

Absorptiosuhteen riippuvuus materiaali- parametreista

David Oliva, Henna Häggblom, Jukka Keränen, Petra Virjonen ja Valteri Hongisto

Tiivistelmä. Absorptiosuhde määritettiin usealle materiaalille, sisältäen mm. monikerrosrakenteet, jotta saatiin tietoa absorption perusteista sekä pystyttiin vertailemaan eri absorptiomallien tarkkuuksia. Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää yksinkertainen absorptiomalli, jolla voidaan tarkasti ennustaa erilaisten monikerrosrakenteiden absorptiosuhde.

Avainsanat: huoneakustiikka, materiaali, absorptio

Johdanto

Materiaalipinnan akustinen absorptiosuhde α on meluntorjuntasuunnittelussa yleisimmin tarvittava parametri. Kaikilla materiaaleilla on määritettävissä absorptiosuhde. Arvo voi vaihdella 0 ja 1 välillä. Absorptiosuhde kertoo, kuinka suuren suhteellisen osan pintaan osuneesta äänitehosta materiaali kykenee absorboimaan.

Absorptiosuhteen riippuvuutta eri materiaaliparametreista on kuvattu useassa kirjallisuuslähteessä joko periaatteellisella tasolla, mittaustuloksilla tai mallilaskelmilla. Myös internet on tulvillaan tuotevalmistajien testituloksia. Tiedot ovat kuitenkin hajallaan ja epäyhteismitallisia. Mittaustulokset ovat uskottavimpia lähteitä mutta eri lähteistä saatava tieto perustuu eri mittausten menetelmiin. Tutkitut materiaalit on usein dokumentoitu puutteellisesti, jolloin tuloksilla ei ole tieteellistä käyttöarvoa. Kirjallisuuden pohjalta ei voi laatia laadukasta yhteenvedoa siitä, miten materiaaliparametrit vaikuttavat absorptiosuhteeseen.

Työterveyslaitoksella on tavoitteena kehittää yksinkertainen ennustemalli, jolla voidaan arvioida monikerroksisen absorptiomateriaalin absorptiosuhde. Aluksi keskitytään normaalin tulokulman absorptiosuhteeseen α_0 . Malli on tarkoitettu kehittämään tai valita aiemmin julkaistujen absorptiomallien pohjalta. Niitä ei ole kuitenkaan vertailtu, joten niiden soveltuvuudesta ei voi mennä takuuseen ilman validointia. Esimerkiksi levyrakenneseinien ilmaääneneristävyden ennustemalleissa on havaittu valtavaa hajontaa vaikka kysymys olisi hyvinkin yksinkertaisesta rakenteesta[1]. Arvion mukaan myös absorptiomallien kesken on hajontaa.

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe koostui laajasta mittaussarjasta, joka on saatu pääosin päätökseen. Mittaussarjaa hyödynnetään jatkossa tarkimman ja monipuolisimman mallin valinnassa ja kehittämisessä. Tuloksilla on käyttöä myös sellaisenaan tuotekehityksessä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on esittää joidenkin perusparametrien vaikutusta äänen absorptiosuhteeseen. Tulokset on tarkoitettu julkaista laajemmassa muodossa myöhemmin.

Materiaalit ja menetelmät

Absorptiosuhde määritettiin impedanssiputkella (Bruel&Kjaer 4206) ISO 10534-1998 mukaan. [2] Äänianalyysit tapahtuivat kaksikanavaisella reaaliaika-analysaattorilla (Norsonic RTA 840-2). Käytetyn mittausputken dimensiot sallivat tuloksien esittämisen kolmasosaoktaavikaistoilla 125-2500 Hz. Materiaalien virtausresistiivisyys määritettiin ISO 9053:1991(E) mukaan aikaisemmin kuvatulla menetelmällä. [3]

Tutkitut näytteet koostuivat karkeasti ottaen seuraavista materiaaleista:

- huokoiset levyt, pääasiassa eri tiheyksiset mineraalivillat pinnoitettuna ja ilman
- reikäpellit, teräs 0.7 mm, reikäkoot 1.3 mm ja 4.0 mm, rei'ityssuhteet välillä 1-35 %
- kipsipohjaiset 13 mm paksut reikälevyt, erilaisia rei'ityssuhteita
- levyresonaattorit; materiaaleina muovikalvo ja rakennuslevyjä
- edellisten yhdistelmiä

Kaikki näytteet tutkittiin alaslaskuilla 0, 50, 100, 200 ja 400 mm. Mittauksia tehtiin 327 kpl.

Tutkimukset tehtiin käyttäen 63.5 mm halkaisijaltaan olevia pyöreitä näytteitä. Näytteiden asentamiseen ja tiivistämiseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Mittaukset tehtiin aina kahdesti virheellisen asennuksen paljastamiseksi. Suurin osa näytteistä tehtiin vesileikkaamalla.

Tulokset

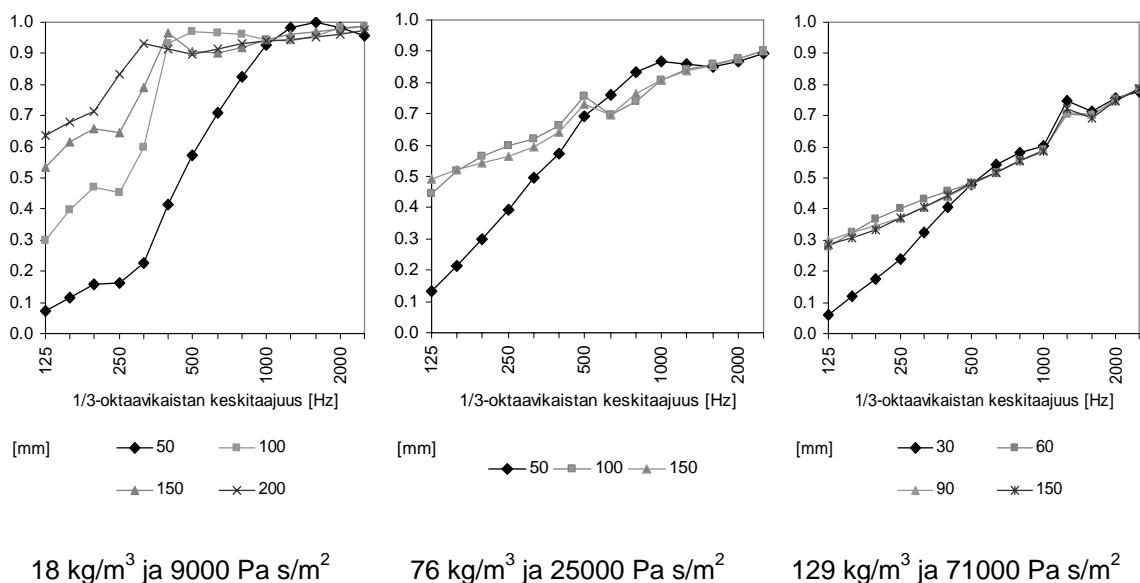
Tuloksia on esitetty kuvissa 1-8. Kuvissa esitetään normaalin tulokulman absorptiosuhde α_0 . Lasivillalle saadut tulokset vastaavat kirjallisuudessa saatuja tuloksia. Tiheyden kasvaessa absorptiosuhde heikkenee. Materiaalin paksuutta kasvattamalla absorptiosuhde kasvaa. Riittävän tiheällä villalla ilmiö ei kuitenkaan enää päde suurilla taajuuksilla. Alaslasketun villan paksuuden kasvattaminen yli 50 millimetrin tuottaa melko vähän lisähyötyä.

Reikälevyjä käytetään usein huokoisten absorptiomateriaalien mekaanisena suojana. Ohuen reikäpellin rei'itysprosentti vaikuttaa voimakkaasti sen takana olevan villan absorptiosuhteeseen suurilla taajuuksilla. Jos rei'itysprosentti on 15 % tai suurempi, reikälevy ei heikennä taustamateriaalin absorptio-ominaisuuksia tarkastellulla taajuusalueella. Reikäkoolla 1.3 mm ja 4.0 mm saatiin samanlaiset tulokset, kun rei'itysprosentti oli 15 % tai yli. Jos reikälevyn takana on ilma, reikälevyn Helmholtz-resonanssi tulee voimakkaasti esiin. Resonanssiabsorption voimakkuus heikkenee rei'itysprosentin kasvaessa. Jos reikälevyn takana on villa, tuloksena on Helmholtz-resonanssin ja villan resistiivisyyteen perustuvan absorptioon yhdistelmä.

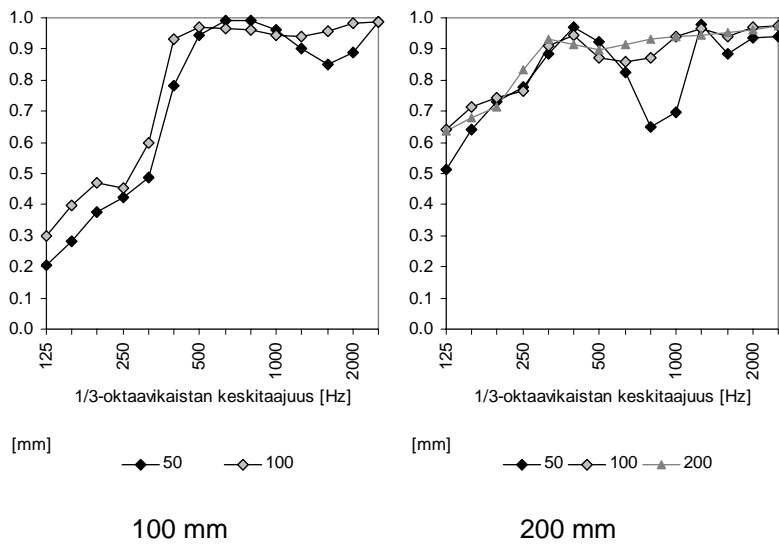
Höyrinsulkumuovin asettaminen mineraalivillan päälle tulee usein kyseeseen julkisivurakenteissa. Menettely heikentää oleellisesti suurten taajuuksien absorptiosuhdetta. Mielenkiinnon vuoksi on esitetty myös tulos höyrinsulkumuovilla kun taustalla on pelkkää ilmaa. Muovi toimii tehokkaana levyresonaattorina. Höyrinsulkumuovin haittavaikutukset äänenabsorptiolle voidaan eliminoida sijoittamalla muovi hieman mineraalivillan sisäpuolelle. Julkisivurakenteen kosteudeneristysominaisuudet eivät kärsi, jos muovikalvon upotus on korkeintaan 1/4 lämmöneristeen kokonaisvahvuudesta.

Kipsistä tehdyn reikälevyn absorptiosuhde riippuu voimakkaasti taustalla olevan ilmapäin paksuudesta. Jos ilmapäin on villatäyte, paksuusriippuvuus häviää melkein kokonaan. Reikälevyissä on valmiina resistiivisyyden lisäämiseksi ohut huopa. Jos se otetaan pois, ja ilmapäin on villatäyte, lopputulos muistuttaa reikäpellillä peitetyllä villalla saatuja tuloksia.

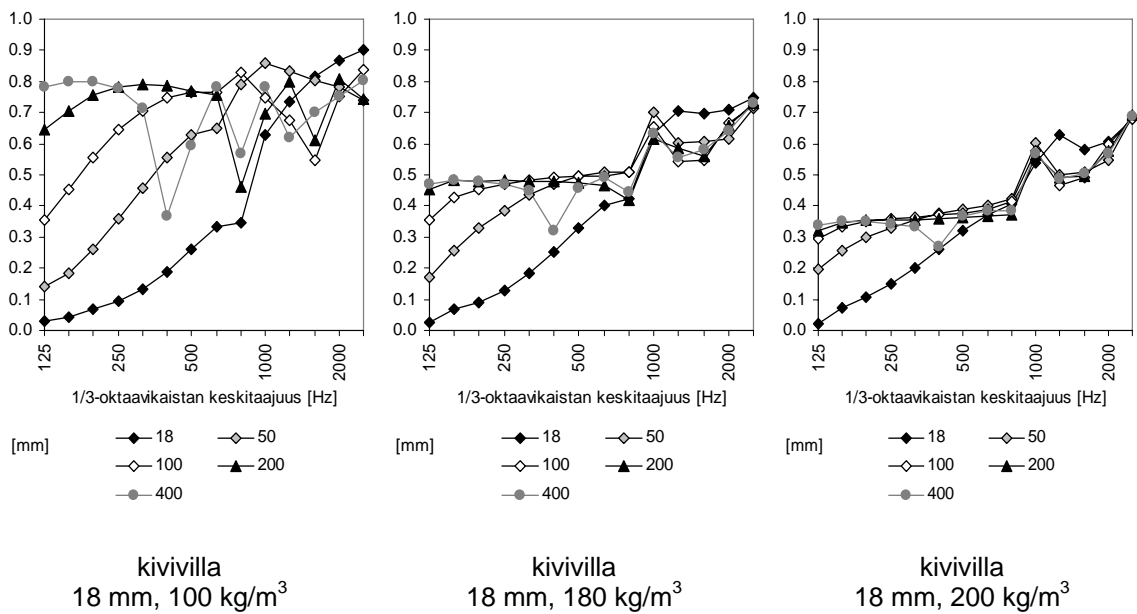
Tuloksien arvoa heikentää tietenkin se, että arvot edustavat normaalin tulokulman äänenabsorptiota kun taas normaalisti tuotearvot ilmoitetaan kaiuntahuonemenetelmällä ISO 354 mitattuna. Tarkoituksena on määrittää joidenkin tässä tutkimuksessa mitattujen näytteiden absorptiosuhde myös kaiuntahuonemenetelmällä.



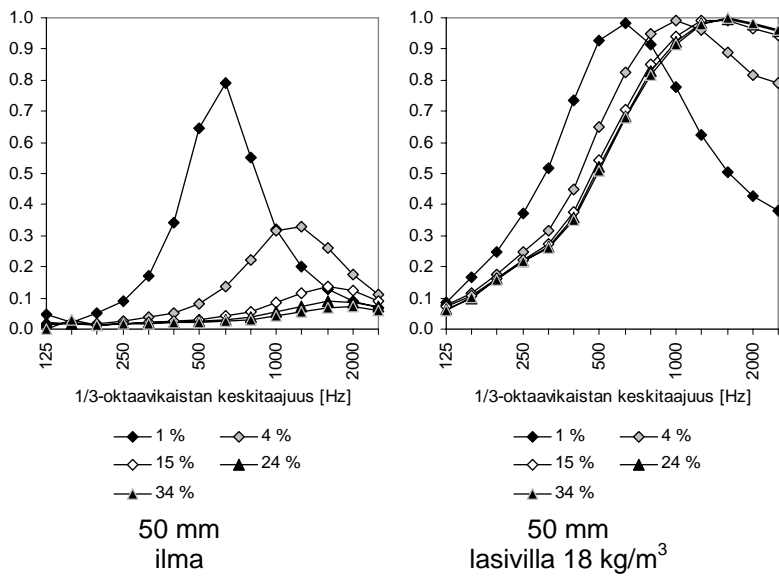
Kuva 1. Lasivillan paksuuden [mm] vaikutus absorptiosuhteeseen. Tiheys ja virtausresistiivisyys on mainittu kuvan alla.



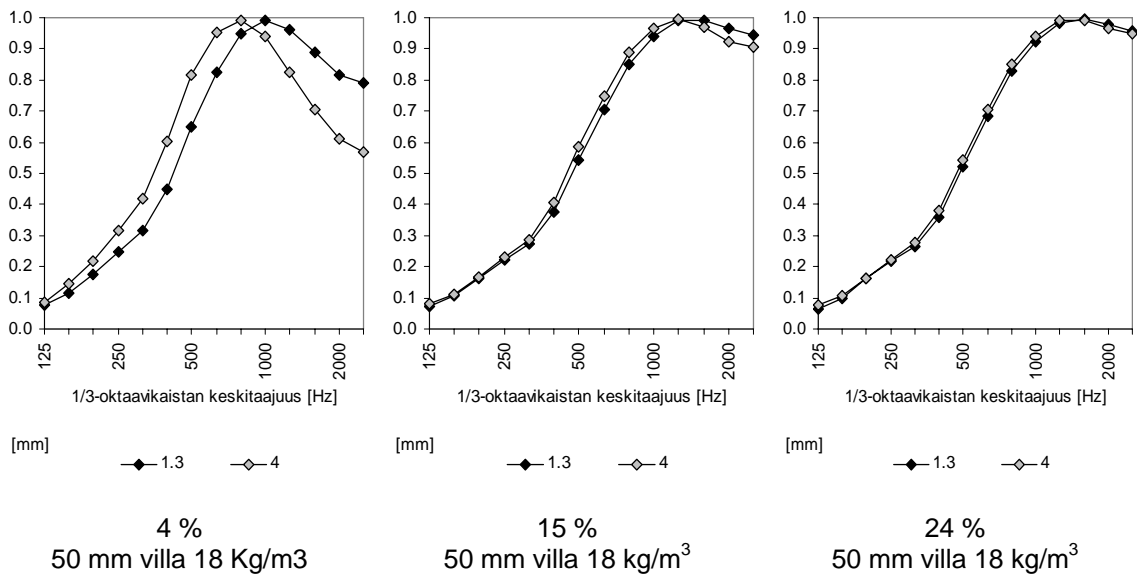
Kuva 2. Lasivillan paksuuden [mm] vaikutus absorptiosuhteeseen eri alaslaskulla, kun tiheys on 18 kg/m^3 . Alaslasku on mainittu kuvan alapuolella.



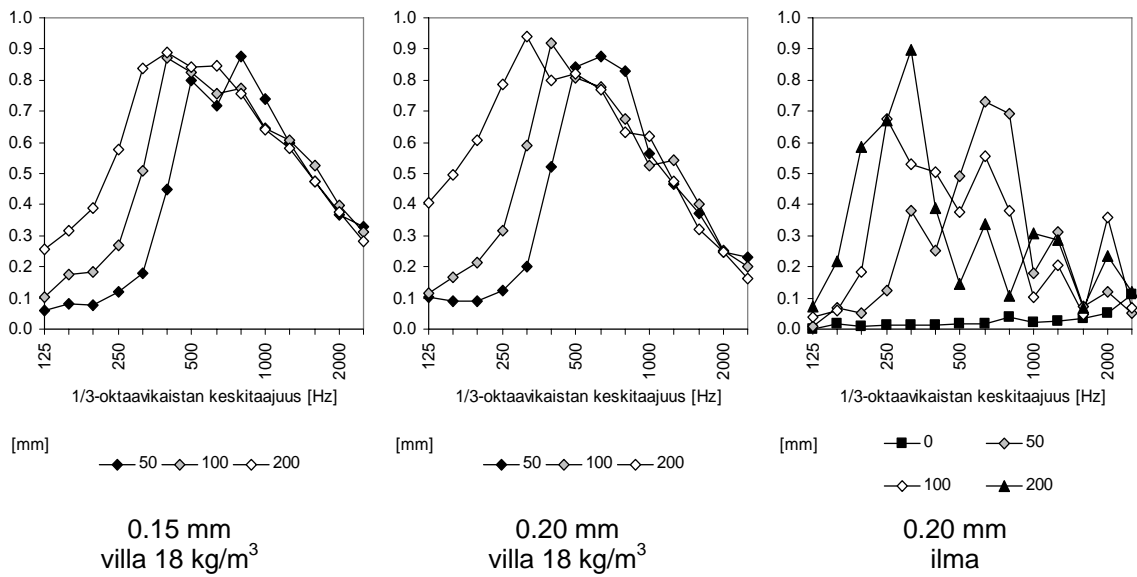
Kuva 3. Alaslaskun vaikutus pinnoitettu kivivillan absorptiosuhteeseen. Kuvan alla on mainittu tuotteen nimi, paksuus ja tiheys.



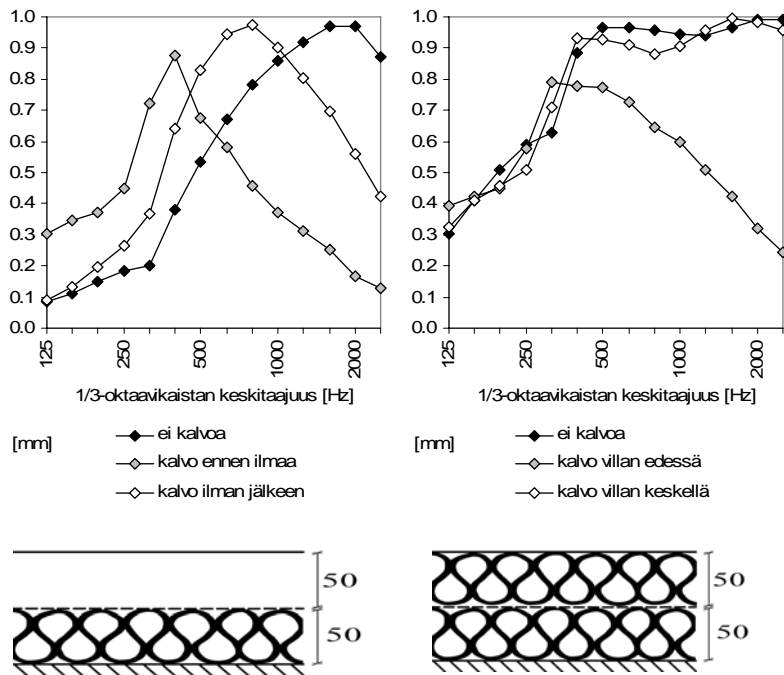
Kuva 4. Reikäpellin rei'itysprosentin vaikutus absorptiosuhteeseen, kun reiän halkaisija on 1.3 mm. Alaslasku ja taustamateriaali on mainittu alla.



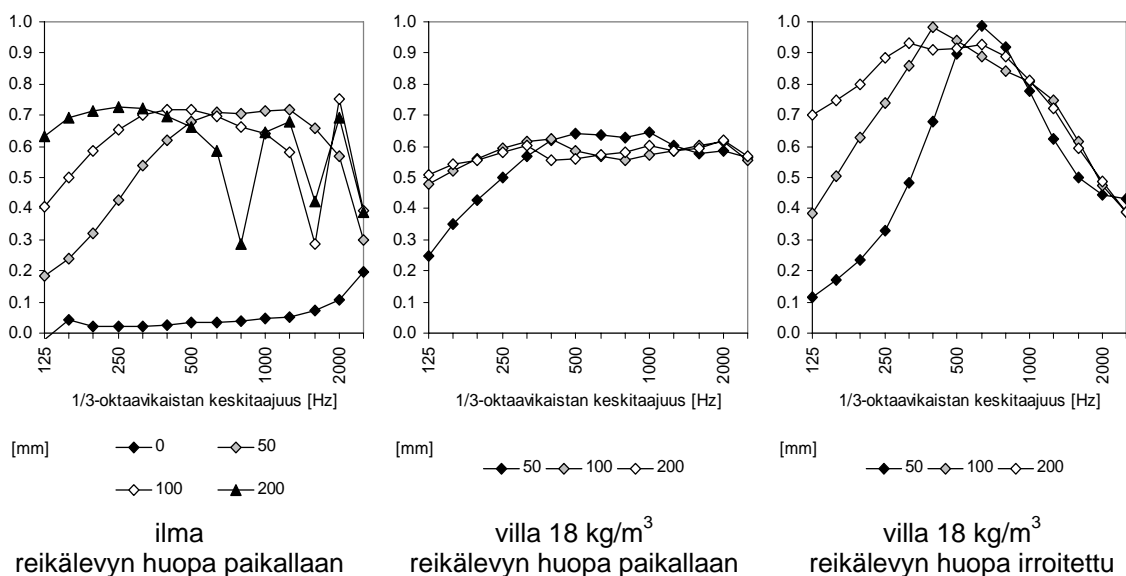
Kuva 5. Reikäpellin reikäkoon vaikutus absorptiosuhteeseen. Reikäpellin rei'itysprosentti ja taustamateriaali on mainittu alla.



Kuva 6. Höyrinsulkumuovin absorptiosuhde eri paksuisilla taustamateriaaleilla. Alla on mainittu kalvon paksuus ja taustamateriaali. Pelkän lasivillan absorptiosuhde esitettiin kuvassa 2.



Kuva 7. Kalvon paikan vaikutus absorptiosuhteeseen monikerrosrakenteella kun reikälevyn rei'jän halkaisija on 4 mm ja rei'itysprosentti on 25 %. Villan tiheys oli 18 kg/m³.



Kuva 8. Taustamateriaalin paksuuden [mm] vaikutus kipsireikälevyn absorptiosuhteeseen. Taustamateriaalin ja reikälevytuotteessa valmiina olevan huovan status on mainittu kuvan alla. Reikälevyn rei'itysprosentti on 16 % ja reikäkoko 12x12 mm.

Kiitokset

Tämä tutkimus on osa MAKSI -tutkimushanketta, jonka rahoittivat Tekes, Työterveyslaitos sekä useat yritykset. Materiaaleja toimittivat mm. Ecophon Oy, Paroc Oy, Raniplast Oy ja Ruukki Oyj. Materiaalitoimituksissa auttoi lisäksi Sisustus-Nummi Oy.

Kirjallisuus

1. Hongisto V, *Sound insulation of double panels - comparison of existing prediction models*, acta acustica united with acustica 92(1) 2006 61-78.
2. ISO 10534-1998(E) Acoustics - *Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes* — Part 2: Transfer-function method, Geneve, Sveitsi.
3. Helenius R, Lindgren M, Laitinen P, Nousiainen E, Hongisto V, *Seinäarakenteiden ääneneristävyyden mallinnuksessa tarvittavien parametrien mittausten menetelmät*, Akustiikkapäivät 2001, Espoo 8-9.10.2001, 81–86, Akustinen Seura ry.

David Oliva, Henna Häggblom, Jukka Keränen, Petra Virjonen ja Valter Hongisto
 Työterveyslaitos
 Sisäympäristölaboratorio
 Lemminkäisenkatu 14–18 B
 20520 TURKU
 david.olivaelorza@ttl.fi