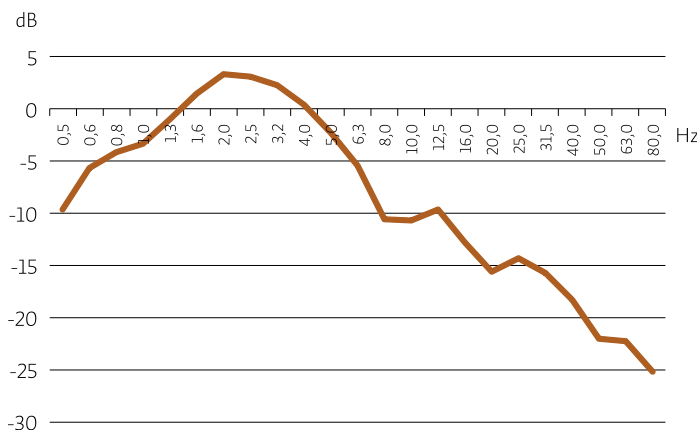
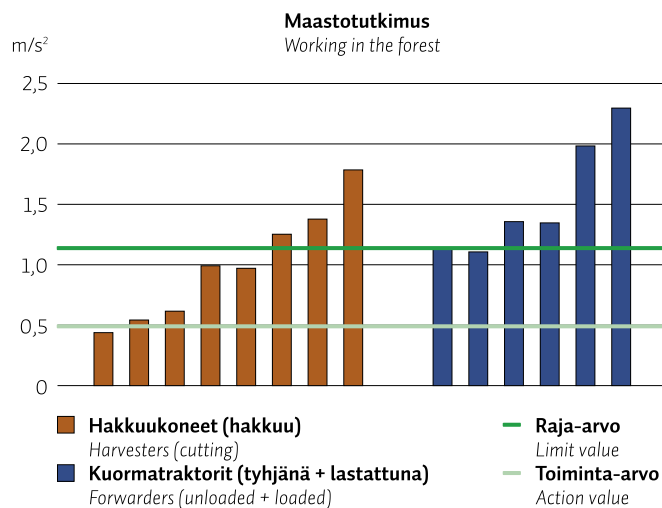
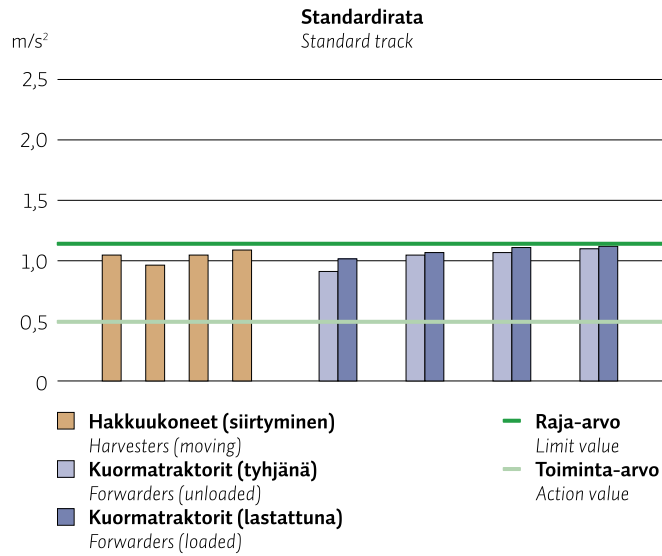
Tärinän suunnat:
X = pitkittäissuunta
Y = sivusuunta
Z = pystysuunta

Direction of vibration:
X = longitudinal
Y = sideward
Z = vertical



Hz: tärinätaajuus, edestakaisten heilahdusten lukumäärä sekunnissa
is frequency, oscillations per second

m/s²: kiihtyvyyttä: 0,1...0,2 vastaa pendolinon kyydin tärinää, 0,2...0,3 vastaavasti vanhemman pikajunan kyytiä
is acceleration, 0,1...0,2 corresponds to vibration exposure of a passenger in a modern train and 0,2...0,3 corresponds to vibration exposure of a passenger an older train



Standardin ISO 2631-1 mukaisesti mitattu metsäkoneenkuljettajaan kohdistuva kehotärinä standardiradalla ja maastotutkimuksessa (istuin).

Työntekijöiden suojeleminen tärinän aiheuttamilta vaaroilta (VNa 48/2005) asettaa kehotärinälle toiminta- ja raja-arvon. Jos toiminta-arvo (0,5 m/s²) ylittyy, syntyy työnantajalle tärinätorjumisohjelman laatimisvelvollisuus. Vastaavasti, jos raja-arvo (1,15 m/s²) ylittyy, on työnantajan ryhdyttävä viipymättä toimenpiteisiin altistumisen alentamiseksi raja-arvon alle.

Tärinätorjunnasta konetyössä on lisätietoa Koneyrittäjien liiton Internet-sivuilla (www.koneyrittajat.fi).

The whole body vibration of the forestry machine operator measured according to standard ISO 2631-1 while driving over the standard track and while working in the forest (seat).

The labour protection regulations concerning whole body vibration dangers (VNa 48/2005) gives action and limit values concerning the whole body vibration. If the action value (0.5 m/s²) is exceeded, the employer is obligated to execute a vibration control program to limit the vibration. Correspondingly, if the limit value (1.15 m/s²) is exceeded, the employer must immediately take actions to lower the vibration exposure.

Metsäkoneiden istuimien keskimääräinen tärinänvaimennuskyky pystysuunnassa standardiradalla.

Istuin vahvistaa tärinää, kun arvo on yli 0 dB ja vaimentaa sitä, kun arvo on sen alle. Tärinän kiihtyvyys kaksinkertaistuu, jos lukema kasvaa 3 dB. Istuimien jousituksen ominaistaajuus on noin 2 Hz.

The average vibration damping of the forestry machine seat in vertical direction while driving over the standard track.

The seat increases the vibration when the value is above 0 dB and the vibration is decreased when the value is below 0 dB. The acceleration of the vibration is doubled when the increase is 3 dB. The resonance frequency of the seats is approximately 2 Hz.

Kirjoittaja

Kari Ojanen & Aki Vähänikkilä, Työterveyslaitos Kuopio
Arto Kariniemi, Metsäteho Oy

Metsäkoneenkuljettajaan kohdistuvan kehotärinän yhdenmukainen mittaaminen varmistettava

Metsäkoneenkuljettajan työoloihin on kiinnitettävä edelleen huomiota. Työn muutos ja uudet toimintamallit vaikuttavat voimakkaasti työn sisältöön ja työssä viihtyvyyteen, mutta perinteinen ergonomia on kuitenkin edelleen keskeinen terveellisen ja turvallisen työuran peruskivi.

Kuljettajan on säädettävä istuin, ja muut metsäkoneen toimintasäädöt, itselleen sopiviksi ja huolehdittava oikeasta työasennosta. Kuljettajan hyvä fyysinen kunto on avainasemassa. Työskentelynopeus on sopeutettava vallitsevan maaston ja työkoneen tärinänvaimennusominaisuuksien mukaiseksi.

Metsäkoneiden tärinän vaimennusta on kehitettävä edelleen. On toki tunnettua, että kun tärinää pienennetään, kuljettajat nostavat ajonopeutta, jolloin tärinäaltistus säilyy entisellään. Työturvallisuus ja -suojelu ovat toisaalta teknisiä innovaatioita, mutta toisaalta työntekijän asennekysymys.

On muistettava, että itse tärinätason lisäksi altistus aika on oleellinen tekijä. Metsäkoneen tärinäaltistus on sallituissa rajoissa noin 8 tunnin työpäivänä testiradalla, maastotutkimuksessa pahimmissa tapauksissa maksimityöaika oli kuitenkin vain noin 3,5 tuntia. Ylipitkät työpäivät yleensä altistavat liian suurelle tärinäkuormitukselle metsäkonetyössä.

Koerata vastasi hyvin metsäkoneilla maastossa ajamisen kuljettajalle aiheuttamaa kehotärinää, erityisesti tärinän taajuuden osalta. Testiradalla saadaan aikaan erittäin hyvin toistettavat olosuhteet tärinän osalta vaatimustenmukaisuuden todentamiseen. Metsäkoneiden kuljettajiin kohdistuvan kehotärinän vertaamiseksi säädöksillä asetettuihin raja-arvoihin riittää sovitusti painotetun suurimman x, y tai z-suuntai-

sen arvon ilmoittaminen. Tämä tieto osoittaa kuitenkin vain sen, täyttääkö kone säädösten vaatimukset.

Toinen, vähintään yhtä merkittävä kehitysaskel on tuotekehityksen tukeminen. Kokeilussa mitattiin vain kahdella kolmeen suuntaan mittaavalla kiihtyvyyssanturilla ohjaamon lattian ja istuimen tärinää. Tuotekehityksen tarpeisiin anturointia voidaan lisätä ja muuttaa. Myöskin käytetty mittaus taajuuskaistoittain auttaa paikallistamaan taajuusalueet, joihin on vaikutettava.

Kokeessa kuvattiin kaikki testiajot videokameralla. Eräitä mielenkiintoisia havaintoja tehtiin kuvauksia tarkastelemalla. Esimerkiksi telien toiminnassa esteitä ylitettäessä, erityisesti esteen päältä laskeuduttaessa, oli erilaisilla teknisillä telirakenteilla selviä eroja. Telin käyttäytyminen vaikuttaa todennäköisesti myös kuljettajaan kohdistuvaan tärinään. Yhdistämällä kuva- ja taajuuskaistoittainen tärinäanalyysi saadaan tehokas tuotekehitystyökalu.

Tärinä tutkimus standardiradalla on toteutettu yhteistyössä Metsäteho Oy:n, Työterveyslaitos Kuopion ja Jämsän seudun ammattiopiston kanssa kesäkuussa 2008 Jämsänkoskella. Tutkimukseen osallistui 4 hakkuukonetta ja 6 kuormatraktoria (työko-
neiden ikä vaihteli välillä 1995–2007). Standardiradan testaamista rahoitti yhteis-
pohjoismainen metsäteknologinen tutkimusyhteistyöelin, Oscar (NSR). Vertailukohtana
olevan maastokoneen on toteuttanut Työterveyslaitos vuonna 2003. Tutkimuksessa
mitattiin 8 hakkuukoneen, 6 kuormatruktorin, 4 kaivinkoneen ja 4 muokkaus-
koneen tärinää tavanomaisen työskentelyn yhteydessä maastossa.

Standardiradan ovat kehittäneet yhteistyössä Ruotsalaiset Skogforsk ja Hultdins
AB. Radan pituus on 50 m, josta maastoa jäljittelevän esteosuuden pituus 28 m ja se
ajetaan läpi useita kertoja vakionopeudella. Radan esteiden korkeudet ovat 15, 25 ja 35
cm. Standardirata on toteutettu jäljitellen Ruotsin maastoluokituksen luokkaa 2, "nor-
maalimaasto" (Terrängtypsschema för skogarbetare, Skogforsk).

The consistent measurements of the whole body vibration of the forestry machine operator must be ensured

Driving on the test track simulated driving in forest quite well, especially the vibration spectra were quite similar. Also, very repeatable conditions can be achieved by using the test track to verify the conformance of forestry machines to the whole body vibration regulations. It is also important to

support the production development of forestry machines by vibration measurements. This measuring method combined with the video recording gives good possibilities to decrease the vibrations of these machines.