

Juha-Antti Illikainen

## **ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS**

# ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS

Juha-Antti Illikainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2019  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, rakennesuunnittelu

---

Tekijä: Juha-Antti Illikainen  
Opinnäytetyön nimi: Ulkovaipan ääneneristävyys  
Opinnäytetyön nimi: Sound insulation of the outer shell  
Työn ohjaaja: Sanna Alitalo  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019  
Sivumäärä: 30+7 liitettä

---

Uusiin asuinrakennuksiin täytyy melualueelle rakennettaessa tehdä laskelma ulkovaipan ääneneristävydestä. Ympäristöministeriön uusimman 1.1.2018 voimaan astuneen asetuksen 796/2017 mukaisesti ääneneristysvaatimukset ovat tiukentuneet. Tiukentuneiden vaatimusten ja melualueille rakentamisen lisääntyessä laskelmia joudutaan tekemään entistä enemmän.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli laatia Kontion asuinrakennuksille ulkovaipan ääneneristävydestä laskentatyökalu, jolla voidaan osoittaa ulkovaipan eristävän vaatimusten mukaisesti ääntä. Työkalun avulla saadaan samalla selville myös parannustoimenpiteiden hintavaikutukset.

Työssä perehdyttiin akustiseen laskentaan ja ympäristöministeriön oppaaseen ääneneristävyyden vaatimuksista. Lisäksi työssä tehtiin laskentatyökalu, jolla voidaan laskea ulkovaipan ääneneristävyys. Laskentatyökalusta pyrittiin tekemään mahdollisimman helppokäyttöinen ja vähän lähtötietoja vaativa. Laskentatyökalu tehtiin Excel-ohjelmalla.

Opinnäytetyössä laadittu Excel-pohjainen laskentatyökalu laskee ulkovaipan ääneneristävyyden oppaassa RIL 243-1-2007 esitetyn äänitasoeromenetelmän mukaan. Laskentatyökalusta saadaan rakennusvalvontaan dokumentti ulkovaipan ääneneristävydestä ja myyntiä varten tieto parannustoimenpiteiden hintavaikutuksesta.

---

Asiasanat: ääneneristävyys, melu, laskentatyökalu, pientalot

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, House Building Engineering

---

Author: Juha-Antti Illikainen

Title of thesis: Sound Insulation of the Outer Shell

Supervisor(s): Sanna Alitalo

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019

Pages: 30 + 7 appendices

---

To new residential buildings, when constructing in a noisy area, you need to calculate the sound insulation of the outer shell. In accordance with the latest Decree 796/2017, which came into force in 1 January 2018, the Ministry of the Environment has tightened the requirements for sound insulation. Because the requirements have tightened and construction in noisy areas increase, calculations must be done even more.

The purpose of this thesis was to create a calculation tool for the Kontio residential buildings, which can be prove that the sound insulation requirements of the outer shell are met and at the same time to find out the cost effects of the improvement measures.

In the thesis, acoustic calculation and sound insulation requirements of the Ministry of the Environment were familiarized, as well as the calculation tool for calculating the sound insulation of the outer shell were made. The aim was to make the calculation tool so, that it is as easy to use as possible and requires little initial information. The calculation tool was created using Excel-program.

The Excel-based calculation tool created in the thesis calculates the sound insulation of the outer shell according to the calculation guide in RIL 243-1-2007. From the calculation tool you get a document for building authorities on the sound insulation of the outer shell and information on the cost effect of the improvement measures into sales.

---

Keywords: sound insulation, noise, calculation tool, small house

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Kontiotuote Oy:tä ja Mikko Löfiä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja tuesta työn aikana. Lisäksi haluan kiittää lehtori Sanna Alitaloa opinnäytetyöni ohjauksesta.

Oulussa 25.5.2019

Juha-Antti Illikainen

# SISÄLLYS

|  |    |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ  | 3  |
| ABSTRACT   | 4  |
| ALKULAUSE  | 5  |
| SISÄLLYS   | 6  |
| 1 JOHDANTO   | 8  |
| 2 ÄÄNI JA ÄÄNENERISTÄVYYS                                    | 9  |
| 2.1 Äänenpainetaso   | 9  |
| 2.2 Äänen taajuus  | 9  |
| 2.3 A-painotus   | 10 |
| 2.4 Melu   | 11 |
| 2.4.1 Tieliikennemelu  | 12 |
| 2.4.2 Raideliikennemelu                                      | 12 |
| 2.4.3 Lentoliikennemelu                                      | 13 |
| 2.5 Ääneneristävyys  | 13 |
| 2.6 Rakenteiden ääniteknikka                                 | 15 |
| 2.6.1 Koinsidenssi   | 15 |
| 2.6.2 Resonanssi   | 16 |
| 2.7 Meluntorjunta  | 17 |
| 2.8 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä | 17 |
| 2.9 Asemakaavamerkinnot                                      | 18 |
| 3 LASKENTAMENETELMÄT   | 19 |
| 3.1 Ympäristöministeriön laskentamenetelmä                   | 19 |
| 3.2 Laskentamenetelmä RIL 129:n mukaan                       | 21 |
| 3.3 Laskentamenetelmä RIL 243-1-2007:n mukaan                | 22 |
| 4 LASKENTATYÖKALUN LAADINTA                                  | 24 |
| 4.1 Valmistelut  | 24 |
| 4.2 Laskentatyökalun laadinta                                | 24 |
| 4.3 Laskentatyökalun esittely                                | 25 |
| 5 YHTEENVETO   | 28 |
| LÄHTEET  | 29 |

## LIITTEET

Liite 1 Laskentatyökalun tulosteet

# 1 JOHDANTO

Viime vuosina on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota asuinrakennusten ääneneristävyyteen. Tutkimukset ovat osoittaneet jatkuvan altistumisen melulle aiheuttavan haittaa ihmisten hyvinvoinnille. Ääneneristävyyden huomioiminen on aikaisempaa tärkeämpää, koska kaupungistumisen myötä melualueiden läheisyyteen rakentaminen on lisääntynyt.

Viimeisimmän ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaisesti rakennuksien ääneneristysvaatimukset ovat tiukentuneet. Tämän työn tavoitteena on perehtyä rakennusten ääniympäristöön ja akustiseen laskentaan sekä laatia laskentatyökalu ulkovaiipan ääneneristävyydestä Kontion vakiorakenteille. Rakennusten sisätilojen ääniympäristö on laaja kokonaisuus, mutta tässä työssä keskitytään erityisesti ulkoa tulevaan ääneen ja sen torjuntaan.

Työn tilaaja Kontiotuote Oy on vuonna 1976 perustettu maailman suurin hirsitalovalmistaja. Kontion pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Pudasjärvellä, jossa hirsirakennukset valmistetaan tukista valmiiksi lopputuotteeksi asti. Kontio valmistaa pientalojen ja huviloiden lisäksi myös lisääntyvässä määrin julkisia hirsirakennuksia.



## 2 ÄÄNI JA ÄÄNENERISTÄVYYS

Ääni on ilman painevaihtelua, jonka taajuus on ihmisen kuuloalueella. Ääni etenee ääniaaltoina ja sitä voidaan kuvailla äänitehon ja äänenpaineen avulla. (Ääniympäristö. 2018, 7.)

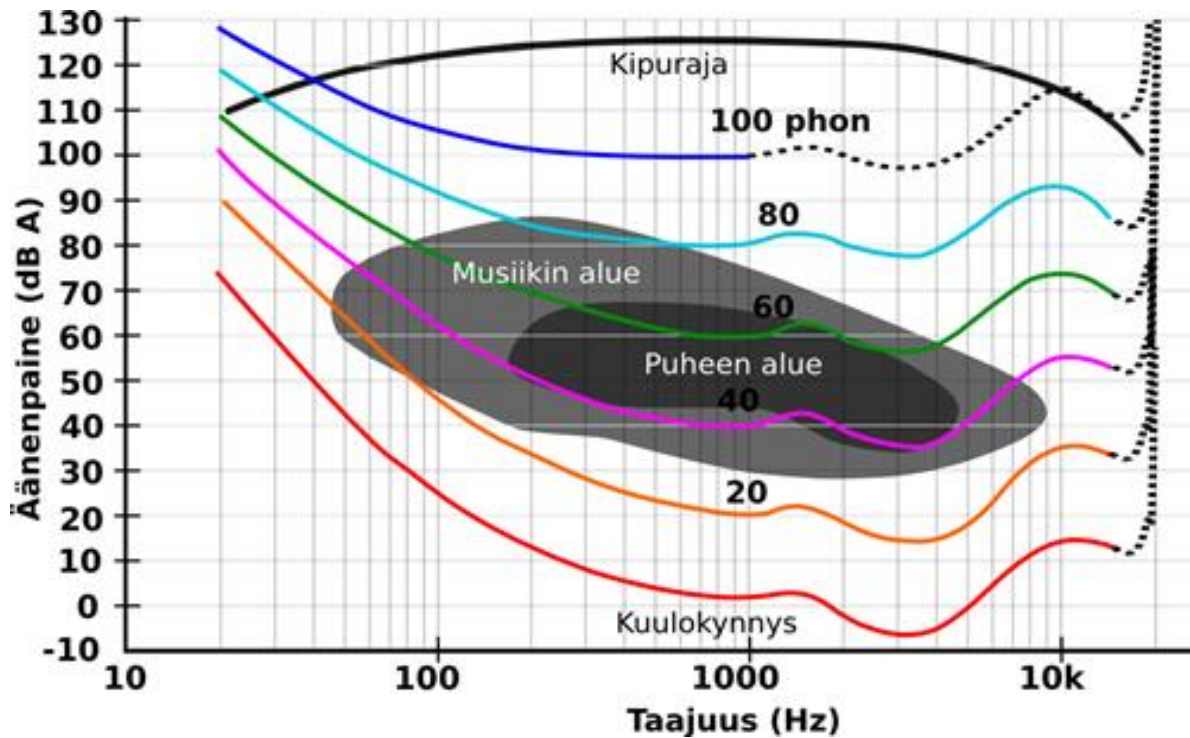
### 2.1 Äänenpainetaso

Äänenä aistittavaa ilmanpaineen muutosta nimitetään äänenpaineeksi. Ihminen pystyy aistimaan pienimmillään 20  $\mu\text{Pa}$  ilmanpaineen muutoksen ja noin 20 Pa:n äänenpaine muuttuu kipuaistimukseksi. Tarkasteltavaa äänenpainetta verrataan vertailuäänepaineeksi otettuun ihmisen kuulokynnykseen, jolloin äänenpaineen voimakkuutta kuvataan äänenpainetasona ( $L_p$ ) ja se ilmoitetaan desibeleinä (dB). Ihmisen kuulokynnys on 0 dB ja kipukynnys on 120 dB. Äänenpainetaso muuttuu logaritmisesti, eli äänilähteiden lisääntyessä äänenpainetaso ei kasva samassa suhteessa. (Kylliäinen 2006, 28–29.)

### 2.2 Äänen taajuus

Äänen taajuus vastaa kuultavan äänen korkeutta ja sen taajuus on riippuvainen ilmamolekyylien värähtelynopeudesta. Äänen taajuutta mitataan värähtelysykliä määränä sekunnissa ja sen yksikkö on hertsi (Hz). Taajuutta tarkasteltaessa taajuusjakauma jaetaan usein pienempiin osiin, eli taajuuskaistoihin. Yleensä käytetään oktaavikaistoja ja kolmannesoktaavikaistoja. (Ääniympäristö. 2018, 7.)

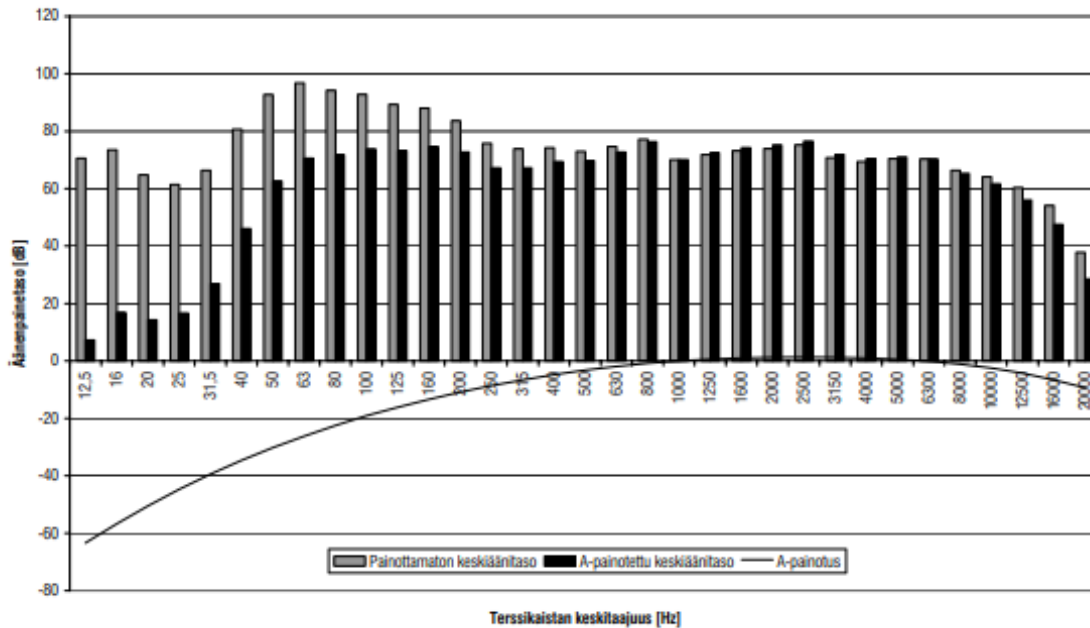
Ihminen kuulee taajuusalueella 20–20 000 Hz olevat äänet. Kuuloaistimus syntyy, kun ilmanpaineen vaihtelun myötä korvan tärykalvot alkavat värähtelemään. Tiheään tapahtuvat värähtelyt koetaan korkeana äänenä ja harvaan tapahtuvat värähtelyt matalana äänenä. Ihmisen kuulokynnys vaihtelee äänen taajuuden mukaan. Nolla desibeliä on määritetty 1 000 Hz:n taajuudelle. Ihmisen tarkin kuuloaisti on 3 000 Hz:n taajuudella, jolloin ihminen voi kuulla jopa -5 dB:n ääniä. Herkimmillään kuuloaisti on 2 000–5 000 Hz:n taajuudella. Matalilla taajuuksilla kuulokynnys on paljon korkeampi. (Kuva 1.) (Kylliäinen 2006, 27; Letonsaari 2015.)



KUVA 1. Ihmisen kuuloalue (Letonsaari 2015)

### 2.3 A-painotus

Kuten luvussa 2.2 kerrottiin, ihmisen kuuloaisti on herkimmillään 2 000–5 000 Hz:n taajuudella. Äänen häiritsevyyttä arvioitaessa kaikkia taajuuksia ei ole tästä syystä järkevää tarkastella samalla tavalla. Kuuloaistin herkkyyttä otetaan huomioon A-painotuksella, joka lisää keskitäajuuksittain äänenpainetasoihin. A-painotus vähentää matalien ja korkeiden taajuuksien vaikutusta. (Kuva 2.) A-painotetusta äänenpainetasosta käytetään merkintää  $L_A$ . (Kylliäinen 2006, 31.)



KUVA 2. A-painotus (Kylliäinen 2006, 31)

## 2.4 Melu

Epämiellyttävä, häiritsevä tai riittävän voimakas ääni koetaan meluna. Melu heikentää elinympäristön laatua ja viihtyisyyttä sekä aiheuttaa unihäiriöitä ja vaikeuttaa keskittymistä ja oppimista. Jatkuva melu voi myös aiheuttaa ihmisessä stressireaktion. Pitkittynyt stressireaktio heikentää hyvinvointia ja suorituskykyä sekä altistaa sydän- ja verisuonitaudeille. (Melu. 2013; Liikonen 2013, 20–25.)

Merkittävimmät melulähteet Suomessa ovat tie-, lento- ja raideliikennemelu. Eri liikennemelulähteiden aiheuttama melu koetaan eri tavalla. Jos melulähteiden aiheuttaman melun keskiäänitaso on sama, koetaan lentoliikennemelu eniten häiritseväksi ja raideliikennemelu vähiten häiritseväksi. Lentoliikenteessä koneet kulkevat usein näkymättömissä ja niiden aiheuttamat äänitasot voivat olla hetkellisesti hyvin korkeita. Tielikenteessä melu on yleensä tasaista kohinaa, jonka keskiäänitaso vaihtelee hyvin vähän ajan suhteen. Raideliikenteen aiheuttama melu syntyy junien ohiajoista ja häiriöt ovat hetkellisiä. Junien aikataulut ovat säännöllisiä ja muuten radan varrella voi olla hyvinkin hiljaista. (RIL 243-1-2007. 2007, 133; Liikonen 2013, 26–30.)

### **2.4.1 Tieliikennemelu**

Tieliikennemelu on merkittävä ympäristömelun aiheuttaja. Ympäristömelulle altistuvista noin 85 % altistuu tieliikennemelulle. Tieliikennemelua on erityisesti suurten kaupunkien katujen ja sisääntuloteiden varsilla. Tieliikenteen melutasoon vaikuttavat ajoneuvojen nopeus, liikennemäärä, raskaiden ajoneuvojen osuus, autojen renkaat ja ajoradan päällyste. Melun leviämiseen vaikuttavat maaston tyyppi ja mäkyisyys. (Liikonen 2013, 26–30; Tieliikenteen melu. 2006.)

Tieliikenteestä syntyvä keskiäänitaso lasketaan yleensä syksyn keskimääräisen arki-  
vuorokausiliikenteen perusteella. Laskentaa varten tulee tietää liikennemäärät, raskaan liikenteen osuus ja nopeusrajoitus. Liikennemelun keskiäänitaso lasketaan nykyisen ja ennustetun liikennemäärän perusteella. Ennustetussa laskennassa huomioidaan liikennemäärän kasvaminen tulevaisuudessa. (RIL 243-1-2007. 2007, 133–135.)

### **2.4.2 Raideliikennemelu**

Ympäristömelulle altistuvista noin 10 % altistuu raideliikennemelulle. Raideliikenteen pääasiallinen melu aiheutuu pyörien ja kiskon välillä syntyvästä värähtelystä. Lisäksi melua aiheuttavat junan moottori ja oheislaitteet. Melutasoon vaikuttavat raiteen kunto ja epäjatkuvuuskohdat raiteiden välissä sekä raiteeseen liittyvät erilaiset laitteet, kuten vaihteet. Lisäksi meluun vaikuttavat mutkat, kiihdytykset ja jarrutukset. Junat voivat aiheuttaa myös maaperän kautta siirtyvää tärinää, jota voidaan estää tärinäneristyksillä. (Liikonen 2013, 26–30; Vastuut melulähteittäin. 2013.)

Raideliikennemelusta aiheutuvan keskiäänitason laskennassa huomioidaan junatyypit ja niiden määrät sekä junien pituudet ja ajonopeudet. Raideliikennemelu lasketaan nykyisen ja ennustetun liikennemäärän mukaan. Tulevaisuudessa liikennemäärän ennustetaan kasvavan huomattavasti pääradalla ja pääkaupunkiseudulla. Tulevaisuudessa liikennöivät junat ovat kuitenkin hiljaisempia kuin vanhat junat, joten raideliikenteen aiheuttamissa keskiäänitasoissa ei ole merkittävää eroa nykyisen ja ennustetun laskennan välillä. (RIL 243-1-2007. 2007, 136.)

### 2.4.3 Lentoliikennemelu

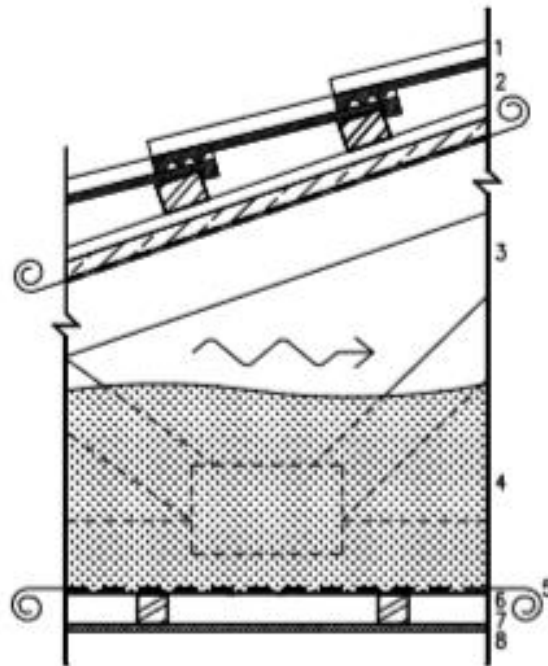
Ympäristömelulle altistuvista noin 3 % altistuu lentoliikennemelulle. Lentokoneiden melu aiheutuu moottorimelusta ja aerodynaamisesta melusta. Moottorimeluun vaikuttavat moottorin koko, tyyppi ja käytettävä tehoasetus. Aerodynaamiseen meluun vaikuttavat lentokoneen tyyppi, lentoasu ja lentonopeus. (Liikonen 2013, 26–30; Vastuut melulähteittäin. 2013.)

Lentoliikennemelun äänitaso ilmoitetaan Suomessa kansainvälisen käytännön mukaisesti ns. päivä-ilta-yömelutasona ja sitä merkitään termillä  $L_{DEN}$ . Siinä ilmoitetaan lentomelun vuorokauden keskiäänitaso siten, että illan (klo 19–22) keskiäänitasoon lisätään 5 dB ja yön (klo 22–7) keskiäänitasoon lisätään 10 dB. Lentoliikennemelussa liikennehuiput ja häiritsevyys painottuvat tie- ja raideliikennemelusta poiketen iltaan. Suosituksena on, että uusia asuinrakennuksia ei sijoiteta alueille, joissa  $L_{DEN}$ -arvo on suurempi kuin 60 dB. (RIL 243-1-2007. 2007, 136.)

### 2.5 Ääneneristävyys

Rakennusosien ääneneristävyys ilmoitetaan Ilmanääneneristyslukuna, joka on mitattu laboratorio-olosuhteissa. Ilmanääneneristysluvusta käytetään laboratorio-olosuhteissa mitattuna merkintää  $R_w$ . Ilmanääneneristysluku  $R_w$  kertoo, kuinka paljon rakennusosa laskee puheäänien A-painotettua äänitasoa. Jos ilmanääneneristysluku on mitattu kenttäolosuhteissa rakennukseen asennettuna, käytetään siitä merkintää  $R'_w$ . (RIL 243-1-2007. 2007, 59–60.) Suomessa on alettu ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaisesti käyttämään rakennuksessa mitattavan tilojen välisen ilmaääneneristyksen mitataluvun  $R'_w$ :n sijasta standardisoitua äänitasoerolukua  $D_{nT,w}$  (796/2017. 2017).

Ilmanääneneristyslukua  $R_w$  käytetään puheääneneristävyttä arvioitaessa. Jos melulähteen taajuusjakauma poikkeaa paljon puheen taajuusjakaumasta, täytyy ilmaääneneristyslukua korjata spektripainotustermeillä. Ulkovaippaan kohdistuu erityisesti tie-, raide-, ja lentoliikennemelua. Nämä melulähteet sisältävät enemmän pienitaajuisia melua kuin puhe. Spektripainotustermi C on tarkoitettu raide- ja lentoliikennemelua varten ja silloin ääneneristysluvusta käytetään merkintää  $R_w+C$ . Spektripainotustermi  $C_{tr}$  on tarkoitettu tieliikennemelua varten ja silloin ääneneristysluvusta käytetään merkintää  $R_w+C_{tr}$  (kuva 3). (RIL 243-1-2007. 2007, 62.)



1. Betonitiilikate.
2. Vesikatteen alusrakenteet.
3. Tuuletustila, tuloilmaraossa äänenvaimennin ks. luku 17 Rakenteiden liittymät.
4. NR-ristikot + puhallettu tai levymäinen lämmöneristevilla ( $t \geq 300$  mm).
5. Ilman- ja höyrinsulkukalvo, jatkokset alapaarten kohdalle, limitys  $\geq 200$  mm.
6. Kova puukuitulevy ( $t = 3$  mm).
7. Alakaton kiinnityskoolaus, levyn kiinnityksen takia k-jako enintään 400...450 mm.
8. Rakennuslevy, paino  $\geq 9$  kg/m<sup>2</sup>, levytys tiivistetään pystyrakenteisiin elastisella kitillä.  
Rakennuslevyn tyyppiin ja levykerrosten määrään vaikuttaa myös palotekniikka.

**Liikennemelun ilmaääneneristysluku  $R_w + C_{tr} \geq 49$  dB**

*KUVA 3. Yleisesti käytetyn yläpohjan ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan (Ääneneristys puutalossa. 2004, 60)*

Kokonaisääneneristävyydellä tarkoitetaan kaikkien rakennusosien yhdessä saavuttamaa ääneneristävyttä. Sisätilaan syntyvään äänitasoon vaikuttavat ulkovaipan rakennusosien ääneneristyskyky ja pinta-ala, mutta myös äänen vaimeneminen huonetilassa. Rakennusosan kautta välittyy sitä enemmän ääntä, mitä suurempi sen pinta-ala on. Toisaalta taas sisätilaan syntyvään äänitasoon vaikuttaa eniten se rakenne, jonka ääneneristävyyskyky on heikoin. Jos ikkunan ilmaääneneristysluku on 40 dB siirtyy siihen kohdistuvan melun äänitehosta sisälle noin 1/10 000. Jos seinärakenteen ilmaääneneristysluku on 60 dB siirtyy siihen kohdistuvan melun äänitehosta sisälle noin yksi mil-

joonasosa. Ikkunan kautta ääntä siirtyy siis satakertainen määrä verrattuna seinärakenteeseen. Ikkunan ja seinärakenteen ilmaääneneristyslukujen ollessa samat on seinärakenne isomman pinta-alan vuoksi määräävin äänen kulkureitti. (Rakennuksen ulkovai-pan ääneneristyksen suunnittelu, 4–5.)

## **2.6 Rakenteiden äänitekniikka**

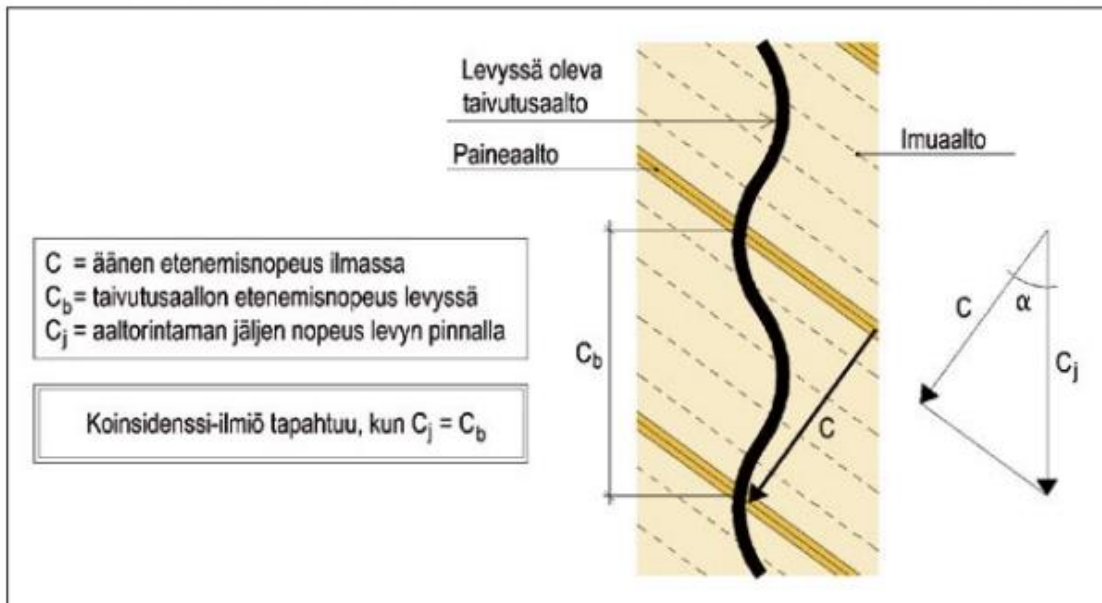
Rakenteet ovat ääniteknisesti yksinkertaisia silloin, kun ne ovat kauttaaltaan samaa materiaalia tai kiinteästi kytkettyinä toisiinsa, jolloin ne värähtelevät yhtenä kokonaisuutena. Ääneneristävyys perustuu yksinkertaisessa rakenteessa lähinnä rakenteen massaan ja ilmatiivyyteen. Ääniaaltojen kohdatessa rakenteen se alkaa värähtelemään, ja mitä enemmän rakenne värähtelee, sitä enemmän se synnyttää ääniaaltoja toiselle puolelle. Jos rakenne on hyvin raskas, ei sen ääneneristävyttä saada pienellä massan lisäyksellä enää oleellisesti parannettua. Ääneneristävyden parantaminen massan lisäyksellä on taloudellisesti kannattavaa vain silloin kun rakenne on alun perin kevyt. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 18.)

Kerrokselliset levyrakenteet poikkeavat huomattavasti ääneneristysominaisuuksiltaan massiivirakenteista. Kerroksellisissa rakenteissa ääneneristävyttä parannetaan katkaisemalla äänen kulkureitti ilmapäleihin ja joustavin liitoksien. Kerrosten välissä oleva ilmatila toimii jousena ja vähentää toiselle puolelle siirtyvää värähtelyä. Kerroksellisten levyrakenteiden aiheuttamat äänen sivusiirtymät jäävät vähäisiksi myös levy-pintaisten rakenteiden pienen äänen säteilykertoimen ansiosta. Yksinkertaisen seinärakenteen ääneneristävyttä saadaan parannettua paremmin lisäämällä siihen ilmapälin sisältävä lisäkerros kuin rakenteen paksuutta lisäämällä. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 14.)

### **2.6.1 Koinsidenssi**

Koinsidenssi-ilmiössä esimerkiksi rakennuslevyn pintaan tietyssä kulmassa osuva ääniaaltorintama ja levyyn muodostunut äänen aiheuttama taivutusaalto etenevät samalla nopeudella. Jatkuva ääni aiheuttaa tällöin yli- ja alipainerintaman, joka osuu taivutusaallon huippuun ja notkoon (kuva 4). Äänen edetessä tilanne säilyy koko ajan samana, jolloin ääniaallot läpäisevät levyn ja ääneneristävyys riippuu lähinnä levyn ja muun rakenteen häviömekanismista. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 21.)

Jokaiselle yksinkertaiselle rakenteelle on määritetty koinsidenssitaajuus, jonka ylittävillä äänentaajuuksilla koinsidenssi-ilmiötä tapahtuu ja siitä johtuen rakenteen ääneneristävyyks heikkenee. Rakenteen koinsidenssitaajuus tulisi olla ihmisen kuulon kannalta oleellisen taajuusalueen 100–3 150 Hz:n yläpuolella. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 21.)



KUVA 4. Koinsidenssi-ilmiö levyssä (Ääneneristys puutalossa. 2004, 21)

## 2.6.2 Resonanssi

Resonanssi-ilmiö tarkoittaa tilannetta, jossa rakenteeseen kohdistuvat ääniaallot ovat rakenteen resonanssitaajuudella ja saavat rakenteen värähtelemään ja säteilemään ääntä voimakkaasti. Ääniaaltojen ollessa samalla taajuudella kuin rakenteen resonanssitaajuus ne vahvistavat toisiaan, jolloin ääneneristävyyks heikkenee. Rakenteet tulisi toteuttaa siten, että niiden resonanssitaajuusalue on ihmisen kuulon kannalta oleellisen taajuusalueen 100–3 150 Hz:n alapuolella. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 20.)

Kaksinkertaisen seinän ääneneristävyyks kasvaa resonanssitaajuuden yläpuolella nopeasti, mutta resonanssitaajuusalueella ääneneristävyyks on yleensä heikompi kuin saman painoisen yksinkertaisen seinän. Tästä syystä kaksinkertaisen seinän resonanssitaajuuden tulisi olla mahdollisimman alhainen. Kaksinkertaisen seinä ilmvälisiin ei myös-



kään saa asentaa yhtenäistä levytystä, koska tällöin seinästä tulee kolminkertainen ja ääneneristävyys heikkenee. Ääneneristävyyden heikentyminen johtuu siitä, että seinään syntyy useita värähtelysteemejä ja tästä syystä resonanssitaajuus siirtyy ylemmäs. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 24.)

## **2.7 Meluntorjunta**

Rakennuksien ääniolosuhteisiin voidaan vaikuttaa eri meluntorjuntakeinoilla. Meluntorjunnassa tulisi olla ensisijaisena keinona ennaltaehkäisy. Kaavoja laatiessa on mahdollista vaikuttaa meluisien ja hiljaisuutta edellyttävien alueiden erottamiseen toisistaan. Suunnittelulla voidaan vaikuttaa pääväylien reitteihin ja asuinalueet voidaan suunnitella niin, ettei sinne synny läpiajoa. Ennaltaehkäisykeinona voidaan myös sijoittaa sellaisia toimintoja liikenneväylien varteen, jolla estetään melun leviäminen hiljaisuutta edellyttävälle alueelle. Usein käytetty tapa liikenneväylien viereen kaavoitetuilla asutusalueilla on sijoittaa liikenneväylän varteen äänipuskuriksi toimisto- ja liikerakennuksia. (Kylliäinen 2006, 31.)

Rakennuksen ulkovaipalle asetetaan ääneneristysvaatimus yleensä silloin, kun rakennus sijaitsee melualueella. Ääneneristysvaatimusten tavoitteena on, että asuinrakennuksessa saavutettaisiin riittävän hyvät ääniolosuhteet. Rakennusosien ääneneristävyyden parantamisen lisäksi asuinrakennuksen ääniolosuhteisiin voidaan vaikuttaa hyvällä tilojen suunnittelulla. Olohuone ja erityisesti makuhuoneet tulisi sijoittaa pois meluisten tiealueiden ja muiden ulkomelulähteiden puoleiselta julkisivulta. Melulähteiden puoleiselle julkisivulle tulisi sijoittaa äänipuskuriksi sellaisia tiloja, joita ei pääsääntöisesti käytetä oleskeluun ja nukkumiseen, kuten märkätilat, keittiö ja vaatehuone. (Ääneneristys puutalossa. 2004, 16.)

## **2.8 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä**

Ympäristöministeriön 1.1.2018 voimaan astuneessa asetuksessa 796/2017 on tiukennettu sisätilassa sallittavien melutasojen ohjearvoja. Asetus korvaa aiemmat Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaiset melutasojen ohjearvot. (Ääniympäristö. 2018, 2.)

Valtioneuvoston päätöksen 993/1992 mukaan ”Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa on ohjeena, että ulkoa kantautuvasta melusta aiheutuva melutaso sisällä alittaa melun A-

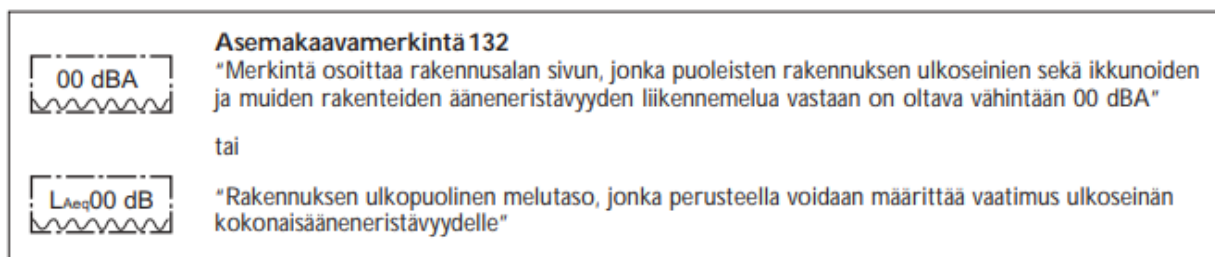
painotetun ekvivalenttitason ( $L_{Aeq}$ ) päiväohjearvon (klo 7-22) 35 dB ja yöohjearvon (klo 22-7) 30 dB” (993/1992. 1992).

Ympäristöministeriön asetuksessa 796/2017 on tiukennettu sisätilassa sallittavien melutasojen ohjearvoja.

Rakennuksen, jossa on asuntoja, majoitus- tai potilashuoneita, ulkovaipan ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava siten, että ääneneristys on vähintään 30 desibeliä ja impulssimaisen, kapeakaistaisen tai pienitaajuisen melun keskiäänitaso ei ylitä nukkumiseen tai lepoon käytettävissä huoneissa 25 desibeliä. (796/2017. 2017.)

## 2.9 Asemakaavamerkinnot

Asemakaavassa ilmoitetaan rakennuksen julkisivun ääneneristysvaatimuksesta. Ulkovaipan ääneneristysmääräys perustuu ympäristöministeriön eri tiloille asettamille melutasojen ohjearvoille. Kaavamääräys äänitasoerosta muodostuu ulkovaipan kohdalla vallitsevan keskiäänitason ja sisällä sallittavan keskiäänitason erotuksena. Asemakaavassa voidaan ilmoittaa suoraan ääneneristysvaatimus ulkovaipalle tai ilmoittaa rakennuksen ulkopuolella vallitseva melutaso, josta voidaan laskea ulkovaipalta vaadittava ääneneristävyys. Asemakaavamerkintä voidaan antaa kaikille rakennuksen sivuille tai pelkästään merkityille sivuille. (Kuva 5.) (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 9.)



KUVA 5. Kaavamääräys rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyydestä (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 9)

### 3 LASKENTAMENETELMÄT

Ääneneristävyydestä puhuttaessa menee helposti sekaisin kaksi eri asiaa. Asemakaavassa oleva ulkovaipan ääneneristävyyttä koskeva kaavamääräys ilmoitetaan äänitasoerona, mutta rakenteista ilmoitetaan ilmanääneneristysluvut. Näitä kahta asiaa ei voida verrata keskenään, joten ulkovaipan ääneneristävyys tulee laskea erillisellä menetelmällä. Määräyksiä menetelmistä, joilla ulkovaipan ääneneristävyyden toteutuminen voidaan osoittaa, ei ole. Vaihtoehtoisia laskentamenetelmiä on esimerkiksi ympäristöoppaassa 108 julkaistu menetelmä, RIL 129 ja RIL 243-1-2007 mukaiset äänitasoeromenetelmät. Nämä menetelmät johtavat yleensä samaan lopputulokseen. (RIL 243-1-2007. 2007, 144.)

#### 3.1 Ympäristöministeriön laskentamenetelmä

Ympäristöministeriön laskentamenetelmällä, joka on esitetty Ympäristöoppaassa 108, voidaan laskea julkisivulle ja siinä oleville ikkunoille ääneneristävyysvaatimus, jolla kaavamääräyksessä oleva äänitasoero saavutetaan. Mitoitusmenetelmässä muodostetaan aluksi kaavamääräyksestä ääneneristävyysvaatimus koko julkisivulle (kaava 1), johon vaikuttaa lisäksi taulukossa 1 oleva julkisivun pinta-alan ja lattiapinta-alan suhteen huomioiva korjaustermi  $K_1$ . Tämän jälkeen julkisivun rakennusosien ääneneristävyydet mitoitetaan siten, että ne yhdessä täyttävät koko julkisivun vaatimuksen. (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 11.)

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ (dB)}$$

KAAVA 1

$R_{tr,vaad}$  = julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus

$\Delta L$  = asemakaavamerkinnän mukainen ulkomelun keskiäänitason ja sallittavan sisämelutason erotus

$K_1$  = tarkasteltavan julkisivun pinta-alan ja huoneen absorptioalan huomioon ottava korjaustermi

*TAULUKKO 1. Absorptioalan korjaustermin  $K_1$  arvot (dB) tarkasteltavan julkisivun pinta-alan  $S$  ja huonetilan lattiapinta-alan  $S_H$  suhteesta riippuen (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 12)*

|  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Julkisivun pinta-ala/lattian pinta-ala $S/S_H$ | 2,5 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
| Termi $K_1$                                    | +5  | +4  | +3  | +2  | +1  | 0   | -1  | -2  | -3  |

Ulkoseinän rakenteellisen osan ääneneristävyysvaatimus on 3 dB suurempi kuin koko julkisivulta vaadittava ääneneristävyys (kaava 2) (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 12).

$$R_{A,tr,seinä} \geq R_{tr,vaad} + 3 \text{ dB}$$

KAAVA 2

$R_{A,tr,seinä}$  = ulkoseinärakenteen (aukoton osa) ääneneristysluku

$R_{tr,vaad}$  = julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus

Julkisivussa olevien ikkunoiden ja ovien ääneneristävyysvaatimus riippuu niiden pinta-alan suhteesta julkisivun pinta-alaan (kaava 3). Pinta-alojen suhteen mukaan saadaan taulukosta 2 korjausarvo  $K_2$ . (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 13.)

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 \text{ (dB)}$$

KAAVA 3

$R_{A,tr}$  = ko. rakennusosien ääneneristysluku

$R_{tr,vaad}$  = julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus

$K_2$  = korjausermi, joka riippuu julkisivussa olevien rakennusosien (ovet ja ikkunat) kokonaispinta-alan ja tarkasteltavan julkisivun pinta-alan suhteesta

**TAULUKKO 2.** *Julkisivussa olevien ikkunoiden ja parvekeovien yhteispinta-alan  $\sum S_i$  ja tarkasteltavan julkisivun pinta-alan  $S$  suhteen  $\sum S_i/S$  mukainen korjausermi  $K_2$  (dB) (Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003, 13)*

|              |             |      |      |      |      |      |      |             |
|--------------|-------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| $\sum S_i/S$ | $\leq 0,10$ | 0,13 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | $\geq 0,50$ |
| Termi $K_2$  | -6          | -5   | -4   | -3   | -3   | -2   | -1   | 0           |

### 3.2 Laskentamenetelmä RIL 129:n mukaan

Ulkovaipan eri rakennusosien vaikutusta saavutettavaan äänitasoeroon voidaan tarkastella oppaassa RIL 129 esitetyllä äänitasoeromenetelmällä. Menetelmässä johdetaan rakennusosien ilmaääneneristysluvusta toteutuva äänitasoero, jota voidaan verrata asemakaavassa vaadittuun äänitasoeroon. Tällä menetelmällä ulkovaipan ääneneristyksen mitoittamisessa riittää yleensä ikkunan ääneneristävyuden selvittäminen, koska yläpohjien ja seinien ääneneristävyys on useimmiten huomattavasti parempi. (RIL 129. 2003, 154.)

Ääneneristävyuden arvioimiseen käytetään  $R_w+C_{tr}$ -arvoa, joka kuvaa rakennuksen ulko- ja sisäpuolelle syntyvien melutasojen erotusta. Jos ikkunalle on tiedossa  $R_{ate}$ -luku, voidaan myös sitä käyttää laskennassa  $R_w+C_{tr}$ -luvun sijaan.  $R_w+C_{tr}$ -luku on mitattu ISO 140 -standardin mukaisesti laboratoriossa ottamalla huomioon asuinhuoneen keskimääräiset akustiset olosuhteet ja ulkoisen liikennemelun taajuusjakauma. Lukua sellaisenaan käytettynä edellytetään, että ikkunan pinta-ala on 20 % huoneen pinta-alasta, joka on hyvin yleinen pinta-alojen suhde. Ikkunan pinta-alan ollessa pienempi tai suurempi kuin 20 % huoneen pinta-alasta valitaan taulukosta 3 korjausarvo  $R_w+C_{tr}$ -luvulle. Pinta-alasuhteen ollessa pienempi kuin 20 % korjausarvo vähentää ikkunalta vaadittavaa ääneneristyslukua. Vastaavasti pinta-alasuhteen ollessa suurempi kuin 20 % korjausarvo suurentaa ikkunalta vaadittavaa ääneneristyslukua, jotta ulkovaipan ääneneristysvaatimus täyttyy. (RIL 129. 2003, 154–155.)

*TAULUKKO 3. Ikkunalta vaadittavan  $R_w+C_{tr}$ -arvon selvittäminen pinta-alasuhteen vaihdellessa (RIL 129. 2003, 154)*

| Pinta-alasuhte %             | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 31 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Korjaus $R_w+C_{tr}$ -lukuun | -3 | -2 | -1 | 0  | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 | +6 | +7  |

Ikkunoiden ja ovien ääneneristävyudet eivät ole rakennukseen asennettuina yhtä hyviä kuin laboratoriossa mitatut arvot johtuen asennustöissä tapahtuvista epätarkkuuksista, tiivisteiden kulumisesta ja äänen tulosuunnan vaihtelusta. Tästä syystä ikkunoille ja oville pitää tehdä myös ns. käyttökorjaus, jonka vähimmäisarvo on 3 dB. Käyttökorjausarvo vähennetään laboratoriossa mitatusta ääneneristysarvosta. (RIL 129. 2003, 156.)

Kaikkien ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyydet muunnetaan vastaamaan 20 %:n pinta-alasuhdetta taulukon 3 korjaustermillä. Rakennuksen ulkopuolen äänitasoksi valitaan mielivaltainen arvo, joka voi olla esimerkiksi 100 dB. Sisätilaan yhden rakennusosan kautta siirtynyt äänitaso lasketaan kaavan 4 mukaisesti. (RIL 129. 2003, 156.)

$$L_{A,Rak,osa} = 100 - R_w + C_{tr} \quad \text{KAAVA 4}$$

$R_w + C_{tr}$  = rakennusosan ilmanääneneristysluku korjattuna 20 % pinta-alasuhteen korjausarvolla

Sisätilaan syntynyt kokonaisäänitaso saadaan selville yhdistämällä eri rakennusosien kautta siirtyneet äänitasot kaavan 5 mukaisesti (RIL 129. 2003, 156).

$$L_{A,kok} = 10 \lg(10^{\frac{L_{A,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{A,2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{A,n}}{10}}) \quad \text{KAAVA 5}$$

$L_{A,kok}$  = kokonaisäänitaso

$L_{A,1}, L_{A,2}, L_{A,n}$  = yksittäisen rakennusosan kautta sisätilaan siirtynyt äänitaso

Kokonaisäänitaso vähennetään sadasta desibelistä ja näin saadaan selville ulkovaipan saavuttama äänitasoero (kaava 6). Tätä arvoa voidaan verrata kaavamääräykseen. (RIL 129. 2003, 154.)

$$\Delta L_A = 100 - L_{A,kok} \quad \text{KAAVA 6}$$

$\Delta L_A$  = rakennusosien yhdessä saavuttama äänitasoero

### 3.3 Laskentamenetelmä RIL 243-1-2007:n mukaan

RIL 243-1-2007:n mukaisella äänitasoeromenetelmällä saadaan ulkoa sisälle siirtyvä A-painotettu äänitaso laskettua ulkona vallitsevasta äänitasosta ja rakennusosien ilmanääneneristysluvuista. Tietyn rakennusosan kautta sisätilaan siirtynyt äänitaso riippuu rakennusosan pinta-alan suhteesta lattiapinta-alaan. (Kaava 7.) Myös tässä menetelmässä on ikkunoiden ja ovien ääneneristysluvuille tehtävä käyttökorjaus, jonka vähimmäisarvo on 3 dB. (RIL 243-1-2007. 2007, 146.)

$$L_s = L_u - (R_w + C_{tr}) + 7 + 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_H} \quad \text{KAAVA 7}$$

$L_s$  = sisätilan äänitaso

$L_u$  = ulkona vallitseva äänitaso

$R_w + C_{tr}$  = rakennusosan ilmanääneneristysluku

$S_i$  = rakennusosan pinta-ala

$S_H$  = huoneen lattian pinta-ala

Koska kaavamääräyksessä ilmoitetaan yleensä äänitason sijasta äänitasoero, laske-  
taan kunkin rakennusosan kautta sisätilaan siirtyvän äänen äänitasoero kaavalla 8 (RIL  
243-1-2007. 2007, 146).

$$\Delta L_{A,i} = R_w + C_{tr} - 7 - 10 \log_{10} \frac{S_i}{S_H} \quad \text{KAAVA 8}$$

$\Delta L_{A,i}$  = rakennusosan kautta kulkevan äänen äänitasoero

$R_w + C_{tr}$  = rakennusosan ilmanääneneristysluku

$S_i$  = rakennusosan pinta-ala

$S_H$  = huoneen lattian pinta-ala

Äänitasoero lasketaan jokaisen rakennusosan kautta erikseen, minkä jälkeen niiden  
yhdessä saavuttama äänitasoero lasketaan kaavalla 9 (RIL 243-1-2007. 2007, 146–  
147).

$$\Delta L_{A,tot} = -10 \log_{10} \sum 10^{-\Delta L_{A,i}/10} \quad \text{KAAVA 9}$$

$\Delta L_{A,tot}$  = rakennusosien yhdessä saavuttama äänitasoero

$\Delta L_{A,i}$  = rakennusosan kautta kulkevan äänen äänitasoero

Rakennusosien yhdessä saavuttama äänitasoero tulee olla vähintään yhtä suuri kuin  
kaavamääräyksessä ulkovaipalta vaadittu äänitasoero (RIL 243-1-2007. 2007, 146).

## **4 LASKENTATYÖKALUN LAADINTA**

### **4.1 Valmistelut**

Opinnäytetyön tilaajan, Kontiotuote Oy:n, toiveena oli saada laskentatyökalu, josta saadaan viranomaisille dokumentti asuinrakennuksen ulkovaipan ääneneristävyydestä ja myyntiä varten tietoon ääneneristävyyden parannustoimenpiteiden hinnanmuutokset. Laskentatyökalun täytyi olla helppokäyttöinen ja vähän lähtötietoja vaativa. Kontion vakiorakenteet haluttiin ohjelmaan valittaviksi. Laskentatyökalu päätettiin tehdä Excel-ohjelmalla, joka on helppokäyttöinen ja takaa laajan yhteensopivuuden eri laitteiden kanssa.

Laskentatyökalu oli alun perin tarkoitus toteuttaa ympäristöministeriön oppaan laskentamenetelmän mukaan, mutta päädyttiin lopulta tekemään oppaassa RIL 243-1-2007 esitetyn äänitasoeromenetelmän mukaan. Ympäristöoppaan laskentamenetelmä osoitautui ongelmalliseksi, koska sillä ei voi vertailla eri rakenteiden yhteisvaikutusta ääneneristävyyteen. Ulkovaipan ääneneristävyydelle saadaan kyllä sama lopputulos kuin RIL 243-1-2007:n mukaisella menetelmällä, mutta yhden rakennusosan parannus ei vähennä toisen rakennusosan ääneneristysvaatimusta.

### **4.2 Laskentatyökalun laadinta**

Laskentatyökalun tekeminen aloitettiin sillä tavoitteella, että siitä saadaan Kontion käyttöön helppokäyttöinen apuväline, jolla voidaan jo hyvin varhaisessa vaiheessa selvittää rakenteet, joilla ääneneristysvaatimukset täyttyvät. Laskentatyökalusta haluttiin tehdä sellainen, että siitä saadaan suoraan tulosteet rakennusvalvontaan ja saadaan lisäksi tietoon valittujen rakenteiden hintavaikutus.

Työn aluksi selvitettiin, mitä tietoja laskentatyökaluun pitää lisätä. Ohjelmaan lisättiin Kontion vakioseinärakenteet, vakioikkunat ja yläpohjatyypit. Tämän jälkeen kerättiin kyseisten rakennusosien ääneneristysarvot omiin taulukoihin, joita voidaan myöhemminkin täydentää ja päivittää. Vakio-ovia ei ohjelmaan lisätty vaan käyttäjä lisää tiedot itse ovimallin mukaan.



Seuraavaksi alettiin hahmottelemaan laskentatyökalun ulkoasua. Ääneneristävyyslaskelma täytyy tehdä jokaiselle huoneelle erikseen, joten huoneiden pinta-alojen ja rakenteiden pitää olla eriteltynä. Laskentasisivun alkuun päätettiin tehdä taulukko huoneille, joihin kootaan huoneiden pinta-alat. Laskentamenetelmään perehtymisen jälkeen tiedettiin, mitä tietoja laskennassa pitää olla mukana. Laskentasisivulle lisättiin tarvittavat taulukot, joissa on tiedot rakenteista, ääneneristysarvoista ja laskentamenetelmän tarvitsemista tiedoista. Sen jälkeen ohjelmoitiin kaavat laskemaan ulkovaipan ääneneristävyys valitulle huoneelle. Kun kaavat saatiin ohjelmoitua laskemaan yhden huoneen ääneneristävyys, nämä kaavat kopioitiin siten, että jokaisen huoneen ääneneristävyys lasketaan erikseen.

Kun laskentatyökalu saatiin toimimaan ja ulkoasu siistiksi, alettiin hahmottelemaan hintavaikutustaulukkoa. Ulkovaipan ääneneristävyttä parannetaan hirsirakennuksissa yleensä paremmin ääntä eristävillä ikkunoilla ja hirsiseinän lisäeristyksellä. Exceliin lisättiin neliökohtaiset lisähinnat seinän lisäeristykselle ja paremmille ikkunoille. Kun neliökohtaiset hinnat oli lisätty, ohjelmoitiin kaavat laskemaan pinta-alojen perusteella kokonaishinta tehdyistä parannuksista.

Lopuksi tehtiin vielä laskelmiin kansilehti, jonka tietoja voidaan päivittää kohteen mukaan. Kansilehdestä selviävät kohteen tiedot, ääneneristysvaatimus, mitoitusmenetelmä sekä laskelman tekijä ja allekirjoitus.

### **4.3 Laskentatyökalun esittely**

Laskentatyökalun käyttöä pyrittiin selkeyttämään niin, että valkoisella pohjalla oleviin soluihin pitää käyttäjällä lisätä tietoa ja harmaalla pohjalla oleviin soluihin ei tarvitse koskea. Ulkonäöllisistä syistä jotkin muokkausta vaativat solut ovat kuitenkin harmaalla pohjalla ja käyttäjää on huomioitu Excelissä kommentteilla solujen kohdalla.

Laskentatyökalun aloitussivulla on ensimmäisenä alasvetovalikko, josta valitaan melutyyppi, jonka perusteella ohjelma laskee ulkovaipan ääneneristävyden. Seuraavaksi lisätään paikkakunta ja ääneneristysvaatimus. Sen jälkeen valitaan, otetaanko yläpohja laskentaan mukaan vai ei. Tämän jälkeen tulee taulukko, johon kootaan pinta-alat huonekohtaisesti. Taulukon yläpalkissa ovat alasvetovalikot, joista voidaan valita rakennuksessa olevat huoneet. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Laskentatyökalun aloitussivun lähtötiedot



**ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS**

|                               |                 |                             |       |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------|
| MELUTYYPPI                    | Tieliikennemelu | PAIKKAKUNTA                 | OULU  |
| ÄÄNENERISTÄVYYS-VAATIMUS (dB) | 32              | YLÄPOHJA MUKANA LASKENNASSA | KYLLÄ |

| HUONEET                                | OH/K | KHH  | MH1  | MH2  | MH3  | MH4  | MH5  | MH6  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lattian pinta-ala (m <sup>2</sup> )    | 20   | 12   | 12,1 | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| Yläpohjan pinta-ala (m <sup>2</sup> )  | 20   | 12   | 12,1 | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| Huonekorkeus (m)                       | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  |
| Julkisivun pituus (m)                  | 4    | 5    | 5,25 | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
| Julkisivun pinta-ala (m <sup>2</sup> ) | 10,4 | 13,0 | 13,7 | 18,2 | 20,8 | 23,4 | 26,0 | 28,6 |

Seuraavaksi siirrytään tekemään huonekohtaiset ääneneristyslaskelmat. Ensimmäiseksi valitaan alasvetovalikosta huone, josta ääneneristävyyslaskelma tehdään. Sen jälkeen aukkotaulukkoon nimetään ikkunat ja valitaan alasvetovalikosta kyseisen huoneen ikkunamallit sekä lisätään aukkojen koko moduulimittoina. Ohjelma laskee ikkunoiden pinta-alat, hakee niiden ääneneristysarvot ja tekee käyttökorjauksen ääneneristysarvoon. Ovien tiedot ja ääneneristysarvot käyttäjä lisää itse. (Taulukko 5.)

Lopuksi valitaan rakennetaulukon alasvetovalikoista yläpohja- ja seinärakenteet (taulukko 5). Ohjelma laskee tähän asti lisättyjen tietojen perusteella kyseisen huoneen ääneneristävyyden. Lisäksi ohjelma laskee tehtyjen valintojen hinnat erilliseen taulukkoon. Tämä huonekohtainen laskelma tehdään jokaiselle huoneelle erikseen ja näin saadaan tulosteet rakennusvalvontaan ja muutosten yhteishinta selville. Liitteessä 1 on esitetty laskentatyökalun tulosteet.

TAULUKKO 5. Huonekohtainen ääneneristävyysslaskelma

**HUONEIDEN TIEDOT**

OH/K

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W3 | MSEA200 Normaali | 1   | 4      | 6       | 0,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | LUO              | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                            | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI             | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|--------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103              | 20,0                           | 1,00                      | 49                            | 42               |
| Seinä     | LH 205*220 LE 45mm | 5,9                            | 0,29                      | 43                            | 41               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali   | 1,2                            | 0,06                      | 35                            | 40               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali   | 1,2                            | 0,06                      | 35                            | 40               |
| Ikkuna W3 | MSEA200 Normaali   | 0,2                            | 0,01                      | 35                            | 47               |
| Ovi D1    | LUO                | 1,9                            | 0,09                      | 37                            | 40               |

|                               |    |          |    |    |
|-------------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNENERISTÄVYYS | 34 | VAATIMUS | 32 | OK |
|-------------------------------|----|----------|----|----|

## 5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli perehtyä rakennusten ääniympäristöön ja akustiseen laskentaan sekä laatia tilaajalle Excel-pohjainen laskentatyökalu, jolla voidaan osoittaa asuinrakennusten ulkovaipan eristävän vaatimusten mukaisesti ääntä. Lisäksi laskentatyökalusta haluttiin saada tietoon parannusvaikutusten hinnanmuutokset myyntiä varten.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin Excel-pohjainen laskentatyökalu, jolla voidaan laskea ulkovaipan ääneneristävyys ja saadaan samalla selville valittujen rakenteiden vaikutus kokonaishintaan. Laskentatyökalun avulla rakennukselle voidaan jo hyvin varhaisessa tehdä ääneneristävyyslaskelma, jotta tiedetään, millä rakenteilla riittävä ääneneristävyys saavutetaan. Samalla laskelmalla voidaan rakennusvalvonnalle osoittaa ulkovaipan eristävän vaatimusten mukaisesti ääntä.

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja sitä tehdessä tietämys rakenteiden ääniteknisistä ominaisuuksista ja rakennusten sisätilojen ääniolosuhteisiin vaikuttavista asioista lisääntyi. Melulla on merkittävä vaikutus ihmisten hyvinvointiin, joten asuinrakennuksissa on tärkeää huomioida riittävästä ääneneristävydestä. Rakennusten äänimaailma on laaja kokonaisuus ja pelkästään ulkoa tulevan melun torjunnalla eivät sisätilojen ääniolosuhteet välttämättä ole hyvät, jos rakennuksen sisäpuolisia melulähteitä ei ole huomioitu.

Työn haasteena oli vähäinen kokemus Excelin käytöstä ja se, että aloittaessa ei ollut tietoa, millä laskentamenetelmällä ääneneristävyyslaskelma kannattaa tehdä. Eri laskentamenetelmiin perehtymisen ja esimerkkilaskelmien jälkeen kuitenkin saatiin selville, millä menetelmällä laskentatyökalu toteutetaan. Tilaaja sai toimivan ja hyödyllisen laskentatyökalun käyttöönsä.

## LÄHTEET

Kylliäinen, Mikko 2006. Talonrakentamisen akustiikka. Tutkimusraportti 137. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Letonsaari, Mika 2015. Kuuloaisti. Otavan opisto. Saatavissa: [http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy3/3\\_aani/306?C:D=2079115&m:selres=2079115](http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/fy/fy3/3_aani/306?C:D=2079115&m:selres=2079115). Hakupäivä 27.11.2018.

Liikonen, Larri 2013. Johdatus ympäristömeluun. ELY-keskus. Saatavissa: [http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen\\_Johdatus\\_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf](http://www.ely-keskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf). Hakupäivä 17.12.2018.

Melu. 2013. Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Elinymparisto/Melu](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Elinymparisto/Melu). Hakupäivä: 23.4.2019.

Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen. 2003. Ympäristöopas 108. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristykseen suunnittelu. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090303.pdf>. Hakupäivä 23.4.2019.

RIL 129. 2003. Ääneneristykseen toteuttaminen. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

RIL 243-1-2007. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu. Akustiikan perusteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

Tieliikenteen melu. 2006. Tiehallinto. Saatavissa: [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/meluesite\\_tammikuu\\_06\\_a4.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf/meluesite_tammikuu_06_a4.pdf). Hakupäivä 18.12.2018.

Vastuut melulähteittäin. 2013. ELY-keskus. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto\\_ja\\_kaavoitus/Elinymparisto/Melu/Vastuut\\_melulahteittan](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Elinymparisto/Melu/Vastuut_melulahteittan). Hakupäivä 18.12.2018.

Ääniympäristö. 2018. Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Ääneneristys puutalossa. 2004. Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>. Hakupäivä 23.4.2019.

796/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2017/20170769>. Hakupäivä 23.4.2019.

993/1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Helsinki: Valtioneuvosto. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>. Hakupäivä 23.4.2019.

24.4.2019

## RAKENNUKSEN ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTYSLASKELMA

**D55688**

### KOHTEEN TIEDOT

Omakotitalo, Sukunimi Etunimi  
Osoite  
90590 OULU

### ÄÄNENERISTYSVAATIMUS

Ulkovaipan ääneneristysvaatimus tieliikennemelua  
vastaan 30 dB

### MITOITUSMENETELMÄ

Ääneneristyslaskelma on toteutettu  
äänitasoeromenetelmällä RIL 243-1-2007 mukaan

### LASKELMAN TEKIJÄ



Etunimi Sukunimi, Ri  
etunimi.sukunimi@kontio.fi

**KONTIO**



## ULKOVAIPAN ÄÄNENERISTÄVYYS

|                               |                 |                             |       |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------|
| MELUTYYPPI                    | Tieliikennemelu | PAIKKAKUNTA                 | OULU  |
| ÄÄNENERISTÄVYYS-VAATIMUS (dB) | 30              | YLÄPOHJA MUKANA LASKENNASSA | KYLLÄ |

| HUONEET                                | OH/K | KHH  | MH1  | MH2  | MH3  | MH4  | MH5  | MH6  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Lattian pinta-ala (m <sup>2</sup> )    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| Yläpohjan pinta-ala (m <sup>2</sup> )  | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   |
| Huonekorkeus (m)                       | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  | 2,6  |
| Julkisivun pituus (m)                  | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
| Julkisivun pinta-ala (m <sup>2</sup> ) | 10,4 | 13,0 | 15,6 | 18,2 | 20,8 | 23,4 | 26,0 | 28,6 |

## HUONEIDEN TIEDOT

### OH/K

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA (m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI STÄVYYS Rw+Ctr | KORJAUS ARVO (dB) | KORJATTU ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                         | 38                      | -3                | 35                 |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                         | 38                      | -3                | 35                 |
| Ikkuna W3 | MSEA200 Normaali | 1   | 4      | 6       | 0,2                         | 38                      | -3                | 35                 |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                         | 40                      | -3                | 37                 |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA (m <sup>2</sup> ) | PA:N SUHDE LATTIAAN | ÄÄNENERI STÄVYYS Rw+Ctr | ÄÄNITASO-ERO |
|-----------|------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| Yläpohja  | YP103            | 11,0                        | 1,00                | 49                      | 42           |
| Seinä     | LH 205*275       | 5,9                         | 0,53                | 38                      | 34           |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1,2                         | 0,11                | 35                      | 38           |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                         | 0,11                | 35                      | 38           |
| Ikkuna W3 | MSEA200 Normaali | 0,2                         | 0,02                | 35                      | 45           |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                         | 0,17                | 37                      | 38           |

|                            |    |          |    |    |
|----------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU ÄÄNENERISTÄVYYS | 30 | VAATIMUS | 30 | OK |
|----------------------------|----|----------|----|----|





## KHH

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                            | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103            | 12,0                           | 1,00                      | 49                            | 42               |
| Seinä     | LH 205*275       | 8,7                            | 0,73                      | 38                            | 32               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,10                      | 35                            | 38               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,10                      | 35                            | 38               |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                            | 0,16                      | 37                            | 38               |

|                               |    |          |    |    |
|-------------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNENERISTÄVYYS | 30 | VAATIMUS | 25 | OK |
|-------------------------------|----|----------|----|----|

Kodinhoituhuoneen julkisivun  
ääneneristävyysvaatimus on 5dB pienempi,  
koska se ei ole asuinhuone

## MH1

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1   | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 42                            | -3                   | 39                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                            | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                            | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103            | 13,0                           | 1,00                      | 49                            | 42               |
| Seinä     | LH 205*220       | 11,3                           | 0,87                      | 38                            | 32               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 0,09                      | 39                            | 42               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,09                      | 35                            | 38               |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                            | 0,15                      | 37                            | 38               |

|                               |    |          |    |    |
|-------------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNENERISTÄVYYS | 30 | VAATIMUS | 30 | OK |
|-------------------------------|----|----------|----|----|



## MH2

| AUKKO     | TYYPPI         | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|----------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1 | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 42                            | -3                   | 39                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Taso 1 | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 42                            | -3                   | 39                    |
| Ovi D1    | UO             | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                            | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI         | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|----------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103          | 14,0                           | 1,00                      | 49                            | 42               |
| Seinä     | LH 205*275     | 13,9                           | 0,99                      | 38                            | 31               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1 | 1,2                            | 0,09                      | 39                            | 43               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Taso 1 | 1,2                            | 0,09                      | 39                            | 43               |
| Ovi D1    | UO             | 1,9                            | 0,14                      | 37                            | 39               |

|                               |    |          |    |    |
|-------------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNENERISTÄVYYS | 30 | VAATIMUS | 30 | OK |
|-------------------------------|----|----------|----|----|

## MH3

| AUKKO     | TYYPPI         | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|----------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1 | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 42                            | -3                   | 39                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Taso 1 | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 42                            | -3                   | 39                    |
| Ovi D1    | UO             | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 42                            | -3                   | 39                    |

| RAKENTEET | TYYPPI         | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNENERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|----------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103          | 15,0                           | 1,00                      | 49                            | 42               |
| Seinä     | LH 205*275     | 16,5                           | 1,10                      | 38                            | 31               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Taso 1 | 1,2                            | 0,08                      | 39                            | 43               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Taso 1 | 1,2                            | 0,08                      | 39                            | 43               |
| Ovi D1    | UO             | 1,9                            | 0,13                      | 39                            | 41               |

|                               |    |          |    |    |
|-------------------------------|----|----------|----|----|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNENERISTÄVYYS | 30 | VAATIMUS | 30 | OK |
|-------------------------------|----|----------|----|----|



## MH4

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                          | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103            | 16,0                           | 1,00                      | 49                          | 42               |
| Seinä     | LH 205*275       | 19,1                           | 1,19                      | 38                          | 30               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,08                      | 35                          | 39               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,08                      | 35                          | 39               |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                            | 0,12                      | 37                          | 39               |

|                             |    |          |    |                      |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNERISTÄVYYS | 29 | VAATIMUS | 30 | VAATIMUS<br>EI TÄYTY |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|

## MH5

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 40                          | -3                   | 37                    |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103            | 17,0                           | 1,00                      | 49                          | 42               |
| Seinä     | LH 205*275       | 21,7                           | 1,28                      | 38                          | 30               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,07                      | 35                          | 40               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,07                      | 35                          | 40               |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                            | 0,11                      | 37                          | 40               |

|                             |    |          |    |                      |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNERISTÄVYYS | 29 | VAATIMUS | 30 | VAATIMUS<br>EI TÄYTY |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|



## MH6

| AUKKO     | TYYPPI           | KPL | LEVEYS | KORKEUS | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | KORJAUS<br>ARVO (dB) | KORJATTU<br>ARVO (dB) |
|-----------|------------------|-----|--------|---------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1   | 10     | 12      | 1,2                            | 38                          | -3                   | 35                    |
| Ovi D1    | UO               | 1   | 9      | 21      | 1,9                            | 42                          | -3                   | 39                    |

| RAKENTEET | TYYPPI           | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | PA:N<br>SUHDE<br>LATTIAAN | ÄÄNERI<br>STÄVYYS<br>Rw+Ctr | ÄÄNITASO-<br>ERO |
|-----------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------|
| Yläpohja  | YP103            | 18,0                           | 1,00                      | 49                          | 42               |
| Seinä     | LH 205*275       | 24,3                           | 1,35                      | 38                          | 30               |
| Ikkuna W1 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,07                      | 35                          | 40               |
| Ikkuna W2 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,07                      | 35                          | 40               |
| Ovi D1    | UO               | 1,9                            | 0,11                      | 39                          | 42               |

|                             |    |          |    |                      |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|
| SAAVUTETTU<br>ÄÄNERISTÄVYYS | 28 | VAATIMUS | 30 | VAATIMUS<br>EI TÄYTY |
|-----------------------------|----|----------|----|----------------------|


**RAKENNUSOSIEN ÄÄNENERISTÄVYYDEN PARANNUSTEN HINTA-LISÄ**

| HUONE               | AUKKO            | PINTA-ALA<br>(m <sup>2</sup> ) | HINTA-LISÄ<br>€ |
|---------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| OH/K                | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 0,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 5,9                            | 0,00            |
| KHH                 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 8,7                            | 0,00            |
| MH1                 | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 12,14           |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*220       | 11,3                           | 0,00            |
| MH2                 | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 12,14           |
|                     | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 12,14           |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 13,9                           | 0,00            |
| MH3                 | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 12,14           |
|                     | MSEA200 Taso 1   | 1,2                            | 12,14           |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 16,5                           |                 |
| MH4                 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 19,1                           | 0,00            |
| MH5                 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 21,7                           | 0,00            |
| MH6                 | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | MSEA200 Normaali | 1,2                            | 0,00            |
|                     | UO               | 1,9                            |                 |
|                     | LH 205*275       | 24,3                           | 0,00            |
| HINTA-LISÄ YHTEENSÄ |                  |                                | 60,72 €         |