

# JOUSTAVARANKAISEN LEVYRAKENNESEINÄN ÄÄNENLÄPÄISY

Petra Virjonen, Valtteri Hongisto

Työterveyslaitos  
Lemminkäisenkatu 14-18 B, 20520 TURKU  
[petra.virjonen@ttl.fi](mailto:petra.virjonen@ttl.fi), [valtteri.hongisto@ttl.fi](mailto:valtteri.hongisto@ttl.fi)

## 1 JOHDANTO

Levyrakenteisten seinien ääneneristävyyteen vaikuttaa eniten levypuoliskojen mekaaninen kytkentätapa. Paras ääneneristys saavutetaan, kun levypuoliskot eivät ole kytköksissä toisiinsa. Heikoimmin toimii tiheä puurankaseinä, jossa levypuoliskojen välinen kytkentä on jäykkä. Joustavien rankojen tiedetään parantavan ääneneristävyyttä merkittävästi verrattuna puurankoihin.

Työterveyslaitoksessa käytettävässä ennustemallissa [1] väliseinäranka oletetaan ideaaliseksi jouseksi, joka parantaa seinärakenteen ääneneristävyyttä massa-jousi-massaresonanssia korkeammilla taajuuksilla puurankaiseen seinärakenteeseen nähden [2]. Malli on antanut joustavarankaiselle seinälle korkeampia tuloksia verrattuna mittaustuloksiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli osoittaa, että levyrakenteisen seinän reuna-alueet heikentävät ääneneristävyyttä. Pystylaidoilla rangat kiinnittyvät sivuvaan seinään, ja vaakalaidoilla ylä- ja alajuoksuna toimiviin teräskiskoisiin. Näissä osissa seinä on huomattavasti jäykempi kuin levyseinän keskiosissa, mikä tulisi ottaa mallinnuksessa huomioon.

## 2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa tutkittiin neljää kytkennältään erilaista seinää: puurankaista, joustavarankaista (AWS termokiskolla), erillisrankaista (LPR termokiskolla) yhteisillä ylä- ja alakiskoilla sekä erillisrankaista (LPR) seinää erilliskiskoilla.

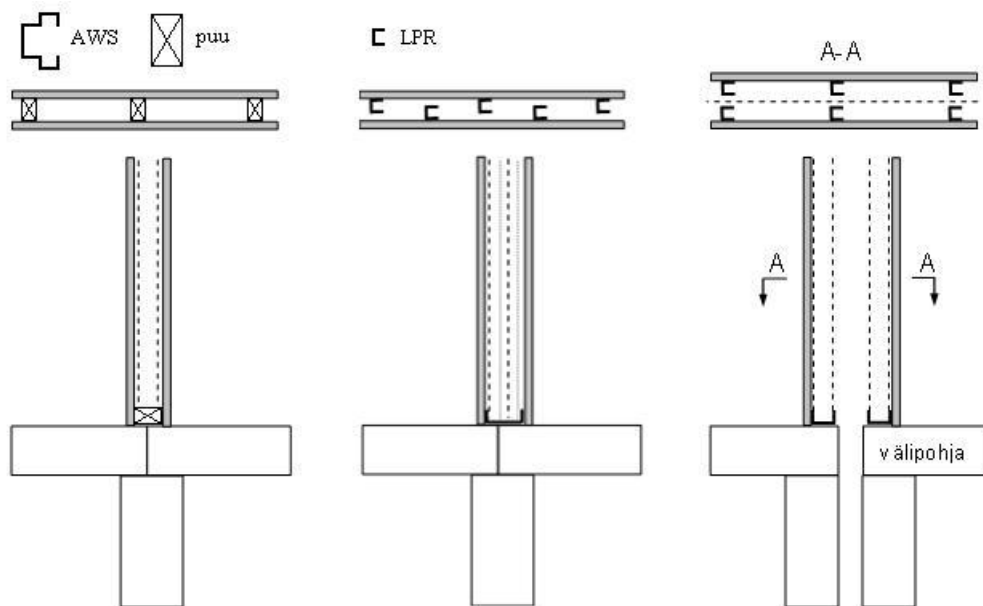
Rankajakona oli 600 mm. Mittausaukon leveyden vuoksi toisen reunimmaisen rankavälin leveydeksi tuli 840 mm. Tutkittava seinärakenne oli kussakin tapauksessa sama. Seinän pintalevynä molemmin puolin käytettiin erikoiskovaa kipsilevyä ( $11,7 \text{ kg/m}^2$ ). Seinäpuoliskojen välisen kaviteetin syvyys oli 165 mm puurankaisella seinällä ja 175 mm muilla tutkituilla rakenteilla. Kaviteetti täytettiin lasivillalla ( $20 \text{ kg/m}^3$ ).

Mittaukset tehtiin Työterveyslaitoksen akustiikkalaboratoriossa Turussa. Ääneneristävyysslaboratorion lähetyshuoneen tilavuus on  $81 \text{ m}^3$  ja vastaanottohuoneen tilavuus  $113 \text{ m}^3$ . Seinä asennettiin  $10 \text{ m}^2$ :n mittausaukkoon ( $3,84 \times 2,65 \text{ m}$ ). Seinärakenteet asennettiin lähetyshuoneen puoleiseen asennuseinään siten, että vastaanottohuoneen puoleinen seinäpinta oli liikuntasauaman reunalla. Erillisrankaisella erilliskiskoisella seinällä seinäpuoliskot asennettiin liikuntasauaman molemmille puolille siten, että kumpikin seinäpuolisko kytkeytyi eri asennuseinään. Mittavan näytteen reunat tiivistettiin puurimoilla ja akryylimassalla, ja kipsilevyjen reunat teipattiin ilmastointiteipillä.

Ääneneristävyys  $R_1$  määritettiin intensiteettimenetelmällä standardin ISO 15186-1:2000 mukaisesti. Painotettu ilmaääneneristysluku  $R_{1,w}$  [dB] määritettiin ISO 717-1 mukaisesti. Mittauksessa käytettiin  $10 \text{ cm}$ :n mittausristikkoa. Mittaus tehtiin pisteittäin, ja kussakin pisteessä mitattiin  $10 \text{ sekuntia}$ . Mittaus tehtiin  $100 \text{ mm}$  etäisyydeltä näytteen pinnasta vastaanottohuo-

neessa intensiteettisondilla (1/2" mikrofonit, Brüel&Kjær Sound Intensity Probe Set 3545) käyttäen reaaliaika-analysointia (B&K 2133). Mikrofonien etäisyys toisistaan oli 12 mm. Laitteiston toiminta varmistettiin ennen kutakin mittausta intensiteettikalibraattorilla (B&K 4297). Vastaanottohuoneen takaseinälle asetettiin absorboivat levyt (lasivillaelementit, paksaus 100 mm).

Testisignaalinä käytettiin vaaleanpunaista kohinaa, joka tuotettiin lähetyshuoneeseen kuudella eri kaiuttimella ja kuudella erillisellä kohinageneraattorilla (Behringer Ultra curve DEQ 2496). Signaali kaiuttimille vahvistettiin kolmella päätevahvistimella (QSC RMX 850, 850, 2450). Lähetyshuoneen äänenpainetasot mitattiin pyörivällä mikrofonipuomilla (B&K 3923, B&K 4165, B&K 2669 esivahvistimella).



Kuva 1. Käytetyt kytkentätyypit. Puu- ja AWS-ranka (vasen), erillisranka (LPR) yhteiskiskoilla (keskellä), erillisranka (LPR) erilliskiskoilla (oikea).

Mallinnusta varten mitattiin myös väliseinärakenteiden dynaaminen jäykkyys [3]. Seinän reunat eli kiskot ja reunimmaisat rangat mallinnettiin erikseen ja keskialue erikseen, kumpikin osa omalla dynaamisella jäykkyydellään. Näiden reittien laskennalliset läpäisykertoimet summattiin fysikaalisten pinta-alojen suhteessa. Tässä artikkelissa esitetään mallinnustulokset AWS-rangalle. Taulukossa 1 on esitetty mallinnuksessa käytettyjen parametrien arvot.

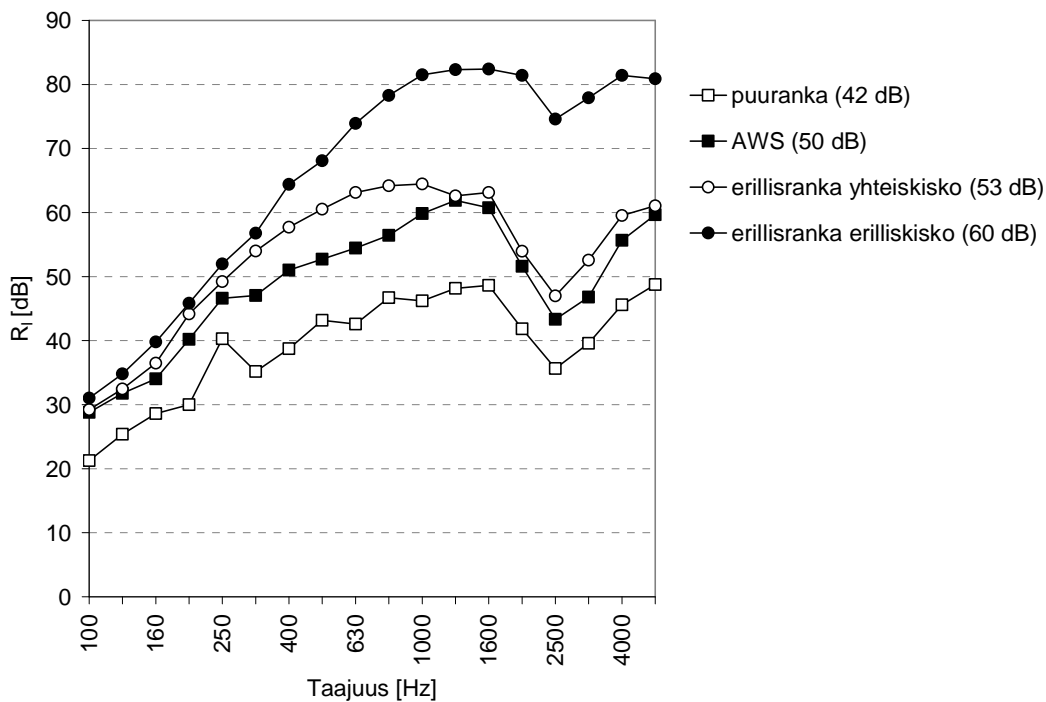
### 3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Kuvassa 2 on esitetty eri seinätyypeille saadut ilmaääneneristävyyden tulokset. Ilmoitetut erillisrangan arvot erilliskiskoilla ovat alalikiarvoja, sillä laboratorion sivutiesiirtymät häiritsivät mittausta rakenteen ääneneristävyyden ollessa niin korkea.

Kytkenän vaikutus seinärakenteeseen oli oletetusti huomattava. Joustavarankaisella seinällä päästiin selvästi korkeampaan ääneneristävyyteen kuin puurankaisella. Erillisrankaisella seinällä parannus oli myös oleellinen verrattuna yhteisrankaiseen seinään. Yhteiskiskot rajoittivat osaltaan vielä selvästi kytkemättömään tilanteeseen verrattuna.

Taulukko 1. AWS-rangan mallinnuksessa käytettyjen parametrien arvot.

Parametri	Lukuarvo	Yksikkö
Seinän pinta-ala	10,2	m <sup>2</sup>
Kipsilevyn pintamassa, $m'$	11,7	kg/m <sup>2</sup>
Kipsilevyn paksuus, $h$	13	mm
Youngin moduuli, $E$	4,5	GPa
Poissonin suhde, $\nu$	0,28	
Häviökerroin, $\eta$	0,03	
Kaviteetin syvyys, $d$	175	mm
Kaviteetin absorptiomateriaalin absorptiokerroin, $\alpha_c$	0,9	
Kaviteetin täyttöaste, $FR$	100	%
Rankajako, $d$	600	mm
Reuna-alueen pinta-ala	2,4	m <sup>2</sup>
Rangan dynaaminen jäykkyys metriä kohden, $K'$	48	kN/m <sup>2</sup>
Kiskon dynaaminen jäykkyys metriä kohden, $K'$	480	kN/m <sup>2</sup>
Rangan vaimennussuhde seinän keskialueella, $\zeta$	0,2	
Rangan vaimennussuhde reuna-alueella, $\zeta$	0,4	

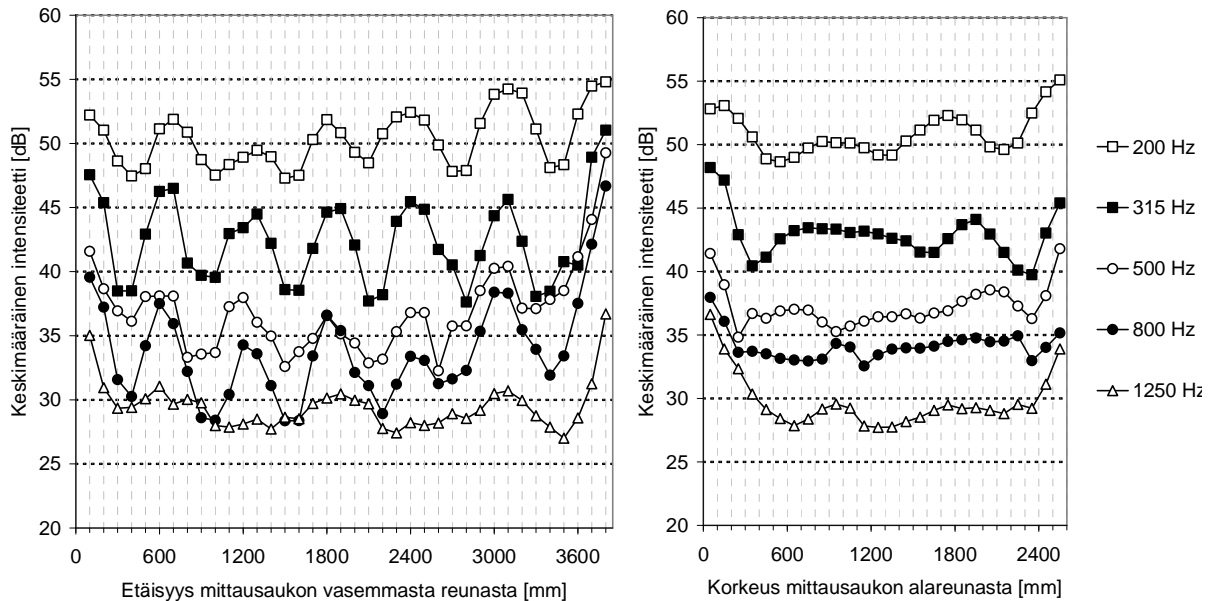

 Kuva 2. Ilmääneneristävyyys taajuuksittain. Painotettu ilmääneneristysluku  $R_{1,w}$  [dB] on ilmoitettu suluissa.

### 3.1 Reuna-alueen leveyden määrittäminen

Kuvassa 3 on esitetty AWS-rankaisten seinärakenteiden intensiteetin vaihtelu. Vasemmassa kuvassa on esitetty kunkin pystysuuntaisen mittauslinjan pisteiden intensiteetin keskiarvo. Oike-

assa kuvassa taas on kunkin vaakasuuntaisen mittauslinjan pisteiden intensiteetin keskiarvo. Pystysuuntaisten mittauslinjojen keskiarvoon ei otettu mukaan kiskoalueen mittauspisteitä, eikä vaakasuuntaisten mittauslinjojen keskiarvoon reunimmaisten rankojen mittauspisteitä.

Seinärakenne läpäisi ääntä kuvien mukaan oletetusti enemmän rakenteen reunimmaisten rankojen ja kiskojen läheisyydessä. Intensiteettimittausten perusteella arvioitiin reunarankojen ja kiskojen efektiiviseksi säteilyleveyydeksi 200 mm. Tämän perusteella määritettiin reuna-alueen pinta-ala.



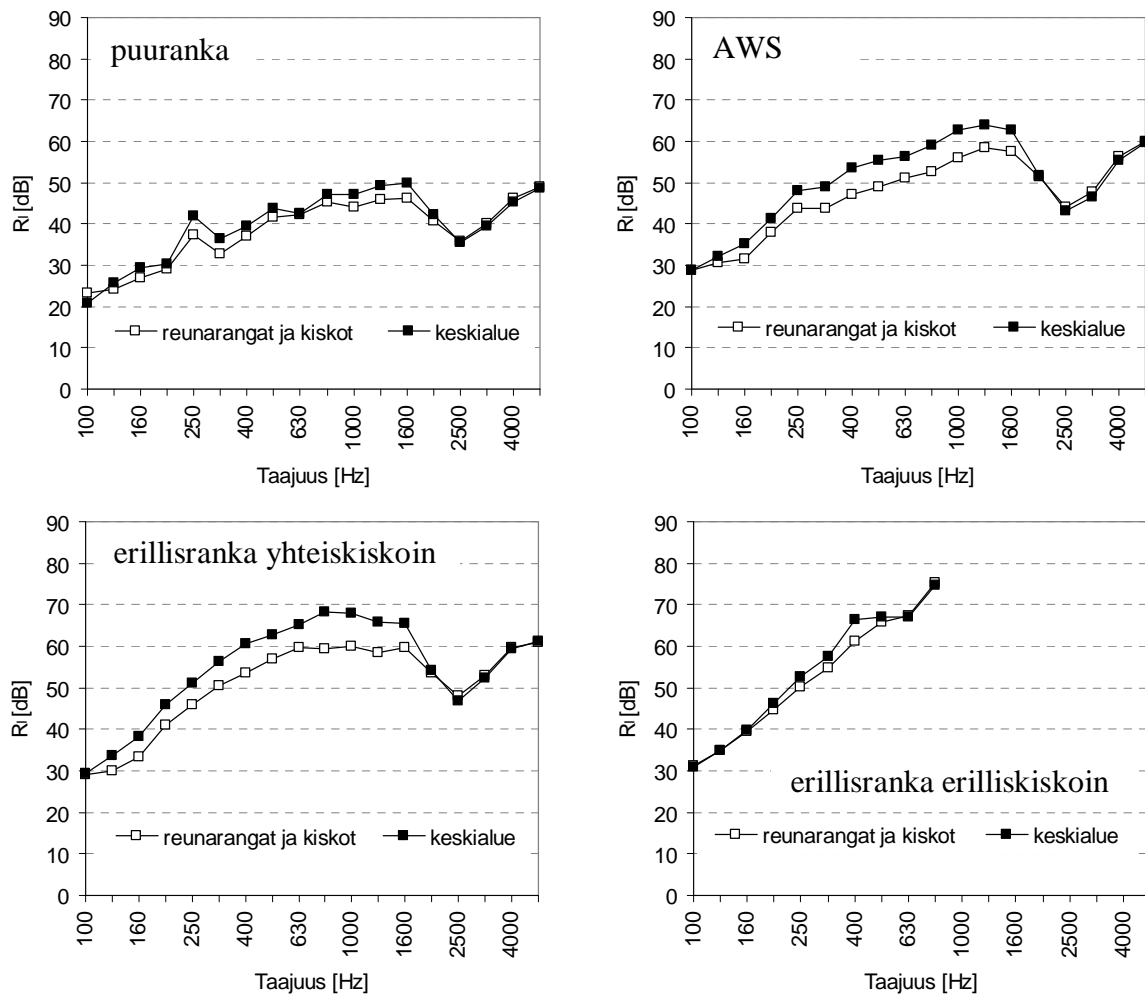
Kuva 3. Seinän keskimääräinen intensiteetin vaihtelu vaakasuunnassa (vasen) ja pystysuunnassa (oikea). Rankana AWS.

### 3.2 Keski- ja reuna-alueen ääneneristävyys

Kuvassa 4 on esitetty keski- ja reuna-alueiden ääneneristävyys kullakin seinätyypillä. Yhteiskiskoisilla seinillä kiskoalueen ääneneristävyys oli oletetusti selvästi matalampi kuin keskialueen. Erilliskiskoisella erillisrankaseinällä kisko- ja keskialueen ääneneristävyys oli käytännössä sama, sillä läpäisy tapahtui muuta reittiä pitkin kuin rankoja. Puurankaisella seinällä keski- ja kiskoalueen ääneneristävyys erosivat vain vähän toisistaan, sillä laitojen jäykkyys vastasi likimain keskimmaisten rankojen jäykkyyttä.

### 3.3 Mitattujen ja mallinnettujen ääneneristävyysarvojen vertailu

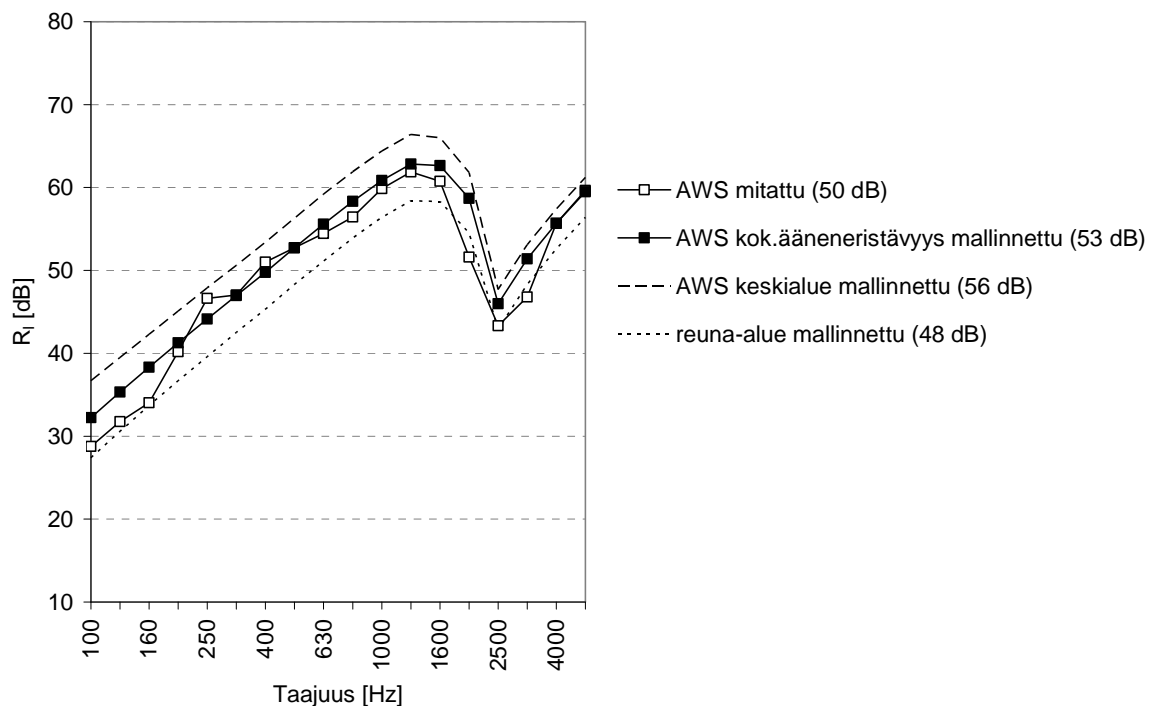
Kuvassa 5 on esitetty AWS-rankaisen seinärakenteen mitattu ja mallinnettu ääneneristävyys. Lisäksi kuvassa on esitetty keskialueen ja reuna-alueen (kiskot ja reunimmaiset rangat) mallinnettu ääneneristävyys. Pelkästään keskialueen rankojen joustavuuden huomioon ottaminen johtaisi ääneneristävyuden yliarvioon. Reuna-alueen suuremman jäykkyyden huomioimisella päästiin huomattavasti parempaan mallinnustarkkuuteen joustavilla väliseinärangoilla. Lopputuloksena saatu yhteisääneneristävyys vastasi hyvin mitattua kokonaisääneneristävyttä.



Kuva 4. Keskialueen ja reuna-alueiden ilmääneneristävyys taajuuksittain. Erillisrangalla erilliskiskoilla arvot taajuuksilla, joilla on liikaa taustamelua/sivutiesiirtymä, on jätetty pois.

#### 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Monikerrosseinän laitakytkennät rajoittavat joustavien rankojen käytöstä saatavaa ääneneristävyyden parannusta verrattuna puurankaiseen seinään. Laidan vaikutus voidaan kuitenkin nyt ottaa huomioon laskelmissa hyvällä tarkkuudella.



Kuva 5. AWS-rangan mitatun ja mallinnetun ilmääneneristävyyden vertailu. Painotettu ilmääneneristysluku  $R_{(l,w)}$  [dB] on ilmoitettu suluissa. Kuvassa on esitetty myös reuna-alueiden sekä keskialueen mallinnettu ilmääneneristävyys. Reuna-alueen leveytenä käytetty 200 mm (reuna-alueen ala  $2,4 \text{ m}^2$ ).

## VIITTEET

1. HONGISTO V, Monikerroksisen seinärakenteen ilmääneneristävyyden ennustemalli, Työympäristötutkimuksen raporttisarja 2, Työterveyslaitos 2003.
2. BRADLEY J S & BIRTA J A, A simple model of the sound insulation of gypsum board on resilient supports, Noise Control Eng. J **49**(2001)5, 216 – 223.
3. HOPKINS C, WILSON R, CRAIK R M J, Dynamic stiffness as an acoustic specification parameter for wall ties used in masonry cavity walls, Applied Acoustics **58**(1999), 51 – 68.