

# LATTIANPÄÄLLYSTEEN ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN PARANNUSVAIKUTUS CLT-VÄLIPOHJILLA

Saveli Valjakka, Jesse Lietzén, Mikko Kylliäinen, Sami Pajunen  
Tampereen Yliopisto

## Tiivistelmä

Lattianpäällysteen askelääneneristävyuden parannusvaikutus  $\Delta L$  kuvaa päällysteen kykyä alentaa välipohjan alapuolelle syntyvää askeläänitasoa. Perinteisesti  $\Delta L$  määritetään lattianpäällysteelle, kuten muovimatolle, laminaatille tai parketille, laboratoriomittauksin standardin ISO 10140 mukaisesti. Päällysteiden  $\Delta L$ -arvon mittaukseen on vaihtoehtona standardin ISO 16251-1 mukaan mock up -järjestelmällä tehtävät mittaukset. Standardinmukaisten mittausten ongelmien ongelma puuvälipohjien näkökulmasta on kuitenkin se, että sekä laboratorio- että mock up -mittaukset on tehty betonivälipohjilla, vaikka standardi ISO 10140 esittää myös puuvälipohjia vaihtoehtoisiksi kantaviksi laboratoriorakenteiksi. Toisaalta ei ole tietoa siitä, voiko puuvälipohjien askelääneneristävyuden laskennassa käyttää suoraan näitä mittaustuloksia. Tässä artikkelissa esitetään CLT-välipohjalla saatuja mittaustuloksia lattianpäällysteiden askelääneneristävyuden parannusvaikutuksesta  $\Delta L$ . Mittaukset tehtiin puuvälipohjilla mukailien standardia ISO 16251-1. Tuloksia vertailtiin standardinmukaisten mittausten avulla betonivälipohjilla saatuihin tuloksiin.

## 1 JOHDANTO

Lattianpäällysteellä tarkoitetaan ala- tai välipohjarakenteen päälle asennettavaa pintamateriaalia, jonka tarkoitus on toimia käytännöllisenä ja esteettisenä alustana kyseisessä tilassa. Akustiikan kannalta lattianpäällysteiden avulla voidaan tehokkaasti parantaa lattia-rakenteen askelääneneristävyttä, koska ne vaimentavat kantavaan rakenteeseen kohdistuvia iskuja. Lattianpäällysteen askelääneneristävyuden parannusvaikutus ( $\Delta L$ ) kuvaa päällysteen kykyä alentaa sekä välipohjaan suoraan kohdistuvaa askeläänihäritettä että sen alapuolelle syntyvää askeläänitasoa.  $\Delta L$  on taajuuden funktio ja kuvaa desibeleinä lattianpäällysteiden parannusvaikutusta päällystämättömän lattian eli raakavälipohjan askelääneneristävyteen verrattuna. Tyypillisiä lattianpäällysteitä ovat muovimatot, tekstiilimatot ja parketit tai laminaatit joustavine alusmateriaaleineen. Näistä asuinrakennuksissa käytetään erityisesti muovimattoja sekä laminaattia ja parkettia alusmateriaaleineen.

Muovimaton askelääneneristävyuden parannusvaikutus perustuu sen kykyyn vaimentaa suoraan lattiaan kohdistuvaa iskuja. Sen sijaan parketti tai laminaatti alusmateriaaleineen toimii kelluvan rakenteen tapaan, jolloin rakenne muodostaa kantavan rakenteen kanssa eräänlaisen massa-jousi-massajärjestelmän. Järjestelmä alentaa raakavälipohjaan kohdistuvaa askeläänitehoa. Puuvälipohjien askelääneneristävyuden kannalta erityisen oleellista on se, että lattianpäällysteen  $\Delta L$  riippuu raakavälipohjan ominaisuuksista. Tämän takia



© 2019 Saveli Valjakka, Jesse Lietzén, Mikko Kylliäinen ja Sami Pajunen. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Ei sovitettu -lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisiteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

betonivälipohjalla määritettyä askelääneneristävyyden parannusarvoa ei välttämättä voida suoraan käyttää puuvälipohjan askelääneneristävyyden arvioinnissa [1].

Lattianpäällysteen  $\Delta L$  määritetään tyypillisesti standardin ISO 10140 [2] mukaisesti laboratoriomittauksin tai vaihtoehtoisesti standardin ISO 16251-1 [3] mukaan betonirakenteisella mock up -järjestelmällä. Standardin ISO 10140 mukaiset mittaukset tehdään usein betonirakenteisilla välipohjilla, vaikka standardi esittää vaihtoehtoisiksi raakavälipohjiksi myös puurakenteita. Standardi ISO 16251-1 taas ei toistaiseksi sisällä mittauksia puuvälipohjalla. Näin ollen puuvälipohjilla mitattuja lattianpäällysteen  $\Delta L$ -tuloksia ei yleensä ole saatavilla. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää lattianpäällysteiden  $\Delta L$ :n lukuarvon eroa puu- ja betonivälipohjilla. Tässä artikkelissa käsitellään lattianpäällysteiden parannusvaikutusta ristiinlaminoidulle puuvälipohjalle (CLT).

## 2 MITTAUKSET

### 2.1 Menetelmä ja mittaukset

Standardin ISO 10140 mukaisin laboratoriomittauksin välipohjaan asennetusta lattianpäällysteestä määritetään sen askelääneneristävyyden parannusvaikutus  $\Delta L$  käyttäen äänilähteenä askeläänikojetta. Mittauksissa mitataan äänitasot välipohjan alapuolisessa tilassa askeläänikojeen toimiessa raakavälipohjalla ja kun raakavälipohjan päälle on asennettu lattianpäällyste, jonka  $\Delta L$  halutaan selvittää.  $\Delta L$  on käytännössä laboratoriomittausten äänitasoero, kun mittaukset toistetaan ilman lattianpäällystettä ja sen kanssa.

Standardin ISO 16251-1 mukaisessa mock up -järjestelmällä tehdyssä mittauksessa  $\Delta L$  määritetään 1200x800x200 mm<sup>3</sup> kokoisen betonilaatan päälle asennetusta lattianpäällysteestä. Askeläänikoje toimii tässä mittauksessa askeläänilähteenä ja sen aiheuttama heräte saa välipohjan värähtelemään. Tästä värähtelystä mitataan välipohjan alapinnasta värähtelytasoja, joista saadaan lopulta laskemalla lattianpäällysteelle  $\Delta L$ .  $\Delta L$  muodostuu eri mittauspositioiden erotusten keskiarvoista, kun raakavälipohjasta saaduista värähtelytasosta vähennetään lattianpäällysteellä varustetun saman välipohjan värähtelytasot.

ISO 16251-1 standardi perustuu Sommerfeldin 2009 [4] esittämään mittausmenetelmään. Menetelmän tarkoitus oli esittää yksinkertainen menetelmä  $\Delta L$ :n mittaamiseksi vaihtoehtoksi laboratoriomittaustandardille. Tutkimukset [5–8] osoittavat, että standardilla esitetyllä menetelmällä saadut tulokset vastaavat laboratoriomittauksissa saatuja tuloksia. Sommerfeld esitti tutkimuksessaan myös, että mittausmenetelmää voisi käyttää puurakenteisella mock upilla. Mittauksissaan hän käytti ripalaattaa ja siitä saadut tulokset vastasivat melko hyvin ISO 10140 -standardin mukaisessa laboratoriomittauksissa saatuja tuloksia vastaavalle välipohjalle.

Tässä tutkimuksessa määritettiin lattianpäällysteiden  $\Delta L$  CLT-välipohjalla mukaillen standardia ISO 16251-1. Tuloksia vertailtiin standardin ISO 16251-1 mukaisten mock up -mittausten tuloksiin betonilaatalla. Standardista ja Sommerfeldin artikkelista poiketen mittauksissa käytetyn CLT-välipohjan dimensiot olivat 2400x2700 mm<sup>2</sup> jännevälin ollessa 2700 mm. Mittausolosuhteet kuvaavat näin paremmin asuintilassa vallitsevaa tilannetta. Mittauksista saaduista värähtelytasosta määritettiin lattianpäällysteen askelääneneristävyyden parannusluku  $\Delta L$ .

Mittauksissa äänilähteenä oli askeläänikoje.  $\Delta L$  mitattiin kiihtyvyyssanturien avulla muovimatolle ja parketille. Raakavälipohja mittauksissa oli 3-kerroksinen 100 mm paksu ris-

tiinlaminoitu puulevy (CLT). Tämän päälle asennetut lattianpäällysteet olivat 3 mm paksu pehmeän muovimatto, jonka dynaaminen jäykkyys  $s'$  oli n. 2280 MN/m<sup>3</sup> sekä 14 mm paksu lautaparketti, jonka alla oli alusmateriaalina 3 mm paksu parketinalusmatto, jonka dynaaminen jäykkyys  $s'$  oli n. 65 MN/m<sup>3</sup>.

Mittauksissa askeläänikojeen eri paikkoja oli 5 ja kiihtyvyyssantureiden paikkoja 5. Kiihtyvyyssantureista suoraan askeläänikojeen alla olevaa mittaustenturia ei käytetty mittausten aikana. Askeläänikojeen toimiessa rakenteen värähtelytasoja mittasi 4 anturia kojepaikka kohden. Yhteensä mittaustuloksia saatiin yhdelle välipohjalle siis 20. Mittaukset tehtiin standardin ISO 16251-1 mukaisesti. Mitatut kiihtyvyyssignaalit suodatettiin 1/3-oktaavikaistasuotimin taajuusalueella 50–5000 Hz. Kullekin taajuuskaistalle määritettiin rms-kiihtyvyyssastot, jotka taustakorjattiin vastaavalla tavalla mitattujen taustakiihtyvyyssastojen avulla standardin mukaan.

## 2.2 Vertailumittaukset

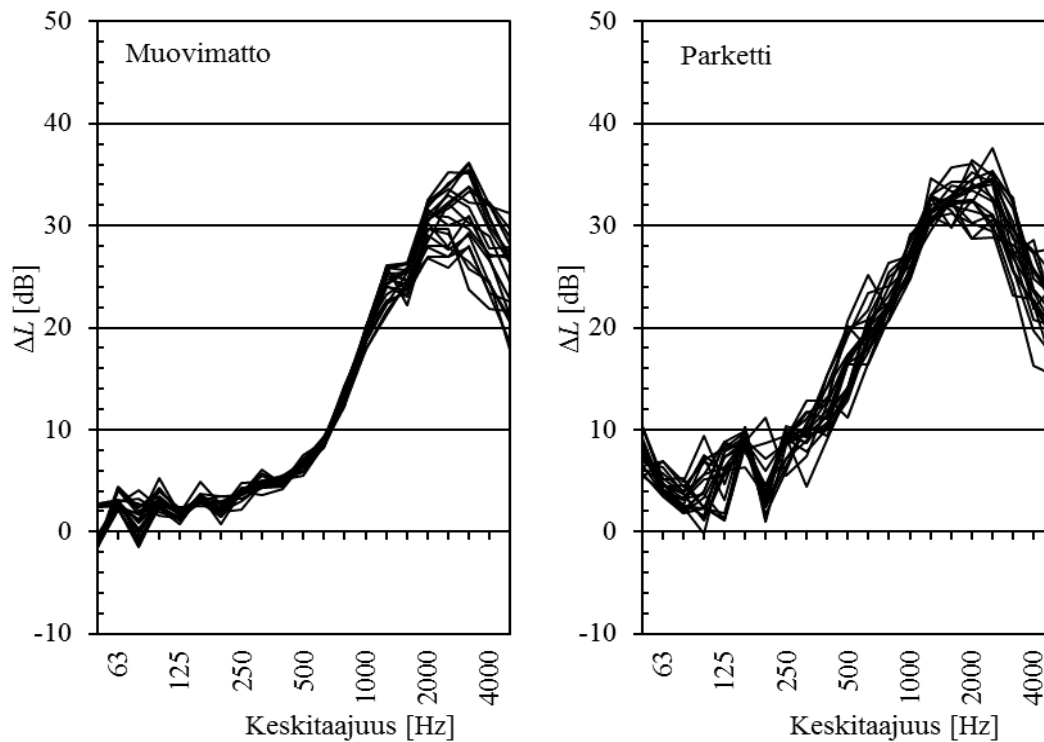
Puuvälipohjilla tehtyjen mittausten vertailukohdaksi tehtiin myös erilliset standardin ISO 16251-1 mukaiset mock up -mittaukset standardissa esitetyn kokoisella 1200x800x200 mm<sup>3</sup> betonivälipohjalla. Mittauksissa käytettiin samoja lattianpäällysteitä kuin puuvälipohjilla tehdyissä mittauksissa, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia keskenään. Lattianpäällysteet leikattiin betonilaatan kokoisiksi ja ne asennettiin betonilaatan päälle samalla tavalla kuin puuvälipohjalle. Mittaukset tehtiin Turun AMK:n akustiikkalaboratoriossa.

Puuvälipohjan värähtelytasojen lisäksi oltiin aikaisemmassa tutkimuksessa [9] selvitetty  $\Delta L$ -arvoja herätevoiman perusteella tehdyistä mittauksista. Kyseisessä tutkimuksessa on tarkemmin esitetty mittausten menetelmä sekä Vérin esittämä tapa määrittää  $\Delta L$  herätevoimasta [10]. Herätevoiman mittaukset tehtiin samalla CLT-välipohjalla kuin tässä tutkimuksessa esitetyt standardin ISO 16251-1 mukaiset mittaukset. Vertailussa käytettiin lattianpäällysteenä pelkästään muovimattoa.

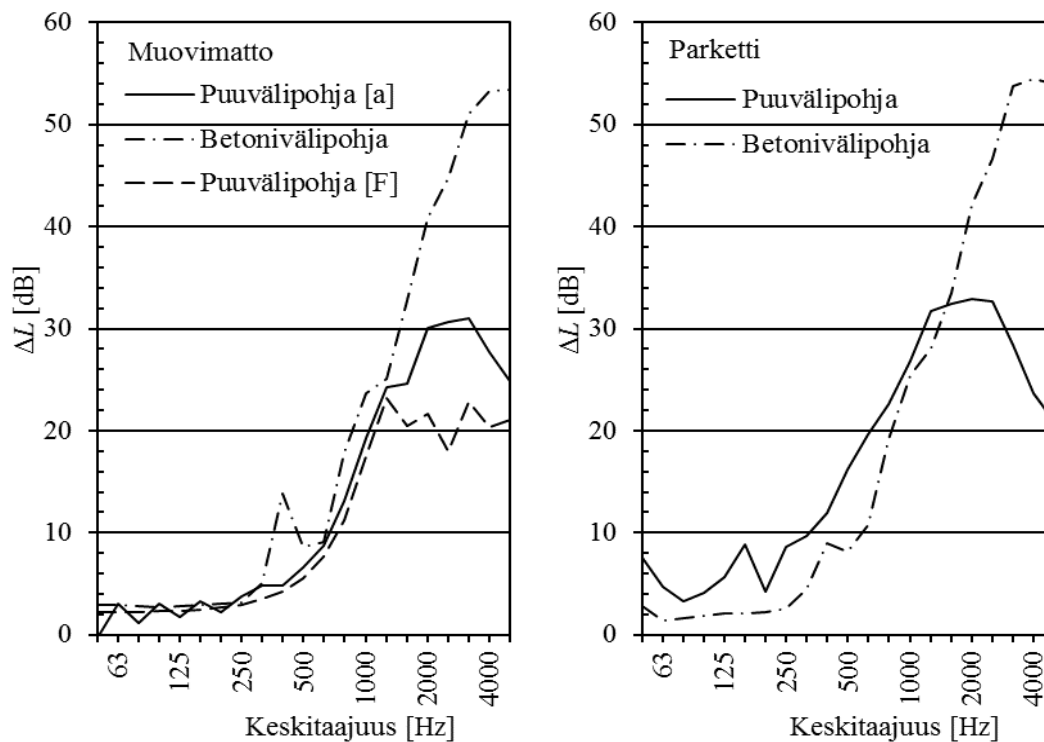
## 3 TULOKSET

CLT-välipohjalla tehtyjen  $\Delta L$ -mittausten tulokset jokaisesta yksittäisestä mittauspisteestä muovimatolla ja parketilla alusmateriaaleineen on esitetty kuvassa 1. Kuvan 1 tuloksista muodostettiin lopuksi keskiarvokäyrä, joka kertoo lattianpäällysteen  $\Delta L$ -arvon.

Mittaustuloksia vertailtiin mock up -betonivälipohjalla tehtyihin mittauksiin. Kuvassa 2 on esitetty standardien ISO 16251-1 mukaisten mittaustulosten lisäksi tulokset muovimaton  $\Delta L$ -arvoille määritettynä askeläänikojeen herätevoiman perusteella [9]. Vertailu näiden kolmen mittauksen välillä on esitetty kuvassa 2.



**Kuva 1.**  $\Delta L$ -mittausten tulokset eri mittausasetelmissä. Vasemmalla CLT-välipohjan päällä muovimatto, oikealla CLT-välipohjan päällä parketti.



**Kuva 2.** Betoni- ja CLT-välipohjilla tehtyjen  $\Delta L$ -mittausten tulosten vertailua. Vasemmalla lattianpäällysteenä muovimatto ja oikealla parketti. Vasemmanpuoleisessa kuvaajassa [a] tarkoittaa välipohjan värähtelytasosta laskettua  $\Delta L$ -lukua ja [F] askeläänikojeen herätevoiman perusteella laskettua  $\Delta L$ -lukua [9]. Betonivälipohjien  $\Delta L$ -luku on laskettu välipohjan värähtelytasosta.

## 4 TULOSTEN TARKASTELU

Muovimatton käyräparvesta (kuva 1) voidaan huomata, että sen muoto on yhtenäinen jokaisella mittaustuloksella.  $\Delta L$  kasvaa tasaisesti 1250 Hz keskitaaajuuteen asti. Tämän jälkeen  $\Delta L$ -arvon nousu pysähtyy ja hieman laskee suurilla taajuuksilla (2000–5000 Hz). Tuloksista voidaan nähdä, että muovimatolla on parannusvaikutusta pienilläkin taajuuksilla. Käyräparven hajonta on vähäistä pienillä taajuuksilla 50–1000 Hz. Suurilla taajuuksilla (2000–5000 Hz) hajonta on suurempaa.

Myös parketin käyräparven muoto on yhtenäinen eri mittaustuloksilla.  $\Delta L$  kasvaa tasaisesti 1250 Hz keskitaaajuuteen asti ja  $\Delta L$ -arvon nousu pysähtyy ja hieman laskee suurilla taajuuksilla (2000–5000 Hz). Parketin parannusvaikutus pienillä taajuuksilla on jopa suurempi kuin muovimatolla. Parketilla tehtyjen mittausten tuloksista voidaan nähdä, että käyräparvi on tasaisesti hajanainen, mutta silti yhtenäinen kaikilla taajuuksilla. Parketilla näkyy myös selkeä ominaistaaajuus keskitaaajuudella 200 Hz.

Tuloksista (kuva 2) voidaan nähdä, että muovimatton tapauksessa  $\Delta L$ -käyrät nousevat tasaisesti ja käyttäytyvät lähes samalla tavalla 50–1250 Hz taajuuksilla. 1250–5000 Hz taajuuksilla CLT-välipohjan tuloksista voidaan nähdä, että ne kääntyvät tasaisesti vaihtelevaan 19–31 dB välillä, kun taas betonivälipohjan  $\Delta L$ -luku jatkaa tasaista nousua 52 dB asti. Betonivälipohjalla tehdyissä mittauksissa näkyy myös selkeä piikki 400 Hz keskitaaajuuden kohdalla.

Parketin tapauksessa CLT-välipohjan  $\Delta L$ -arvot olivat 2–5 dB paremmat 50–1250 Hz taajuuksilla kuin betonivälipohjalla. 1250–5000 Hz tapahtuu  $\Delta L$ -arvon samantapainen tasoittuminen CLT-välipohjalla kuin muovimatolla, kun taas betonivälipohjan  $\Delta L$ -arvo jatkaa tasaista nousua. Lisäksi näyttää siltä, että puuvälipohjilla parannusvaikutus alkaa 200 Hz jälkeen, mutta betonivälipohjilla parannusvaikutus alkaa 315 Hz jälkeen. Tämä ilmiö viittaa kelluvan rakenteen eri ominaistaaajuuteen.

Lattianpäällysteistä muovimatton  $\Delta L$ :n käyttäytymistä eri raakavälipohjien päällä on tutkittu muun muassa Saksassa [11, 12] ja Kanadassa [13]. Tutkimuksissa vertailtiin  $\Delta L$ :n arvoja puu- ja betonivälipohjilla eri taajuuksilla. Niiden mittaustuloksista on huomattavissa tätä tutkimusta vastaavia eroavaisuuksia  $\Delta L$ :n käyttäytymisessä betoni- ja puuvälipohjien välillä. Lattianpäällysteen ollessa muovimatto päällysteen  $\Delta L$  puuvälipohjilla vastasi betonivälipohjilla saatuja tuloksia taajuusalueella 50–1250 Hz. Tämän jälkeen  $\Delta L$  tasoittui puuvälipohjilla käytännössä tasaiseksi käyräksi 1250–5000 Hz taajuuksilla, kun taas betonivälipohjien tapauksessa  $\Delta L$  jatkoi tasaisesti kasvua suuremmilla taajuuksilla. Ilmiö johtuu todennäköisesti siitä, että suurilla taajuuksilla betonivälipohjilla herätevoima kasvaa, kun taas puuvälipohjilla se pienenee [9]. Vaikuttaakin siltä, että lattianpäällysteen  $\Delta L$ :n arvossa on puuvälipohjilla jokin tietty rajataajuus betonivälipohjiin verrattuna.

Muovimatosta poiketen  $\Delta L$ :n lukuarvo parketeilla on pienemmällä taajuuksilla (50–1250 Hz) hieman suurempi puuvälipohjilla kuin betonivälipohjilla. Tutkimustuloksia asiasta on vain muutamia [1, 13–15]. Vaikuttaakin siltä, että parketin alle asennettava alusmateriaali saa lattianpäällysteen käyttäytymään kelluvan rakenteen tavoin. On hyvä kuitenkin ottaa huomioon, että kelluvissa rakenteissa vaikutus on suurempi [16]. Zeitler arvioi tämän johtuvan puuvälipohjan massalisäyksestä [16]. Massalisäys on pintarakenteen, eli kelluvan levyn tuoman lisämäärän parannusvaikutus askelääneneristävyyteen.

Mittausten tulokset ovat samassa linjassa näiden kirjallisuudessa esitettyjen ilmiöiden kanssa.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

CLT- ja betonivälipohjilla tehtyjen standardin ISO 16125-1 mukaisten  $\Delta L$ -mittausten tuloksista voitiin muovimatolla havaita selkeästi kaksi asiaa. Ensimmäiseksi voidaan todeta, että  $\Delta L$ -käyrä tottelee puuvälipohjilla samanlaista trendiä pienillä taajuuksilla (50–1250 Hz) kuin betonivälipohjillakin. Toiseksi vaikuttaa siltä, että CLT-välipohjilla  $\Delta L$ -arvon kasvulla on rajataajuus betonivälipohjiin verrattuna. Näiden mittausten perusteella se näyttäisi olevan n. 1250 Hz keskitaajuuden kohdalla. Tämän jälkeen  $\Delta L$ -käyrä ei enää kasva toisin kuin betonivälipohjalla.

Parketin käyttäytyminen puuvälipohjalla erosi betonivälipohjasta selkeämmin kuin muovimaton tapauksessa. Parketti näyttäisi toimivan kelluvan rakenteen tavoin antaen parketin  $\Delta L$ -luvulle parannusta myös pienillä taajuuksilla (50–1250 Hz). Muuten  $\Delta L$ -käyrä seuraa samantyyppistä trendiä kuin muovimatollakin. Rajataajuus on samassa 1250 Hz kohdassa.

Näiden havaintojen pohjalta voidaan todeta myös, että betonivälipohjilla saadut  $\Delta L$ -tulokset eivät päde suurilla taajuuksilla puuvälipohjilla. Tulosten perusteella muovimaton tuloksia voitaisiin käyttää alle rajataajuuden, koska vastaavuus on melko hyvä. Voidaan myös todeta, että tämä taajuusalue on puuvälipohjien kannalta erityisen tärkeä, koska usein pienet taajuudet määräävät puuvälipohjan askelääneneristävyyden. Parketin osalta näytti siltä, että tällaista vastaavuutta ei ollut.

Mittausten perusteella voidaan myös todeta, että mock up -mittauksia voidaan tehdä puuvälipohjillakin.

## KIITOKSET

Kirjoittajat kiittävät rakennusmateriaalit lahjoittaneita Christian Berner Oy:tä, Saint-Gobain Finland Oy:tä, Stora Enso Oy:tä ja Upofloor Oy:tä sekä Valteri Hongistoa ja Pekka Saarista (TuAMK), jotka suorittivat standardin ISO 16251-1 mukaiset vertailumittaukset.

## LÄHTEET

- [1] Latvanne P. 2015. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet ja laskentamallit. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikka.
- [2] SFS-EN ISO 10140:2010 Acoustics – Laboratory Measurements of Sound Insulation of Building Elements.
- [3] SFS-EN ISO 16251-1:2014 Acoustics – Laboratory Measurement of the Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Coverings on a Small Floor Mock-up – Part 1: Heavyweight Compact Floor.
- [4] Sommerfeld M. 2009. A Simplified Measurement Method for the Determination of Impact Sound Reduction. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Germany.

- [5] Foret R., Chéné, J-B., Guigou-Carter C. 2011. A Comparison of the Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Coverings Measured Using ISO 140-8 and ISO/CD 16251-1. Forum Acusticum 27<sup>th</sup> June – 1<sup>st</sup> July 2011, Aalborg, Denmark.
- [6] Pereira A., Godinho L., Mateus D., Ramis J., Branco F. G. 2013. Assessment of a Simplified Experimental Procedure to Evaluate Impact Sound Reduction of Floor Coverings. *Applied Acoustics* 79 (2014), p. 92-103.
- [7] Schmidt J-H., Wittstock V., Langer S. C. 2014. Uncertainties and Validation Procedures for the Compact Measurement Setup. *Inter Noise* 16-19 November 2014, Melbourne, Australia.
- [8] Bjor O.-H. 2010. Simplified Measurement of the Reduction of Transmitted Impact Noise by Floor Coverings, *Proc 2010 BNAM 2010 – Bergen*.
- [9] Lietzén, J., Kylliäinen, M., Miettinen, J. & Pajunen, S. 2019. Askeläänikojeen aiheuttama herätevoima puuvälipohjilla. Oulu, Akustiikkapäivät, 28.-29.10.2019.
- [10] I. L. Vér: Impact noise isolation of composite floors. *Journal of the Acoustical Society of America* 50 (1971) 1043-1050.
- [11] Scholl W., Maysenhölder W. 1999. Impact Sound Insulation of Timber Floors: Interaction between Source, Floor Coverings and Load Bearing Floor. Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart.
- [12] Schmitz A. 2000. Comparison of Impact Sound Insulation Measurements of Floor Coverings Using Different Floor Types and Excitation Sources. The 29<sup>th</sup> International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 27-30 August 2000, Nice, France.
- [13] Warnock A. C. C. 2000. Impact Sound Measurements on Floors Covered with Small Patches of Resilient Materials or Floating Assemblies. Internal Report (National Research Council Canada. NRC Institute for Research in Construction); no. IRC-IR-802.
- [14] Pereira A., Mateus D., Godinho L., Moteiro S., Dias A. 2016. Evaluation of Impact Sound Reduction of Floor Coverings on Timber and Timber-Concrete Floors Using Vibration Measurements. *EuroRegio2016*, June 13-15, Porto, Portugal.
- [15] Späh, M., Liebl, A., Leistner, P. 2013. Measurements in the Laboratory and in Single Family Houses, *AcuWood report No. 1*. Sweden, SP Technical Research Institute of Sweden, Report 2014:14.
- [16] Zeitler B., Sabourin I., Schneider M. 2017. On the Relevance of Impact Source Impedance at Low Frequencies – Part 2: Floors with Floating Toppings. 24<sup>th</sup> International Congress on Sound and Vibration, 23-27 July 2017, London.