

ISO CD 16717-1 MUKAISET UUDET ILMAÄNENERISTYSLUVUT – EPÄVARMUUDEN JA MUIDEN SEURAAMUSTEN TARKASTELUA

Valtteri Hongisto¹, Jukka Keränen¹, Mikko Kylliäinen²

¹ Työterveyslaitos, Sisäympäristölaboratorio
Lemminkäisenkatu 14-18 B 20520 Turku
etunimi.sukunimi@ttl.fi

² Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos
PL 600, 33101 Tampere
mikko.kylliainen@tut.fi

Tiivistelmä

ISO on julkaissut standardiehdotuksen ISO CD 16717-1, joka on tarkoitus saattaa jäsenmaiden äänestyksiin 2014. Jos standardi lopulta hyväksytään, on sillä tarkoitus kumota nykystandardi ISO 717-1 siirtymäajan jälkeen. Muutoksella olisi valtavia seurannaisvaikutuksia, jos sisältö on nykyinen. Tässä artikkelissa verrataan standardiehdotusta ja nykystandardia. Ehdotus edellyttää pientaajuuksien 50-80 Hz äänieristysmittaukset. Ennalta tiedetään mittausepävarmuuden olevan tällä alueella suuri. Tavoitteena oli selvittää, miten standardiehdotuksen kuvaamien mittalukujen epävarmuudet suhtautuvat nykystandardin mittalukuihin. Aineistona käytettiin laboratorioden välisen testin tuloksia, jossa mitattiin ikkuna sekä paine- että intensiteettimenetelmällä. Standardiehdotuksen mittalukujen R_{living} ja R_{traffic} epävarmuus on noin 0.5 dB suurempi kuin nykyisin käytettyjen mittalukujen R_w ja R_w+C_{tr} . Jos mittaukset tehtäisiin pientaajuuksilla intensiteettimenetelmällä, tällaista eroa ei syntyisi. Jatkotarkastelujen perusteella standardiehdotuksen mittaluvut tulisivat asettamaan kevytrakenteet merkittävästi heikompaan asemaan raskaisiin rakenteisiin nähden, koska alle 100 Hz taajuuksien merkitys korostuisi nykyisestään. Standardiehdotuksen hyötyjä ei ole osoitettu sosioakustisin tutkimuksin.

1 STANDARDIEHDOTUKSEN ISO CD 16717-1 SISÄLTÖ

Komiteavedos ISO CD 16717-1 (myöh. standardiehdotus) sisältää ehdotuksen uusiksi ilmaääneneristävyuden mittaluvuiksi. Tarkoitus on, että standardi hyväksytyksi tultuaan korvaisi standardin ISO 717-1 (myöh. nykystandardi). Standardiehdotuksen keskeisimmät mittaluvut, R_{living} ja R_{traffic} , määritetään taajuuksien 50-5000 Hz äänieristysarvoista kun nykystandardin mittaluvut, R_w ja R_w+C_{tr} , määritetään taajuuksilla 100-3150 Hz. Muutokseen liittyy perusteltu huoli siitä, että taajuuksien 50-80 Hz suuri mittausepävarmuus (ISO 140-3) voisi kasvattaa uusien mittalukujen epävarmuutta (Luku 2).

Standardiehdotus on kuvattu työryhmän johtajan artikkelissa [1]. Työryhmän jäsenten samoin kuin työryhmän toimintaa läheltä seuraavien tutkijoiden, viranomaisten ja yritysten mielipiteet standardiehdotuksesta ovat ristiriitaiset. Standardiehdotus lähtee siitä, että mittalukuja olisi vain kolme (Kuva 1) ja ne määritetään samalla yhtälöllä $1/3$ -oktaaveittain määritetyistä äänieristysarvoista soveltaen taajuuspainotustermejä $L_{i,X}$. Ku-

vassa 2 on vertailtu nykystandardin ja standardiehdotuksen mittalukuja kolmella erilaisella väliseinärakenteella. Erot ovat kevytrakenteilla suuria. Tätä käsittelee luku 3.

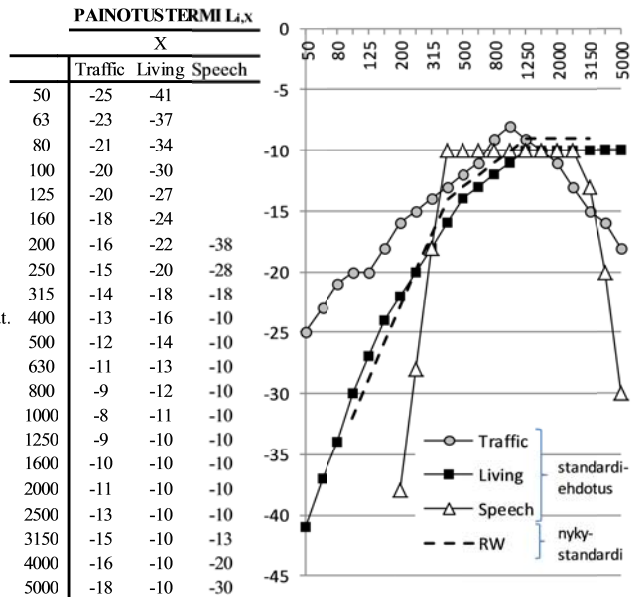
MITTALUKUJEN KÄYTTÖTARKOITUS

| | PAINOTUSTERMI $L_{i,x}$ | | |
|--|-------------------------|--------|--------|
| | X | | |
| | Traffic | Living | Speech |
| R_{living} | | | |
| Asuntojen ja vastaavien tilojen väliset rakenteet | 50 | -25 | -41 |
| Julkisivurakenteet suuopeusalueilla. | 63 | -23 | -37 |
| Vastaa nykyistä mittalukua $R_w + C_{tr,50-5000}$ | 80 | -21 | -34 |
| | 100 | -20 | -30 |
| R_{traffic} | 125 | -20 | -27 |
| Julkisivurakenteet kaupunkinopeusalueilla. | 160 | -18 | -24 |
| Vastaa nykyistä mittalukua $R_w + C_{tr,50-5000}$ | 200 | -16 | -22 |
| | 250 | -15 | -20 |
| | 315 | -14 | -18 |
| R_{speech} | 400 | -13 | -16 |
| Puhetilat kuten toimistot, luokkatilat, neuvottelutilat. | 500 | -12 | -14 |
| Kevytrakenteiden käyttöä "edistävää" mittaluku. | 630 | -11 | -13 |
| Tälle ei ole vastinetta aiemmassa standardissa. | 800 | -9 | -12 |

LASKENTAYHTÄLÖ

Kaikki mittaluvut lasketaan ääneneneristysarvoista R_i yhtäällöllä

$$R_x = \log_{10} \left(\frac{\sum_i 10^{L_{i,x}/10}}{\sum_i 10^{(L_{i,x} - R_i)/10}} \right)$$



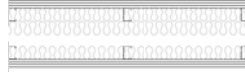
Kuva 1. Standardiehdotuksen pääsisältö. Vertailuna on esitetty myös R_w -spektri.

SEINÄRAKENTEET

1 Siksak-kipsilevyseinä
120/66 k600 M120
(2xGN13, 2xEK13)



2 Tuplarunko-kipsilevyseinä
2x66 k600 M190
(6xGN13)

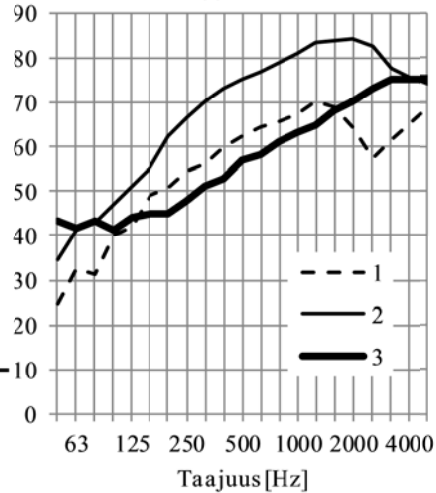


3 Massiivirakenne
Teräsbetoni 180 mm



| Mittaluku | 1 | 2 | 3 | |
|----------------|------|------|------|---|
| R_w | 62.5 | 75.1 | 60.1 | N |
| R_{living} | 58.1 | 68.7 | 59.0 | E |
| $R_w + C_{tr}$ | 55.9 | 64.5 | 53.9 | N |
| $R_{traffic}$ | 46.8 | 56.7 | 53.3 | E |

Ilmaääneneristävyys [dB]



Kuva 2. Nykyisten (N) ja ehdotettujen (E) mittalukujen vertailu kolmelle väliseinälle.

Nykystandardi määrittelee yhdeksän mittalukua: ilmaääneneristysluvun R_w ja kahdeksan spektripainotustermiä. Mittaluvut määritetään ISO 10140-2:2010 (painemenetelmä) tai ISO 15186 (intensiteettimenetelmä) mukaisista ilmaääneneristystuloksista, jotka tehdään 1/3- tai 1/1-oktaaveittain. Nykystandardi on vakiintunut etenkin Euroopassa. Eri maiden rakentamismääräyksissä on kuitenkin otettu käyttöön eri mittalukuja [2]. Suomen lisäksi 11 muussa Euroopan maassa käytetään huoneistojen välisen ilmaäänieristyksen vaatimuksissa mittalukua R'_w . Maiden väliset erot vaikeuttavat mm. teknistä myyntiä ja rajat ylittävää liiketoimintaa. Tarve harmonisoida mittalukuja ylikansallisesti on ilmeinen.

2 MITTAUSEPÄVARMUUS

Tämä luku sisältää tiivistelmän *Acta Acustica* -lehdessä julkaistusta tutkimuksesta, jossa vertailtiin standardiehdotuksen (R_{living} ja R_{traffic}) ja nykystandardin (R_w ja R_w+C_{tr}) mittalukujen epävarmuuksia [3]. Ikkuna oli tiivistetty, yksipuitteinen ja kooltaan 1200x1500 mm. Se testattiin kaikissa pohjoismaissa menetelmillä A ja B (Kuva 3). Menetelmässä A käytettiin painemenetelmää koko taajuusalueella 50-5000 Hz. Menetelmässä B painemenetelmä korvattiin intensiteettimenetelmällä taajuuksilla 50-160 Hz.

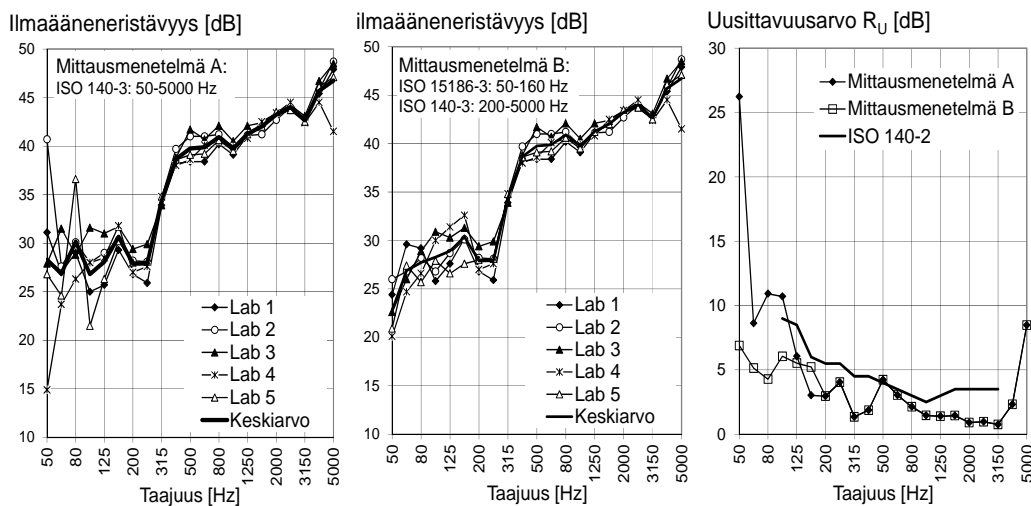
Uusittavuusarvo R_U (reproducibility value, ISO 140-2) laskettiin kuvasta 3 yhtälöllä

$$(1) \quad R_U = \frac{2.8}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2$$

missä $n=5$, y_i on laboratorion i mittaustulos ja Y on keskiarvo yli laboratorioden. Terssi-kaistoille lasketut uusittavuusarvot on Kuvassa 3. Uusittavuusarvo on kohtuuttoman suuri pienillä taajuuksilla menetelmällä A. Menetelmällä B arvo on hyväksyttävä.

Kuvan 3 terssiarvoista määritettiin standardiehdotuksen ja nykystandardin mukaiset mittaluvut Taulukkoon 1. Menetelmät A ja B tuottivat samoja keskimääräisiä arvoja mutta laboratorioden väliset erot ovat selvästi suurempia menetelmällä A. Mittaluvun R_{traffic} kohdalla havaittiin jopa 3.2 dB ero laboratorioden välillä.

Tärkeimmät tulokset eli mittalukujen uusittavuusarvot on esitetty Taulukossa 2. Mittausmenetelmällä A uusittavuusarvo kasvaa 0.6 dB, kun siirrytään mittaluvusta R_w mittalukuun R_{living} . Samoin uusittavuusarvo kasvaa 0.5 dB, kun siirrytään mittaluvusta R_w+C_{tr} mittalukuun R_{traffic} . Mittausmenetelmällä B kaikkien mittalukujen uusittavuusarvot ovat aina kohtuullisia. Mittaluvun R_w uusittavuusarvo on pieni ja riippumaton menetelmästä. Kannattaako siis luopua mittaluvusta, jonka epävarmuus on hallinnassa?



Kuva 3. Laboratorioden mittaustulokset ja uusittavuusarvo eri taajuuksilla.

Tässä luvussa esitetyt tulokset pätevät vain mitatulle ikkunalle mutta tuloksia voitaneen yleistää koskemaan pieniä rakennusosia ylipäätään (alle 2.5 m²). Uusittavuusarvot liene-

vät pienempiä suurella näytekoolla, koska pieni näytekoko on herkempi laboratorioiden välisille eroille useista syistä [3]. Pienet rakennusosat ovat useimmiten pääasiallisia äänienergian välittäjiä, joten testiarvojen tulisi olla luotettavia, koska niitä kehitetään ja testataan paljon. Jos siirrytään mittalukuun R_{traffic} , etenkin suurimmat tuotevalmistajat havaitsivat nopeasti, mistä laboratoriosta parhaat arvot saadaan ja testaustoiminta kieroutuu.

Taulukko 1. Kuvasta 3 lasketut yksilukuarvot laboratorioittain ja niiden keskiarvot.

| | Mittausmenetelmä A | | | | | | Mittausmenetelmä B | | | | | |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | Lab 1 | Lab 2 | Lab 3 | Lab 4 | Lab 5 | Keskiarvo | Lab 1 | Lab 2 | Lab 3 | Lab 4 | Lab 5 | Keskiarvo |
| R_w | 40.1 | 41.0 | 41.5 | 40.6 | 40.6 | 40.8 | 40.1 | 41.0 | 41.5 | 40.6 | 40.6 | 40.8 |
| R_{living} | 39.0 | 40.2 | 41.0 | 39.5 | 39.6 | 39.8 | 39.1 | 40.1 | 40.9 | 39.6 | 39.7 | 39.9 |
| $R_w + C_{\text{tr}100-3150}$ | 35.1 | 36.7 | 37.9 | 36.3 | 35.4 | 36.3 | 35.3 | 36.6 | 37.8 | 36.6 | 36.1 | 36.5 |
| R_{traffic} | 35.0 | 36.6 | 37.6 | 34.4 | 35.3 | 35.8 | 35.2 | 36.3 | 37.1 | 35.7 | 35.4 | 35.9 |

Taulukko 2. Taulukon 1 mittalukujen uusittavuusarvot R_U [dB]. Suuri arvo indikoi suuria laboratorioiden välisiä eroja ja mittaluvun suurta epävarmuutta.

| | Menetelmä A | Menetelmä B |
|-----------------------|-------------|-------------|
| R_w | 1.5 | 1.5 |
| R_{living} | 2.1 | 1.9 |
| $R_w + C_{\text{tr}}$ | 3.1 | 2.5 |
| R_{traffic} | 3.6 | 2.1 |

3 MITEN Uudet MITTALUVUT MUUTTAISIVAT TUOTEARVOJA?

Kuvassa 2 esitettiin jo standardiehdotuksen ja nykystandardin mittalukujen eroista. Mielienkiinnon vuoksi tehtiin myös laajempi analyysi. Työterveyslaitoksen akkreditoitu ilmastäneristävyyden testilaboratorio Turussa on toiminut nykymuodossaan vuodesta 1998. Laboratoriossa on testattu pääosin kevytrakenteita (alle 100 kg/m²). Vuoteen 2012 asti kertyneet tuotetestitulokset (yli 700 kpl) koottiin ja määritettiin näistä mittaluvut.

Tulokset on koottu tuoteryhmäkohtaisesti taulukkoon 3. Standardiehdotuksen mittalukuarvot ovat keskimäärin pienempiä kuin nykystandardin mukaiset. Muutos on rakenteesta ja mittaluvusta riippuen enimmillään jopa 15 dB. Jos kaksoisrakenteen massa-ilma-massa-resonanssi on 50-200 Hz alueella, mikä on yleistä ohuilla kevytväliseinillä, muutos on suurimmillaan. Tulokset ovat yhteneväisiä Schollin ym. kanssa [1].

Massiivirakenteiden kohdalla vastaavaa analyysiä ei voitu tehdä, koska testituloksia ei ollut käytettävissä. Laskennallisten äänieristysarvojen pohjalta saatiin kuitenkin sama tulos kuin kuvassa 2, jonka mukaan nykystandardin ja standardiehdotusten mittalukujen erot ovat korkeintaan muutaman desibelin. [4]

Jos standardiehdotus hyväksytään, on todennäköistä, että nykyisiä massiivirakenteita ei kevennettäisi vaan tavoitetasot pysyisivät nykyisellään. Sen seurauksena nykyisin tavoitetasot täyttävät kevytrakenteet eivät enää täyttäisi uusia vaatimuksia vaan niiden massaa ja paksuutta tulisi lisätä nykyisestään merkittävästi. Tavoitetasot luonnollisesti määritetään ministeriöissä eikä standardeissa mutta on tärkeää tiedostaa jo tässä vaiheessa, mitä mahdollisia seurauksia uusilla mittaluvuilla voisi olla.

Taulukko 3. a) Liikennemelun ääneneristykseen mittalukujen ero. b) Huoneistojen välisen ääneneristykseen mittalukujen ero. Lukuarvot ovat selvästi positiivisia eli standardiehdotuksen kuvaamat uudet mittaluvut ovat pienempiä kuin nykystandardin mittaluvut.

| a) | | | | |
|---|-----------|--------------|---------------|---------------|
| R_w+C_{tr} ja R_{traffic} erotus | Keskiarvo | Keskihajonta | Pienin erotus | Suurin erotus |
| Ikkuna (45 kpl) | 2.7 | 1.9 | -0.2 | 9.4 |
| Katto (29 kpl) | 4.7 | 2.5 | 0.9 | 10.0 |
| Ulkoseinä (20 kpl) | 6.0 | 4.0 | 0.0 | 14.5 |

| b) | | | | |
|---|-----------|--------------|---------------|---------------|
| R_w ja R_{living} erotus | Keskiarvo | Keskihajonta | Pienin erotus | Suurin erotus |
| Ovi, normaaliasennus (110 kpl) | 1.2 | 0.8 | -0.3 | 3.9 |
| Kevytväliseinä (113 kpl) | 4.1 | 2.2 | 0.0 | 12.2 |

4 POHDINNAT HYÖDYISTÄ JA HAITOISTA

Standardiehdotusta ajetaan, koska bassoäänet ovat yleistyneet asunnoissa. Asumisviihtyvyyttä halutaan tältä osin parantaa ja ainakin välttää heikosti ääntä eristävien kevytväliseiniä käyttöä. Näkemys on paljolti saksalainen ja skandinaavinen pois lukien Suomi. Tarkoitus on hyvä mutta bassoäänten yleistymiselle tai lisäääneneristämisen tarpeelle ei ole tieteellistä näyttöä sosioakustisista tutkimuksista. Voimakas bassoääni toki kuuluu naapuriin mutta samoin kuuluu koirien haukunta tai korotettu puheääni. Toisaalta asukkaita neljää kohti on vähemmän kuin koskaan, joten melutaso olisi tässä mielessä ehkä pienempi kuin ennen. Meluvalitustilanteissa on usein taustalla kohtuuttoman voimakas äänenkäyttö eikä määräysten vastainen rakenne. Yli 70-75 dBA melu voidaan nimittäin kuulla naapurissa, jos siellä on muuten hiljaista. Esimerkiksi Serbian lainsäädännöstä (SRPS U.J6.201:1990) käy ilmi, että normaali asunnon äänitaso alittaa 70 dBA ($L_{A,eq,15min,max}$). Tätä suurempien tasojen kohdalla äänieristystä on lisättävä. Olisiko Suomessaakin mietittävä, mikä on kohtuullinen äänitaso asunnoissa sen sijaan, että keskusteltaisiin äänieristyksestä. Muutaman desibelin kasvatus äänieristyksessä ei estä kohtuuttoman äänenkäytön kuulamista naapuriin.

Standardityöryhmässä odotetaan lisää Parkin ja Bradley'n kokeen [5] kaltaisia asumismelun häiritsevyysskojeita. Niissä selvitetään laboratorioympäristössä, miten paljon erilaiset asumisen äänet häiritsevät, kun niitä kuunnellaan erilaisten seinärakenteiden läpi. Seinärakenteiden äänieristykseen aikaansaama äänenvaimennus toteutetaan elektronisilla suotimilla. Tuloksena määritetään korrelaatiokertoimet ääneneristykseen mittalukujen (R_w , R_{living} , R_w+C_{tr} , jne) ja häiritsevyyden välillä. Tällöin voitaisiin paremmin arvioida, mikä taajuusalue tai mittaluku kuvaisi häiritsevyyttä parhaiten. Asumismelututkimusten perusongelmana on kuitenkin se, että korrelaatiokertoimet riippuvat äänilajista, koska asumisäänilajien taajuusjakaumat (musiikki, puhe, koira, yms.) vaihtelevat voimakkaasti. On vaikeaa tehdä kompromissia siitä, mikä meluspektri edustaisi kaikkia asumisen ääniä. Schollin [1] ehdottama living-spektri on tasainen (pink noise) sisältäen yhtä paljon energiaa kaikilla terssikaistoilla. Tämä sisältäisi olettamuksen, että joka asunnossa olisi käytössä päivittäin kaiuttimet, jotka tuottavat ääntä 50 Hz asti. Tämä ei pidä paikkaansa.

Standardiehdotusta puoltavat testilaboratoriot ovat jo pitkään raportoineet laboratoriotestituloksensa taajuusalueella 50-5000 Hz. Nämä tahot olettavat muidenkin testilaboratorioiden toimineen näin, jolloin standardimuutos ei edellyttäisi testien uusimista. Useimmat laboratoriot toki ovat mitanneet 50-5000 Hz alueen jo vuosia mutta raportoineet asiakkaal-

le vain alueen 100-3150 Hz tulokset, koska tämä on riittävä menettely ja usein tulokset alle 100 Hz:llä ovat omituisia ja herättävät enemmän huolta kuin tuottaisivat lisäarvoa. Laboratorioiden väliset erot ovat niin suuria (Kuva 3), että on järkevämpää jättää 50-80 Hz alue raportoimatta, jotta mahdollinen vertailumittaus toisessa laboratoriossa ei tuottaisi tarpeetonta sekaannusta. Standardimuutos tarkoittaisi siksi valtavaa testausurakkaa, koska suurin osa rakenteista tulisi uudelleen testata kolmen terssikaistan vuoksi. Olisiko tästä vastaavaa hyötyä?

Luvun 3 perusteella painemenetelmä ei ole tarkkuusmittausmenetelmä 50-80 Hz alueella ainakaan pienellä näytekoolla. Tulos on standardityöryhmän tiedossa. Jos asumismelun häiritsevyysskojeissa ja standardityöryhmässä silti päädytään living-spektrin käyttöön, ja standardi hyväksytään, monet maat ottavat uuden standardin käyttöön. Osa maista ei kuitenkaan tätä todennäköisesti tee vaan pitäytyy nykystandardin mittaluvuissa. Suomessa on kuitenkin keskusteltava riittävän ajoissa, mitä esimerkiksi Suomen Rakentamismääräyskokoelman osalle C1 kannattaisi tehdä ja koska.

KIITOKSET

Tutkimus on osa ÄKK hanketta, jota rahoittavat Tekes, 9 yritystä ja ympäristöministeriö.

VIITTEET

- [1] Scholl W, Lang J, Wittstock V, Acta acustica united with acustica 97 2011 686-698.
- [2] Rasmussen B, Applied Acoustics 71 2010 373-385.
- [3] Hongisto V, Keränen J, Kylliäinen M, Mahn J, Acta Acustica u.w. Acustica 98 2012 811-819.
- [4] Kovalainen V, kandidaatintyö, Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere, 2012.
- [5] Park HK, Bradley JS, J. Acoust. Soc. Am. 126 (3) 2009 1219-1230.