

# Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen

HELSINKI 2003

*Julkaisu on saatavana myös interneristä: <http://www.ymparisto.fi>*

*Ympäristöopas 108  
Ympäristöministeriö  
Asunto- ja rakennusosasto*

*Taitto: Leila Haavasoja  
Kansikuva: Helsinki - Hämeentie. Ympäristöministeriö*

*ISSN 1238-8602  
ISBN 952-11-1507-6 nid  
ISBN 952-11-1508-4 pdf*

*Edita Prima Oy*

*Helsinki 2003*

# Esipuhe

---

Ympäristömelua ja sen aiheuttamia haittoja voidaan torjua vähentämällä melulähteen päästöjä, estämällä melun leviämistä, sijoittamalla melua aiheuttavat ja melulle herkat toiminnot mahdollisimman etäälle toisistaan tai parantamalla rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyttä.

Tässä oppaassa tarkastellaan rakennusten ulkovaipan ääneneristävyyteen liittyviä kaavamerkintöjä ja -määräyksiä ja niiden muodostamisperusteita ja esitetään laskentamenetelmä rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittamiseksi. Opas on tarkoitettu kaavoittajien, rakennuslupaviranomaisten, rakentajien ja suunnittelijoiden tarpeisiin.

Oppaan luvussa 3 tarkastellaan ääneneristävyyteen liittyviä kaavamerkintöjä ja -määräyksiä ja niiden muodostamisperusteita eri liikennemelualueilla. Julkisivun ja sen rakenteiden ääneneristävyyden mitoitusmenetelmä on esitetty luvussa 4 ja luvussa 5 on annettu esimerkkejä mitoitusmenetelmän käytöstä. Liiteosassa on esitetty mitoitusmenetelmän taustaa ja perusteltu laskentakaa-voissa käytettyjä valintoja. Liiteosassa valotetaan myös mitoitukseen liittyvää varmuuskäsitettä ja esitetyn laskentamenetelmän epävarmuustekijöitä.

Oppaan ovat laatineet ympäristöministeriön toimeksiannosta VTT:n tutkija Pekka Sipari ja erikoistutkija Ari Saarinen. FT Juhani Parmanen on vuosien 1995-2000 aikana ollut kehittämässä mitoitusmenetelmää ja hän on myös esittänyt näkemyksiä tämän oppaan osalta. Työtä ovat ympäristöministeriön puolesta valvoneet ja ohjanneet yli-insinööri Anja Leinonen asunto- ja rakennusosastolta, rakennusneuvos Mauri Heikkonen alueidenkäytönosastolta ja yli-insinööri Laila Hosia ympäristönsuojeluosastolta.

Helsingissä syyskuun 10 päivänä 2003

Anja Leinonen  
Yli-insinööri

# Sisältö

<b>Esipuhe</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Johdanto ja soveltamisala</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Määritelmiä</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Kaavamerkintä ja -määräykset</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1 Kaavamerkintä ja -määräys suunnittelun perustana</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2 Tie- ja raideliikenne</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Lentoliikenne</b> .....	<b>10</b>
<b>4 Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoitus</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Yleistä</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2 Julkisivua koskeva ääneneristävyysvaatimus</b> .....	<b>11</b>
<b>4.3 Esivalmistetun seinäelementin mitoitus</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4 Rakennusosien mitoittaminen</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4.1 Ulkoseinä- ja kattorakenne</b> .....	<b>12</b>
<b>4.4.2 Ovet ja ikkunat</b> .....	<b>13</b>
<b>4.4.3 Pienet rakennusosat</b> .....	<b>13</b>
<b>5 Esimerkkejä mitoituksesta</b> .....	<b>14</b>
<b>Esimerkki 1</b> .....	<b>14</b>
<b>Esimerkki 2</b> .....	<b>15</b>
<b>Esimerkki 3</b> .....	<b>16</b>
<b>Viranomaismääräykset, oppaat ja standardit</b> .....	<b>18</b>
<b>Liite 1 Mitoitusmenetelmän tausta ja perustelut</b> .....	<b>19</b>
<b>1 Yleistä</b> .....	<b>20</b>
<b>2 Rakennuksen vaippaan kohdistuva melu ja kaavamerkinnän tulkinta</b> .....	<b>21</b>
<b>3 Ääneneristävyyden mittaluvut</b> .....	<b>24</b>
<b>4 Ulkoseinän ääneneristävyyden mitoittaminen ja oppaan menetelmän lähtökohdat</b> .....	<b>25</b>
<b>5 Oppaan menetelmän vertailu muihin mitoitukseenmenetelmiin</b> .....	<b>28</b>
<b>6 Mitoitusmenetelmän epävarmuuteen liittyviä tekijöitä</b> .....	<b>30</b>
<b>7 Lähdeviitteet</b> .....	<b>34</b>
<b>Kuvailulehdet</b> .....	<b>35</b>

## Johdanto ja soveltamisala

Oppaassa esitetään rakennuksen julkisivun rakenteiden ja rakennusosien ilmaääneneristävyuden mitoitusten menetelmä lähtien ääneneristävyuden kaavamääräyksestä. Menetelmän avulla rakennushankkeeseen ryhtyvä voi osoittaa kaavassa vaadittun vähimmäisäänitasoeron toteutumisen. Menetelmä soveltuu erityisesti vilkasliikenteisten maaliikenneväylien varsilla sijaitsevien julkisivujen mitoitamiseen taajamissa ja niiden ulkopuolella. Sitä voidaan soveltaa myös esimerkiksi suoja-essa asukkaita teollisuusmelulta, jos melun taajuusjakauma vastaa likimain tieliikennemelua.

Oppaan menetelmää voidaan soveltaa rakennuksen julkisivulta tai vaipalta vaadittavan äänitasoeron toteutumisen osoittamiseen. Vaadittava äänitasoero annetaan kaavoituksen tai rakennusluvan myöntämisen yhteydessä. Äänitasoero määritetään yleensä tie- tai raideliikennemelun päivä- (tai yöaikaisten) keskiäänitasojen ja niitä vastaavien sisämelutasojen ohjearvojen perusteella. Se voidaan määrittää myös tie- ja raideliikenteen ohiajojen tai lentoliikenteen ylilentojen aiheuttaman melun perusteella.

Melumittauksissa, melun häiritsevyyden arvioinnissa ja melua koskevia ohjearvoja annettaessa on Suomessa vakiintuneesti käytetty keski- ja enimmäisäänitasoja. Mitoitusopas perustuu ääni-

tasoeron määrittämisen osalta näiden käyttöön. Oppaan valmistelussa tarkasteltiin myös ympäristömeludirektiivin mukaisten vastaavankaltaisten meluindikaattorien käyttömahdollisuuksia julkisivun ääneneristävyuden mitoituksen perusteena. Niiden käytölle ei kuitenkaan vielä ole perusteita, koska direktiivin mukaisiin meluindikaattoreihin perustuvaa ohjeistusta tai kokemuksia niiden käytöstä on vielä niukalti. Toisaalta direktiivi ei edellytä uusien meluindikaattorien käyttöä rakenteiden ääniteknisessä suunnittelussa.

Menetelmä pyrkii siihen, että kaavassa vaadittu vähimmäisäänitasoero toteutuu suurimassa osassa mitoitustapauksia. Äänitasoerovaatimuksen täyttymiseksi mitoitukseen on sisällytetty varmuutta, jolla katetaan erilaisia meluun ja ääneneristävyyteen liittyviä epävarmuustekijöitä.

Käytännössä melu varsinkin enimmäisäänitasojen osalta vaihtelee ajallisesti sekä paikallisesti ja saattaa poiketa suurestikin arvioidusta. Tämän takia menetelmän käyttö ei takaa, että äänitasoerotuksen pohjana oleva sisämelutaso alitetaan kaikissa tapauksissa. Oppaan mukaisella mitoituksella voidaan kuitenkin katsoa päästävän tyydyttävään tasoon, mikäli kaavamääräyksen tai vaatimuksen pohjana oleva ulkomelutaso on arvioitu oikein.

# 2

## Määritelmiä

### Äänenpainetaso $L_p$ [dB]

Äänenpaineen tehollisarvon ja standardisoidun vertailuäänepaineen suhteen kaksikymmenker-  
tainen kymmenlogaritmi.

### Äänitaso (A-äänitaso) $L_{pA}$ [dB]

Äänenpainetason A-taajuus- ja aikapainotettu arvo  
(yleensä F-aikapainotus). Yleiskielessä melutasosta  
puhuttaessa tarkoitetaan A-äänitasa.

### Keskiaänitaso (ekvivalentti A-äänitaso, ekvivalenttitaso) $L_{A,eq,T}$ [dB]

Sen jatkuvan tasaisen äänen A-painotetun äänen-  
painetaso arvo, jolla on määritellyllä aikavälillä  
sama äänenpaineen tehollisarvo kuin tarkastelta-  
valla äänellä, jonka taso vaihtelee.

Liikenteen aiheuttamalle ulkomelun keskiaänitaso-  
le on oppaassa käytetty merkintää  $L_{A,eq,u}$ , jolla tarkoi-  
tetaan tässä ns. vapaan kentän arvoa eli keskiaäni-  
tasoa ulkoseinän kuvitellussa tasossa ilman tarkas-  
teltavan rakenteen pinnan heijastuksen vaikutusta.  
Sisämelun osalta oppaassa merkinnällä  $L_{A,eq,s}$  tarkoi-  
tetaan Valtioneuvoston päätöksen (993/1992) mu-  
kaista sallittavan suurimman sisämelutason päivä-  
(klo 7.00 - 22.00) tai yöajan (klo 22.00 - 7.00) keskiaä-  
nitasa. Tarvittaessa niiden alaindeksiin on lisätty  
aikamääreet.

### Enimmäisäänitaso $L_{A,max}$ [dB]

A-painotetun äänenpaineen enimmäisarvo määri-  
tetyllä aikavälillä tietyllä aikapainotuksella mitat-  
tuna (yleensä F- aikapainotus).

### Äänitasoero (A-äänitasoero, äänitasoero vaatimus) $\Delta L$ [dB]

Asema- tai yleiskaavassa oleva merkintä, joka tar-  
koittaa ulkomelutason ja sallittavan sisämeluta-  
son erotusta, kuten esimerkiksi päiväajan keski-  
äänitasojen erotusta  $L_{A,eq,u} - L_{A,eq,s}$ .

### Liikennemelun ilmajääneneristysluku

#### $R_{A,tr}$ ( $R_w + C_{tr}$ ) [dB]

Oppaan mitoitustmenetelmässä käytetään määri-  
tettyä liikennemelun ilmajääneneristysluku  $R_{A,tr}$ .  
Se saadaan laboratoriomittauksen perusteella  
ISO 717-1:n mukaisesti lisäämällä ilmajääneneris-  
tyslukuun  $R_w$  taajuusalueella 100 - 3150 Hz määri-  
tetty  $C_{tr}$ -termi ( $R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$ ).

Tarvittaessa eri rakennosille on käytetty lisä-  
indeksiä. Esimerkiksi ulkoseinän aukottomalle ra-  
kenteelliselle osalle  $R_{A,tr,seinä}$ .

### Liikennemelun yksikköääneneristysluku

#### $D_{n,e,A,tr}$ ( $D_{n,e,w} + C_{tr}$ ) [dB]

Oppaan mitoituksessa käytetään pienten alle  
1 m<sup>2</sup> rakennusosien osalta ainoastaan liikenne-  
melun yksikköääneneristysluku  $D_{n,e,A,tr}$ . Se saa-  
daan laboratoriomittauksen perusteella ISO 717-  
1:n mukaisesti lisäämällä yksikköääneneristys-  
lukuun  $D_{n,e,w}$  taajuusalueella 100 - 3150 Hz mää-  
ritetty  $C_{tr}$ -termi ( $D_{n,e,A,tr} = D_{n,e,w} + C_{tr}$ ).

### ***Julkisivun yhteisääneneristävyyden***

***vaatimus  $R_{tr,vaad}$  [dB]***

Tässä oppaassa kaavamääräyksen pohjalta määritettävä tarkasteltavalta julkisivulta edellytetty yhteisääneneristävyyden vähimmäisvaatimus liikennemelussa.

***Julkisivun yhteisääneneristysluku  $R_{A,tr,kok}$  [dB]***

Julkisivun yhteisääneneristävyyttä kuvaava ilmaääneneristysluku, jota vastaava äänitehon läpäisyuhde saadaan laskemalla yhteen yksittäisten rakennusosien laboratoriossa mitattuja liikenne-

melun ilmaääneneristyslukuja  $R_{A,tr}$  ja/tai  $D_{n,e,A,tr}$  vastaavat läpäisyuhdet painotettuina ao. rakennusosan pinta-alaosuudella. Tämän oppaan mitoitustmenetelmässä rakennusosien vaadittavat ääneneneristävyydet määritetään taulukoiden avulla optimoitusti lähtien julkisivulle asetetusta vaatimuksesta.

***Esivalmisteisen seinäelementin ääneneneristysluku  $R_{A,tr,kok,e}$  [dB]***

Edelliseen rinnastettava esivalmisteisen ikkunat ja muut rakenneosat sisältävän seinäelementin ääneneneristävyyttä kuvaava luku, joka on määritetty esimerkiksi laboratoriomittauksella.

# 3

## Kaavamerkintä ja -määräys

### 3.1 Kaavamerkintä ja -määräys suunnittelun perustana

Rakennusten julkisivun tai ulkovaipan ääneneristävyysvaatimus annetaan kaavamerkintänä tai rakennusluvan ehtona. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee yhdessä rakennustarkastajan ja kaavoittajan kanssa tarkistaa vaatimus ja sen perusteet kaavaasiakirjoista jo suunnittelun alkuvaiheessa. Samalla tarkistetaan ovatko kaavan edellytykset voimassa:

- vastaavatko liikennemäärät ja -reitit kaavamerkintää tai -määräystä,
- onko liikennemääriin ja -reitteihin tulossa muutoksia tulevaisuudessa ja
- ovatko kaavan edellyttämät melulta suojaavat rakennusmassat ja meluesteet jo rakennettu.

Mikäli olosuhteet ovat melun osalta olennaisesti muuttuneet tai tulevat muuttumaan tulevaisuudessa, tulee tapauskohtaisesti harkita kaavamääräyksen sovellettavuus ja sitovuus.

Vaikka kaavamääräystä ei ole annettu, rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee varmistua, että riittävän hyvät ääniolot saavutetaan sekä uudis- että täydennysrakentamishankkeissa.

Jäljempänä on esitetty kaksi yleisesti käytettyä kaavamääräystä perusteineen. Kaavamääräyksellä pyritään siihen, että asuntojen sisällä äänitaso alittaa valtioneuvoston päätöksessä (993/1992) annetut melutason ohjearvot (taulukko 1).

Taulukko 1. Valtioneuvoston päätöksen (993/1992) mukaiset päivä- ja yöaikaiset sisämelun keskiäänitason ohjearvot.

Sallittava sisämelun keskiäänitason päiväohjearvo  $L_{A,eq,s, 7-22}$  :

35 dB asuin-, potilas- ja majoitushuoneet sekä opetus- ja kokoontumistilat.

45 dB liike- ja toimistohuoneistot.

Sallittava sisämelun keskiäänitason yöohjearvo  $L_{A,eq,s, 22-7}$  :

30 dB asuin-, potilas- ja majoitushuoneet



## 3.2 Tie- ja raideliikenne

	<p><b>Asemakaavamerkintä 132</b>          ”Merkintä osoittaa rakennusalan sivun, jonka puoleisten rakennuksen ulkoseinien sekä ikkunoiden ja muiden rakenteiden ääneneristävyyden liikennemelua vastaan on oltava vähintään 00 dBA”</p>
	<p>tai          ”Rakennuksen ulkopuolinen melutaso, jonka perusteella voidaan määrittää vaatimus ulkoseinän kokonaisääneneristävyydelle”</p>

Yleis- tai asemakaavassa julkisivun ääneneristävyyttä koskeva vaatimus tie- tai raideliikenteen melua vastaan annetaan asemakaavamerkintänä tai kaavamääräyksenä.

Kaavamerkinnän ja -määräyksen ääneneristävyydellä tarkoitetaan koko tarkasteltavalla julkisivurakenteelta, siinä olevine rakenneosineen, vaadittavaa ulko- ja sisämelun keskiäänitason erotusta eli äänitasoeroa. Vaatimus ei siten tarkoita yksittäistä ikkunaa tai muuta rakenneosaa. Kaavassa ja kaava-asiakirjoissa voi olla esitettyä äänitasoeron sijasta myös ulkomelun äänitaso. Tällöin äänitasoero vaatimus saadaan vähentämällä siitä sallittava sisämelutaso.

Kaavamääräyksen äänitasoero muodostetaan tie- ja raideliikenteen ulkomelun keskiäänitason ja vastaavan sallittavan sisämelutason erotuksena:

$$\Delta L = L_{A,eq,u} - L_{A,eq,s} \quad (1)$$

missä:

$\Delta L$	kaavamääräyksenä (tai asemakaavassa kaavamerkintänä 132) annettava ääneneristävyyden vaatimus (00 dBA)
$L_{A,eq,u}$	ulkomelun päivä- (tai yöaikainen) keskiäänitaso rakenteen, kuten ulkoseinän, kuvitellussa tasossa ilman tarkasteltavan rakenteen pinnan heijastuksen vaikutusta
$L_{A,eq,s}$	vastaava sallittava sisämelun päivä- tai yöaikainen keskiäänitaso

Kaavamääräyksen muodostamiseksi tarvittava ulkomelun (yleensä päiväaikainen) keskiäänitaso  $L_{A,eq,u}$  lasketaan ympäristöministeriön tie- tai raideliikenteen laskentamallien mukaisesti. Ulkomelun keskiäänitasolla tarkoitetaan keskiäänitasoa rakenteen, kuten ulkoseinän, kuvitellussa tasossa ilman tarkasteltavan rakenteen heijastusvaikutusta. Tarvittaessa ulkomelutaso voidaan määrittää myös riittävin mittauksin ja niistä tehtävin luotettavin arvioin.

Sallittava sisämelutaso  $L_{A,eq,s}$  on valtioneuvoston päätöksen (993/1992) mukainen (yleensä päiväaikainen) ohjearvo (taulukko 1).

Joissakin tapauksissa toistuvat tie- tai raideliikenteen meluhuiput saatetaan kokea häiritseviksi. Kaavamerkinnän ja -määräyksen perusteena voi käyttää tällöin useamman yöaikaisen äänitasoltaan voimakkaimman toistuvan tyypillisen ohiajon enimmäisäänitason  $L_{A,max,u}$  keskiarvoa. Tällöin vaadittava äänitasoero  $\Delta L$  muodostetaan korvaamalla kaavassa 1 ulkomelun keskiäänitaso  $L_{A,eq,u}$  ohiajon keskimääräisellä enimmäisäänitasolla  $L_{A,max,u}$  ja sallittava sisämelun keskiäänitaso  $L_{A,eq,s}$  korvataan asumiseen tarkoitettujen tilojen osalta lukuarvolla 45 dB.

### 3.3 Lentoliikenne

Yleis- tai asemakaavoissa lentomelualueilla rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä koskeva kaavamääräys esitetään yleensä muodossa:

”Kaava-alueelle sijoitettavan asuinrakennuksen katto- rakenteiden, ulkoseinien sekä ikkunoiden ja muiden rakenteiden tulee olla sellaisia, että ulko- ja sisämelutasojen erotus on vähintään 00 dB”.

Kaavamääräyksen (ja -merkinnän) ääneneristävyydellä tarkoitetaan koko tarkasteltavalta vaipparakenteelta (kaikkine siinä olevine rakenneosineen) vaadittavaa ulko- ja sisämelutason erotusta

eli äänitasoeroa. Vaatimus ei siten tarkoita yksittäistä ikkunaa tai muuta rakenneosaa.

Ylilentojen aiheuttama melu koetaan usein häiritsevimpänä. Kaavamääräyksen perusteena voidaan tällöin käyttää esimerkiksi useamman yöaikaisen äänitasoltaan voimakkaimman toistuvan tyyppillisen ylilennon enimmäisäänitason  $L_{A,max,u}$  keskiarvoa. Tällöin kaavamääräyksen äänitasoero  $\Delta L$  muodostetaan lentomelun äänitason ja vastaavan sallittavan sisämelutason erotuksena korvaamalla kaavan 1 ulkomelun keskiäänitaso  $L_{A,eq,u}$  lentomelun aiheuttamalla keskimääräisellä enimmäisäänitasolla  $L_{A,max,u}$  ja sallittava sisämelun keskiäänitaso  $L_{A,eq,s}$  korvataan asumiseen tarkoitettujen tilojen osalta lukuarvolla 45 dB.

# Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoitus

# 4

## 4.1 Yleistä

Mitointumenetelmän lähtökohtana on, että kaavamääräyksen tai -merkinnän vähimmäisäänitasoero saavutetaan valtaosassa tapauksia. Mitointumenetelmään sisällytetyllä varmuusvaralla otetaan huomioon mm. äänen taajuusjakaumien, äänikenttien ja rakenteiden ääneneristävyysskäyttämisen poikkeamaa keskimääräisistä oletusarvoista. Mitoituksen tarkoituksena on, ettei äänitekniisiä mittauksia kaavamääräyksen toteutumisen valvomiseksi normaalisti tarvitse suorittaa.

Mitointumenetelmässä muodostetaan ensin kaavamääräyksestä lähtien koko julkisivua koskeva ääneneristävyyssvaatimus. Julkisivun rakenteiden ja rakennusosien ääneneristävyydet mitoitetaan taulukoiden avulla siten, että ne yhtenä rakenteena täyttävät koko julkisivua koskevan vaatimuksen. Tie- ja raideliikenteen melulle mitoitettaessa kattorakenteiden ääneneristävyys ei yleensä

olennaisesti vaikuta mitoitukseen. Lentoliikenteen osalta mitoitus lähtee siitä, että kattorakenteiden ääneneristävyys on muutaman desibelin parempi kuin ulkoseinän rakenteellisen osan ääneneristävyys. Tällöin muun julkisivun osalta päädytään vastaavaan menettelyyn.

Rakennusosien vaatimusta vastaavat liikennemelun ilmaääneneristysluvut  $R_{A,tr}$  ( $= R_w + C_{tr}$ ) ja  $D_{n,e,A,tr}$  ( $= D_{n,e,w} + C_{tr}$ ) vastaavat standardin ISO 717-1 mukaisia merkintöjä. Ne saadaan rakennusosalle laboratoriossa mitatusta ääneneristysluvusta  $R_w$  (tai  $D_{n,e,w}$ ) ja taajuusalueelta 100-3150 Hz lasketusta spektrisovitustermistä  $C_{tr}$ . Oppaan mitointumenetelmässä käytetään ainoastaan kyseisiä tieliikenteen spektrisovitustermin kanssa määritettyjä ilmaääneneristyslukuja liikennemuodosta riippumatta.

## 4.2 Julkisivua koskeva ääneneristävyyssvaatimus

Julkisivua koskeva ääneneristävyyssvaatimus  $R_{tr,vaad}$  saadaan kaavamääräyksenä annettavan äänitasoeron  $\Delta L$  perusteella:

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ (dB)}, \quad (2)$$

missä:

$R_{tr,vaad}$	julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus
$\Delta L$	asemakaavamerkinnän mukainen ulkomelun keskiaänitason ja sallittavan sisämelutason erotus
$K_1$	taulukon 2 mukainen tarkasteltavan julkisivun pinta-alan ja huoneen absorptioalan huomioon otettava korjaustermi

Rakennuksen julkisivun yhteisääneneristysluvun  $R_{A,tr,kok}$  tulee olla vähintään vaatimuksen  $R_{tr,vaad}$  suuruinen:

$$R_{A,tr,kok} \geq R_{tr,vaad}, \quad (3)$$

missä:

$R_{A,tr,kok}$	koko tarkasteltavan julkisivun yhteisääneneristysluku kaikkine rakenneosineen
$R_{tr,vaad}$	julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus

Esitetyn julkisivun yhteisääneneristävyyssvaatimuksen täyttyminen osoitetaan kohdan 4.3 tai 4.4 perusteella.

**Taulukko 2: Absorptioalan korjaustermin  $K_1$  arvot (dB) tarkasteltavan julkisivun pinta-alan  $S$  ja huonetilan lattia-pinta-alan  $S_H$  suhteesta riippuen.**

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

### 4.3 Esivalmistetun seinäelementin mitoitus

Kun tarkasteltavan huonetilan julkisivu (ulkoseinä) muodostuu yhdestä ulkoseinäelementistä, jossa ikkunat yms. rakenneosat ovat mukana, niin elementin laboratorioissa mitattu tai luotettavasti varmalle puolelle arvioitu ääneneristävyyden voidaan rinnastaa julkisivun yhteisääneneristävyyteen. Tällöin esivalmistetun ulkoseinäelementin ääneneristysluvun tulee olla vähintään julkisivulta vaaditun yhteisääneneristävyyden suuruinen:

$$R_{A,tr,kok,e} \geq R_{tr,vaad} \tag{4}$$

missä:

- $R_{A,tr,kok,e}$  koko elementin liikennemelun ääneneristysluku
- $R_{tr,vaad}$  julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus.

### 4.4 Rakennusosien mitoittaminen

#### 4.4.1 Ulkoseinä- ja kattorakenne

Ulkoseinän rakenteellisen osan ääneneristävyyden tulee olla 3 dB suurempi kuin koko julkisivulta vaadittava ääneneristävyys:

$$R_{A,tr,seinä} \geq R_{tr,vaad} + 3 \text{ dB}, \tag{5}$$

missä:

- $R_{A,tr,seinä}$  ulkoseinärakenteen (aukoton osa) ääneneristysluku
- $R_{tr,vaad}$  julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus.

Lisäksi kattorakenteen (vesikaton ja yläpohjan) ääneneristävyyden edellytetään lentomelulle mitoitettaessa olevan vähintään noin 5 dB parempi kuin  $R_{tr,vaad}$ , jolloin kattorakenteen kautta tuleva ääni ei vaikuta oleellisesti julkisivun mitoitukseen. Tie- ja raideliikennemelussa kattorakenne ei yleensä vaikuta saavutettavaan ääneneristävyyteen.

Kun itse seinärakenteelta (mahdollisen pienen rakennusosan kanssa) vaadittava ääneneristävyys kiinnitetään hieman koko julkisivulta vaadittavan ääneneristävyyden yläpuolelle, päädytään muiden rakenneosien mitoituksessa yksiselitteisiin vaatimusarvoihin.

#### 4.4.2 Ovet ja ikkunat

Julkisivun ikkunoilta ja parvekeovilta vaadittava ääneneristävyyden riippuu niiden pinta-alaosuudesta. Ikkunoiden, parveke-, terassiovien tarvittava ääneneristysluku saadaan julkisivulta vaadittavasta ääneneristävyydestä seuraavasti:

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 \quad (\text{dB}), \quad (6)$$

missä:

$R_{A,tr}$  ko. rakennusosien ääneneristysluku  
 $R_{tr,vaad}$  julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus  
 $K_2$  taulukon 3 mukainen korjaustermi (dB), joka riippuu julkisivussa olevien rakennusosien (ovet ja ikkunat) kokonaispinta-alan  $\sum S_i$  ja tarkasteltavan julkisivun pinta-alan  $S$  suhteesta  $\sum S_i/S$ .

#### 4.4.3 Pienet rakennusosat

Pienillä rakennusosilla tarkoitetaan julkisivun niitä rakennusosia, joiden vaatima asennusaukko on pieni, selvästi alle 1 m<sup>2</sup> ja yleensä enintään muutamia neliödesimetrejä. Pieniä rakennusosia ovat mm. ulkoilmaventtiilit.

Pienet rakennusosat valitaan siten, että niiden yksikköääneneristysluku liikennemelussa  $D_{n,e,A,tr}$  täyttää ehdon:

$$D_{n,e,A,tr} \geq R_{tr,vaad} + 5 \text{ dB}, \quad (7)$$

missä:

$D_{n,e,A,tr}$  pienen rakennusosan yksikköääneneristysluku  
 $R_{tr,vaad}$  julkisivun yhteisääneneristävyyden vaatimus.

Mitoitus lähtee siitä, että julkisivuun tulee vain yksi pieni rakennusosa noin 8 - 10 m<sup>2</sup> julkisivua kohden. Mikäli pieniä rakennusosia tulee useampia niiden ääneneristävyyden vaatimusta korotetaan 2 dB.

**Taulukko 3: Julkisivussa olevien ikkunoiden ja parvekeovien yhteispinta-alan  $\sum S_i$  ja tarkasteltavan julkisivun pinta-alan  $S$  suhteen  $\sum S_i/S$  mukainen korjaustermi  $K_2$  (dB).**

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

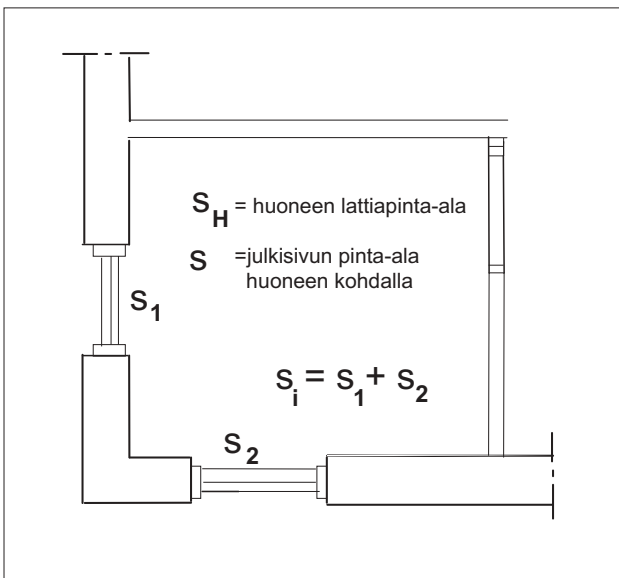
# 5

## Esimerkkejä mitoituksesta

### Esimerkki 1:

Päiväaikaisen ulkomelun keskiäänitason 70 dB perusteella kerrostalon julkisivulle on esitetty asemakaavamerkintänä (132) äänitasoerovaatimus  $\Delta L = 35$  dB (70 - 35). Vilkasliikenteisellä katuristeysalueella ulkomelun voidaan ajatella kohdistuvan kulmahuoneen molempiin ulkoseiniin. Toiselle huoneen ulkoseinälle on suunniteltu sijoitettavaksi ikkuna, jonka pinta-ala on 1,0 m<sup>2</sup> ja toiselle ikkuna, jonka pinta-ala on 1,4 m<sup>2</sup>. Huoneen lattiapinta-ala 20 m<sup>2</sup> (4 m · 5 m) ja korkeus 2,6 m.

Mitoitusmenetelmää sovelletaan siten, että julkisivun pinta-alaa laskettaessa molempien ulkoseinien osien pinta-ala (sisämittojen mukaan laskettuna) lasketaan yhteen, jolloin julkisivun pinta-alaksi  $S$  saadaan  $(4 + 5) \cdot 2,6 \approx 24$  m<sup>2</sup>. Ikkunakalaksi  $\sum S_i$  saadaan vastaavasti 2,4 m<sup>2</sup>



Kuva 1. Pinta-alat kulmahuoneessa, jossa molempiin ulkoseiniin kohdistuu likimain sama äänitaso.  $S_H$  on huoneen lattiala,  $\sum S_i = (S_1 + S_2)$  on ikkunoiden yhteispinta-ala ja  $S$  on ulkoseinien yhteispinta-ala huoneen sisämittojen mukaan laskettuna.

Ulkoseinien yhteispinta-alan 24 m<sup>2</sup> ja huonealan 20 m<sup>2</sup> perusteella saadaan taulukosta 2 korjaustekijäksi  $K_1$  noin 2 dB ( $S/S_H \approx 1,2$ ). Vaadittavaksi julkisivun yhteisääneneristävyydeksi saadaan:

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ (dB)} = 35 + (+ 2) + 7 = 44 \text{ dB}$$

Ulkoseinärakenteelle saadaan ääneneristyslukuvaatimus:

$$R_{A,tr,seinä} \geq R_{tr,vaad} + 3 \text{ dB} = 44 + 3 = 47 \text{ dB.}$$

Yleensä käytettävät betonielementtiseinät ja tiiliverhoillut rankaratkaisuihin perustuvat ulkoseinärakenteet täyttävät tämän vaatimuksen.

Ikkunoiden yhteispinta-alan ja ulkoseinien pinta-alan suhteen perusteella saadaan taulukosta 3 korjaustermiksi  $K_2 = - 6$  dB ( $\sum S_i/S = 2,4/24 = 0,1$ ). Ikkunoiden ääneneristysluvulle saadaan vaatimus:

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 = 44 + (- 6) = 38 \text{ dB.}$$

Tuloksen perusteella kohteeseen tulee valita ikkunat, joiden ilmäääneneristysluku liikennemelussa  $R_{A,tr}$  ( $= R_w + C_{tr}$ ) on vähintään 38 dB.

Ulkoilmaventtiilin yksikköääneneristysluvun vaatimukseksi saadaan:

$$D_{n,e,A,tr} \geq R_{tr,vaad} + 5 \text{ dB} = 44 + 5 = 49 \text{ dB.}$$

Ulkoilmaventtiilin yksikköääneneristysluvun  $D_{n,e,A,tr}$  ( $= D_{n,e,w} + C_{tr}$ ) tulee olla vähintään 49 dB. Toisaalta suoraan seinään asennettavia ulkoilmaventtiileiden käyttöä vilkkaasti liikennöityjen väylien puoleisilla julkisivuilla tulisi välttää jo muiden liikenteestä aiheutuvien päästöjen vuoksi.

## Esimerkki 2:

Laskentamallin avulla on omakotitaloalueella julkisivuun kohdistuvan ulkomelun päiväaikaisen tieliikennemelun keskiäänitasoksi arvioitu 65 dB. Julkisivulle saadaan äänitasoerovaatimus  $\Delta L = 30$  dB (65 - 35). Tarkastellaan tilannetta omakotitalon 20 m<sup>2</sup> (5 m · 4 m) ja 2,6 m korkean makuuhuoneen osalta. Makuuhuoneen melulle alttiin ulkoseinän ala on  $5 \cdot 2,6 = 13$  m<sup>2</sup> ja sille tuleva ikkunala 2,5 m<sup>2</sup> on noin 20 % ulkoseinän alasta.

Julkisivun (ulkoseinän) alan 13 m<sup>2</sup> ja huonealan 20 m<sup>2</sup> suhteen perusteella taulukon 2 korjaustekijäksi  $K_1$  saadaan -1 dB ( $13/20 \approx 0,6$ ). Vaadittavaksi julkisivun yhteisääneneristävyydeksi saadaan:

$$R_{tr,vaad} = \Delta L + K_1 + 7 \text{ (dB)} = 30 + (-1) + 7 = 36 \text{ dB.}$$

Edelleen ulkoseinärakenteen ääneneristysluvulle saadaan vaatimus:

$$R_{A,tr,seinä} \geq R_{tr,vaad} + 3 \text{ dB} = 36 + 3 = 39 \text{ dB.}$$

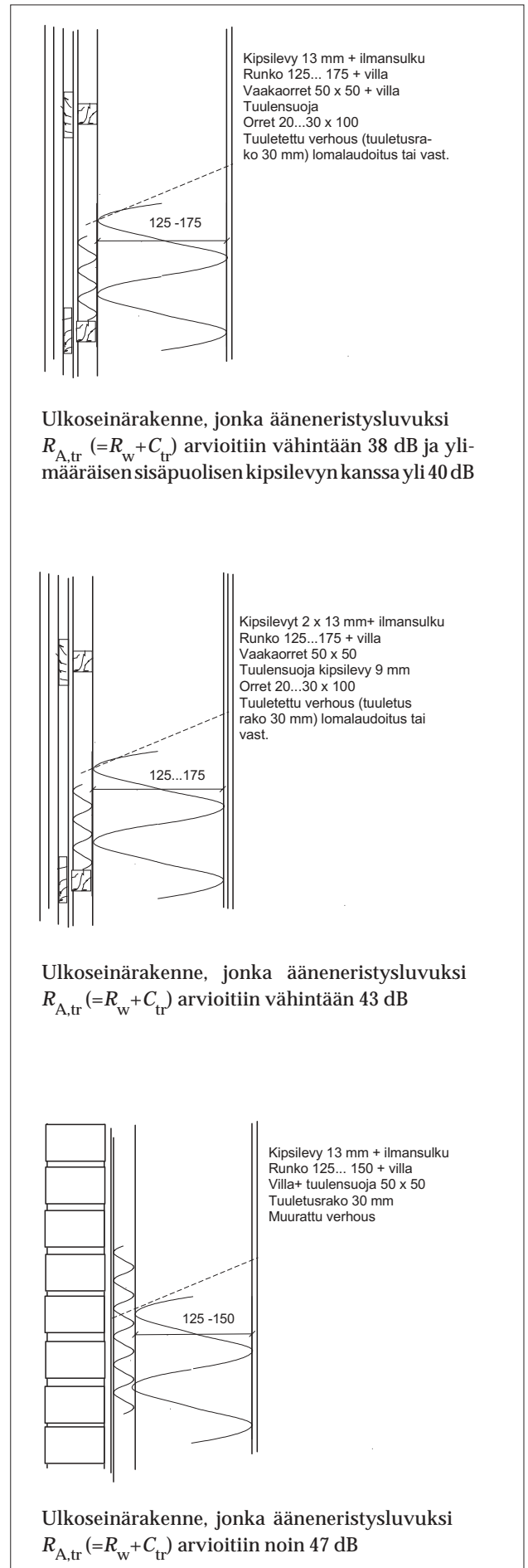
Kohteeseen valittiin kuvan 2 mukainen ylin puuseinärakenne, johon asennettiin sisäpuolelle kaksi kipsilevykerrosta. Rakenteen ääneneristysluvun  $R_{A,tr} (=R_w + C_{tr})$  arvioitiin olevan yli 40 dB.

Ikkunoille saadaan pinta-alaosuuden perusteella taulukon 3 korjaustekijäksi  $K_2 = -3$  dB ( $2,5/13 \approx 0,2$ ). Ikkunoiden ääneneristysluvulle saadaan vaatimus:

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 = 36 + (-3) = 33 \text{ dB}$$

Esimerkki osoittaa, että omakotirakentamisessa nykyisin käytettävillä tavanomaisilla asuintalojen ulkoseinärakenteilla ja kohtuullisen ääneneristävyyden omaavilla ikkunoilla päästään äänitasoeroon 30 dB eli niitä voidaan käyttää, kun liikennemelun keskiäänitaso päiväaikaan on korkeintaan 65 dB (yöaikaan korkeintaan 60 dB).

Kuva 2. Esimerkkien 2 ja 3 seinärakenteen valintaa varten tehtyjä vaihtoehtosuunnitelmia



**Esimerkki 3:**

Yöaikaisen lentomelun perusteella on yksikerroksisen omakotitalon vaipalle annettu äänitasoero-vaatimus  $\Delta L = 30$  dB.

Lähtökohtaisesti oletetaan kattorakenteen ääneneristävyyden olevan niin hyvä, ettei se vaikuta oleellisesti mitoitukseen. Tarkastellaan tilanetta omakotitalon  $4\text{ m} \cdot 4\text{ m}$  ( $16\text{ m}^2$ ) ja  $2,6\text{ m}$  korkean makuuhuoneen osalta. Yhdellä makuuhuoneen ulkoseinällä on ikkuna. Makuuhuoneen (kulmahuone) kahden ulkoseinän pinta-ala on  $(4 + 4) \cdot 2,6 = 20\text{ m}^2$  ja ikkunan pinta-ala on  $2,5\text{ m}^2$ .

Taulukon 2 perusteella korjaustekijäksi  $K_1$  saadaan  $+2$  dB (julkisivun pinta-ala/lattiapinta-ala noin 1,3).

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

$$= 30 + (+2) + 7 = 39 \text{ dB.}$$

Edelleen ulkoseinärakenteen ääneneristyslukuvaatimukseksi saadaan:

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

$$= 39 + 3 = 42 \text{ dB.}$$

Ulkoseinäksi on alustavasti ajateltu tiilivuorattua ulkoseinää. Suunnitelmien perusteella sen ääneneristyslukuksi liikennemelussa arvioitiin noin 47 dB (kuva 2).

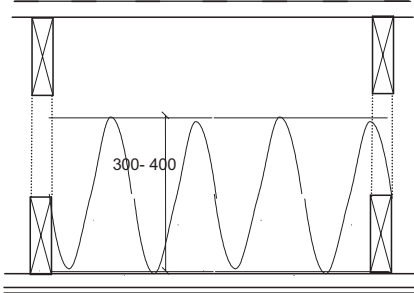
Ikkunan pinta-alaosuuden perusteella taulukosta 3 approksimoiden korjaustekijäksi  $K_2$  saadaan  $-5$  dB ( $2,5/20 \approx 0,13$ ). Ikkunan ääneneristyslukuvaatimukseksi saadaan:

$$R_{A,tr} \geq R_{tr,vaad} + K_2 = 39 + (-5) = 34 \text{ dB}$$

Kattorakenteen ääneneristysluvun  $R_{A,tr,katto}$  tulee olla vähintään 44 dB ( $R_{tr,vaad} + 5$  dB). Kohteeseen valittiin kuvan 3 mukainen kattorakenne, jossa oli jousirangoin toteutettu alakattoratkaisu ja jonka ääneneristyslukuksi arvioitiin noin 50 dB.

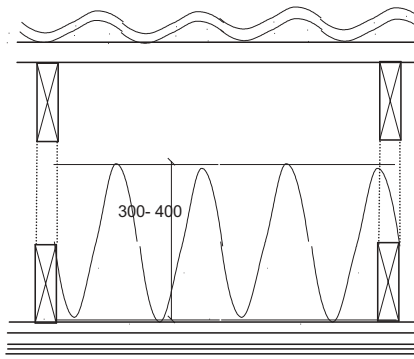
Esimerkki osoittaa, että lentomelualueilla ja niiden läheisyydessä tulee kiinnittää huomiota seinä- ja kattorakenteiden (vesikatto ja yläpohja) ääneneristävyyteen. Taulukossa 4 on esitetty viitteellisiä ääneneristävyyden vähimmäisarvoja pientalojen julkisivulle ja sen rakenteille.

Vesikattohuovat+ponttilaudoitus  
tai tiilikate+ruoteet  
Kattotuolit+ villa 300 ... 400 mm  
Orret 50 x 50  
Alakaton kipsilevytyks 13 mm +  
ilmansulku (tiivistetty)



Kattorakenne, jolle ääneneristyslukuksi  $R_{A,tr} (=R_w + C_{tr})$  arvioitiin noin 40 dB, kun se oli tuulettu räystäältä.

Tiilikate+ruoteet  
tai vesikattohuovat+ponttilaudoitus  
Kattotuolit+ villa 300 ... 400 mm  
Orret 50 x 50 tai harvalaudoitus  
Jousirangat  
Alakaton kipsilevytyks 2x13 mm  
+ ilmansulku (tiivistetty)



Kattorakenne, jolle ääneneristyslukuksi  $R_{A,tr} (=R_w + C_{tr})$  arvioitiin noin 50 dB.

Kuva 3. Esimerkin 3 kattorakenteen valintaa varten tehtyjä vaihtoehtosuunnitelmia.



Taulukko 4. Yksikerroksisen omakotitalon ulkoseinärakenteiden ja rakennusosien viitteellisiä ääneneristävyyksivaatimuksia, jotka on saatu mitoitusmenetelmästä. Taulukko on laskettu kulmahuoneelle (huoneen pinta-ala noin 25 m<sup>2</sup> ja huonekorkeus 2,6 m), jossa melua kohdistuu kahdelle ikkunalliselle ulkoseinälle (ja lentomelussa myös katolle). Ikkunoiden pinta-ala on laskelmassa 20...25 % ulkoseinien yhteispinta-alasta. Ulkoseinien ja lattian pinta-alan suhde on laskelmassa 1,0.

Tie- ja raide-liikenne	Lento-, tie- ja raide-liikenne	Ääni-tasoero	Seinä-rakenne	Ikkuna	Ulkoilma-venttiili	Kattorakenne/lentomelu
$L_{A,eq,u, 7-22}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)	$\Delta L$ (dB)	$R_{A,tr,seinä}(R_w + C_{tr})$ (dB)	$R_{A,tr}(R_w + C_{tr})$ (dB)	$D_{n,e,A,tr}(D_{n,e,w} + C_{tr})$ (dB)	$R_{A,tr,katto}(R_w + C_{tr})$ (dB)
60	70	25	≥36	≥30	≥38	≥38
65	75	30	≥41	≥35	≥43	≥43
70	80	35	≥46	≥40	≥48	≥48
75	85	40	≥51	≥45	≥53	≥53

$L_{A,max}$  on useamman lähinnä yöaikaan toistuvan lento-, tie- tai raideliikennemelun enimmäisäänitason keskiarvo. Enimmäisäänitasoon perustuvat arviot on tehty korvaamalla sisämelutason ohjearvo lukuarvolla 45 dB. Lentomelussa kattorakenteiden on oletettu olevan 2 dB parempia kuin seinärakenteiden.

## *Viranomaismääräykset, oppaat ja standardit*

Ympäristöministeriön asetus maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa kaavoissa käytettävistä merkinnöistä. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa A5 Kaavamerkinnät, 2000.

Maakuntakaavamerkinnät ja -määräykset. Maankäyttö ja rakennuslaki 2000 -julkaisusarjan opas 10. Ympäristöministeriö. Helsinki 2003. 100 s.

Yleiskaavamerkinnät ja -määräykset. Maankäyttö ja rakennuslaki 2000 -julkaisusarjan opas 11. Ympäristöministeriö. Helsinki 2003. 127 s.

Asemakaavamerkinnät ja -määräykset. Maankäyttö ja rakennuslaki 2000 -julkaisusarjan opas 12. Ympäristöministeriö. Helsinki 2003. 236 s.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992).

Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriö. Oppaita 2003:1. Helsinki 2003. 93 s.

Liikennemelun huomioonottaminen kaavoituksessa. LIME-työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 493. Ympäristöministeriö. Helsinki 2001. 48 s.

ISO 140-3:1995. Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.

ISO 717-1:1996. Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation.

ISO 140-5:1998. Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades

ISO 140-10:1991 Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 10 Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements.

EN 12354-3:1997 Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements, Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound.

# Mitoitusmenetelmän tausta ja perustelut

## Liitteen sisältö

1	<i>Yleistä</i> .....	20
2	<i>Rakennuksen vaippaan kohdistuva melu ja kaavamerkinnän tulkinta</i> .....	21
3	<i>Ääneneristävyyden mittaluvut</i> .....	24
4	<i>Ulkoseinän ääneneristävyyden mitoittaminen ja oppaan menetelmän lähtökohdat</i> .....	25
5	<i>Oppaan menetelmän vertailu muihin mitoitusmenetelmiin</i> .....	28
6	<i>Mitoitusmenetelmän epävarmuuteen liittyviä tekijöitä</i> .....	30
7	<i>Lähdeviitteet</i> .....	34

# 1 Yleistä

Rakennusten julkisivua tai vaippaa koskevia ääneneristävyysvaatimuksia on annettu kaavoittajan toimesta. Vaatimus on yleensä annettu ulko- ja sisämelutason vaadittavana äänitasoerona. Viranomaisohjeistusta julkisivun tai sen rakenteiden ääneneristävyysmitoitukseksi ja suunnittelemiseksi ei ole kuitenkaan ollut [1, 2, 3]. Myöskään mitään yleisesti hyväksyttyä kattavaa kaavamääräyksestä lähtevää julkisivun ääneneristävyysmitoitustajärjestelmää ei ole Suomeen muodostunut. Tilanteeseen on mm. seuraavia syitä [2]:

- kaavamääräys ja sen muodostamisen peruste on kaavoittajallekin ollut usein epäselvä,
- rakenteille käytettyjen ääneneristyslukujen runsaus, kun on pyritty yksilukuarvoin ottamaan huomioon erilaisia melun taajuusjakaumia,
- kaavoittajalle ei ole yleensä ollut käsitystä siitä, miten annettu kaavamääräys tai -merkintä heijastuu vaatimuksiksi julkisivun rakennusosille ja
- rakennuksen julkisivulta vaadittavan ääneneristävyysmitoitustason taso on ollut kiinnittämättä.

Lisäksi ongelmia on ollut sisämelutasojen ohjearvojen [4, 5] tulkinnessa.

Keskiäänitasoihin perustuvan kaavamääräyksen tavoitteellisena lähtökohtana on valtioneuvoston päätöksessä [4] annetun sisämelutason ohjearvojen täyttyminen. Rakentajan kannalta on tärkeää, että rakentamisessa valvotaan vain annetun kaavamääräyksen toteutumista. Rakenteiden mitoituksen tulisi perustua yleisesti hyväksytyyn menetelmään, jota käyttämällä rakentaja ja suunnittelija voi osoittaa rakenteiden vaatimuksenmukaisuuden ainoastaan annetusta kaavamääräyksestä tai mitoituksessa käytettävästä ulkomelutasosta lähtien. Rakentajan tulisi olla vastuussa vain siltä osin kuin julkisivun ääneneristävyysmitoitustason riittämättömyys johtuu huonosta työsuorituksesta, vääristä materiaali- ja tarvikevalinnoista tai virheellisestä suunnittelusta [6]. Kaavoittajan vastuulle tulisi jäädä kaavamääräyksen tai annetun ulkomelutason oikeellisuus.

Julkisivun ääneneristävyysmitoituskäytännöt vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Mittalukujen runsas määrä, erilaiset suunnittelukäytännöt ja varmuusvarat ovat tehneet ääneneristysmitoituksesta hyvin vaikeaselkoisen, virhealttiin ja vaikeasti hallittavan kokonaisuuden. Esimerkiksi Norjalaisessa mitoitustapaolosuhteissa on käytössä eri liikennemuodoille hyvin erilaisia korjaustermejä [7]. Käytännön mitoitustarpeita ajatellen ulkomailla käytetyt menetelmät ei voida suoraan soveltaa Suomessa.

Standardissa ISO 717 esitetyt ääneneristävyysmitoitustulokset ja kaavamääräyksiä selkiyttämiseksi tapahtunut kehitys mahdollistavat yhtenäisen mitoitustapaolosuhteiden. Kaavamerkintöjen ja -määräysten [8] soveltamisesta on laadittu oppaita, jotka selventävät myös meluhaittojen torjumiseksi käytettäviä kaavamerkintöjä ja -määräyksiä. Niitä on kuvattu mm. LIME-työryhmän mietinnössä [9] ja Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000 -julkaisusarjan oppaissa 10, 11 ja 12.

Tämän oppaan mitoitustapaolosuhteet on kehitetty saksalaista julkisivun mitoitustapaolosuhteita mukailleen [1, 2]. Sen avulla kaavamääräyksestä lähtien voidaan ensin johtaa julkisivun yhteisääneneristävyysvaatimus ja mitoitaa julkisivun rakennusosien ilmaääneneristävyysmitoitustason, että suunnittelu voidaan katsoa hyväksyttäväksi. Mitoitustapaolosuhteissa on pyritty sitomaan julkisivulta ja sen osilta vaadittava ääneneristävyysmitoitustason mahdollisimman yksiselitteisesti. Lähteissä 1 ja 2 on käsitelty laajemmin oppaassa esitetyn mitoitustapaolosuhteiden perusteita.

## 2 Rakennuksen vaippaan kohdistuva melu ja kaavamerkinnän tulkinta

Ympäristön melu syntyy monista melulähteistä. Julkisivujen ääneneristävyyden suunnittelun kannalta niistä merkittävimpiä ovat tie-, lento- ja raideliikenne sekä teollisuuden ja rakennuksen omat melupäästöt. Niistä tieliikenteen melu on selvästi merkittävin. Oppaassa on keskitytty lähinnä rakennuksen julkisivun mitoitukseen liikennemelua vastaan.

Tie- ja raideliikennemelun kuvaamiseen sekä sisätiloissa että ulkona ovat vakiintuneet A-painotetut keskiäänitasot  $L_{A,eq}$  [10]. Yksittäisten ohiajojen melua ja häiritsevyyttä on joissain tapauksissa kuvattu enimmäisäänitason  $L_{A,max}$  ja altistustason  $L_{AE}$  avulla. Lentomelun osalta Suomessa ovat käytössä A-painotetut päivä- ja yöaikaiset keskiäänitasot  $L_{A,eq}$  sekä eri vuorokauden aikojen keskiäänitasoista painottaen laskettu  $L_{DEN}$  luku. Yksittäisten yllilentojen osalta käytössä on ollut enimmäisäänitaso  $L_{A,max}$ . Kaavoitusta ja meluntorjuntaa varten tie- ja raideliikenteen keskiäänitasot on arvioitu yleensä laskentamallien avulla. Pohjatietoina malleissa on käytetty ennustettuja tai arvioituja liikennemääriä. Liikennemäärät on arvioitu useimmiten ”normaalin syksyisen arkipäivän” tilanteen perusteella. Lentomelua on arvioitu kolmen pahimman kuukauden perusteella.

Teollisuudesta ja vastaavista lähteistä aiheutuva melu poikkeaa yleensä taajuusjakaumaltaan ja voimakkuudeltaan liikennemelusta eikä oppaassa esitetty menetelmä sovellu sen vuoksi kovin hyvin julkisivun ääneneristävyyden mitoitamiseen näillä melualueilla. Silloin, kun teollisuusmelu vastaa keskiäänitason taajuusjakaumaltaan tieliikennemelua, voidaan menetelmää soveltaa äänitaserovaatimuksen määrittämiseen näilläkin melualueilla [14].

Ympäristömeludirektiivi [11] edellyttää, että jäsenmaan melutilannetta koskeva raportointi komissiolle tehdään yhtenäisin direktiivin määrittelemien koko vuorokautta tai sen jaksoja koskevin meluindikaattorein. Määritellyt melun häiritsevyyttä kuvaavat yhtenäiset meluindikaattorit, esimerkiksi  $L_{den}$  ja  $L_n$ , koskevat yhden vuoden ajanjaksoa. Direktiivin mukaan voi häiritsevyyden arvioinnissa olla hyödyllistä käyttää esimerkiksi enimmäisäänitasoa tai äänialtistustasoa. Suomessa melumittauksissa, melun häiritsevyyden arvioinnissa ja melua koskevia ohjeistoja annettaessa on vakiintuneesti käytetty keski- ja enimmäisäänitasoja, jotka eivät vastaa direktiivin mukaisia aikamäärittelyjä ja painotuksia. Direktiivin mukaiset meluindikaattorit ovat Suomessa käytettyjen melun mittalukujen kaltaisia ja esimerkiksi erilaisia aika- yms. painotuksia käyttäen ne voidaan muuttaa likimäärin toisikseen. Uusiin meluindikaattoreihin perustuvaa ohjeistusta esimerkiksi sisämelun osalta on Suomessa vielä niukalti eikä niiden soveltuvuutta melun häiritsevyyden mitaksi tunneta vielä kovinkaan hyvin. Koska direktiivi sallii rakenteiden äänitekniikan suunnittelun myös kansallisin melun mittaluvuin, on edellä esitetyistä syistä johtuen mitoitussoppaan perustaksi otettu Suomessa jo aiemmin käytössä olleet keski- tai enimmäisäänitasot eikä uusien meluindikaattoreiden soveltuvuutta ole tarkasteltu lähemmin.

Rakennusten julkisivua koskevilla kaavamääräyksillä pyritään siihen, ettei sisämelutaso ylittäisi annettuja sisämelutason ohjeistoja, jotka on esitetty meluntorjuntalain nojalla annetussa valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjeistoista [4] ja terveydensuojelulain nojalla annetussa asumisterveysohjeessa [5]. Valtioneuvoston päätöksessä melulle käytetään keskiäänitasoon perustuvia oh-

jearvoja ja ne on annettu erikseen sekä päivä- että yöajalle [4]. Terveysuojelulain nojalla annetussa ohjeessa [5] on annettu väljästi myös enimmäisäänitasoa koskevia ohjearvoja. Ohjeessa on mm. todettu, että unenhäirintää alkaa esiintyä, kun unenaikainen yksittäisten melutapahtumien enimmäisäänitaso ylittää sen kestosta ja toistosta riippuen 40 - 65 dB [5]. Ympäristöministeriön raportissa [12] suositellaan, että lentomelualueilla säännöllisesti toistuva meluhuippu ei ylitä yöllä asuin-, potilas- tai majoitushuoneissa arvoa 45 dB.

Kaavamääräyksen ja julkisivun ääneneristävyyden mitoituksen pohjana vakiintunein ja käytetyin melun mittaluku on keskiäänitaso, jota on käytetty arvioitaessa mm. tieliikenteen aiheuttamaa melua.

Tämän oppaan esittämän mitoitusmenetelmän lähtökohtana ovat valtioneuvoston päätöksen mukaiset sisämelun sallitut keskiäänitasot ja mitoitusmenetelmä on tarkoitettu sovellettavaksi lähinnä maaliikenteen aiheuttamalle melulle. Lähtökohtana on myös, että tilannetta tarkastellaan lähinnä päiväaikaisen melun osalta, koska yöaikaisen liikennemelun keskiäänitaso ei tule yleensä mitoittavaksi, jos liikenteen määrä jää alle 30 % päiväaikaisesta, liikenteen luonteen pysyessä muuten muuttumattomana.

Lentokenttien läheisyydessä lentomelun  $L_{A,eq}$  (tai  $L_{DEN}$ ) käyttäminen mitoituksen pohjana ei useinkaan riitä julkisivun tarvittavan äänitasoerovaatimuksen määrittämiseksi siten, että meluhäiriö vältetään. Varsinkin niillä lentokenttien lähialueilla, jotka eivät  $L_{DEN}$  mittaluvun mukaan ole lentomelualuetta, ihmiset kokevat häiritsevimmiksi yöaikaiset yksittäiset ylilennot. Joskus myös tie- ja raideliikenteen osalta ihmisten kannalta häiritsevimpiä saattavat olla yksittäiset yöaikaiset ohiajot, jotka aiheuttavat pahimmillaan nukahtamisvaikeuksia, heräämisiä ja muita unihäiriöitä.

**Taulukko A1. Valtioneuvoston päätöksen ulko- ja sisämelutason ohjearvot [4]**

Sallittava ulkomelun keskiäänitaso	Päivällä $L_{A,eq,u, 7-22}$	Yöllä $L_{A,eq,u, 22-7}$
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä ja hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB (uudet alueet 45 dB)
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55	
Loma-asumiseen käytettävät alueet ja leirintäalueet, virkistysalueet taajamien ulkopuolella ja luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB
Sallittava sisämelun keskiäänitaso	Päivällä $L_{A,eq,s, 7-22}$	Yöllä $L_{A,eq,s, 22-7}$
Asuin-, potilas- ja majoitushuoneet	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	

Kaavamääräyksen antamista yksittäisten melutapahtumien ja enimmäisäänitasojen suhteen ei ole ohjeistettu. Ohjeen [5] annettujen vaihtelurajojen puitteissa ja raportin [12] perusteella on tässä oppaassa suositeltu, että liikenteestä aiheutuvan sisämelun enimmäisäänitaso korvataan yksinkertaisuuden vuoksi lukuarvolla 45 dB, mikäli kaavamääräys annetaan yöaikaisen ulkomelun useamman kerran toistuvien meluhuippujen keskimääräisen enimmäisäänitason perusteella. Lukuarvon valinnassa on otettu huomioon myös enimmäisäänitasojen ja keskiäänitasojen ero vilkasliikenteisessä tie- ja lentoliikennemelussa, joka on mitauksien mukaan rakennuksen sisällä ja ulkona 2 - 14 dB [13]. Vilkasliikenteisillä alueilla, joilla jo keskiäänitason perusteella määritetyt ääneneristävyysvaatimukset ovat varsin tiukkoja, menettely johtaa siihen, ettei yksittäisiä ohiajoja tarvitse yleensä tarkastella. Saksalaisen mitoituskäytännön perusteella [21, 22] arvioiden em. lukuarvon valinta ei kuitenkaan johtane epätarkoituksettoman suuriin ääneneristävyysvaatimuksiin lento- tai raideliikenteen osalta tarkasteltaessa yksittäisiä melutapahtumia.

# 3 Ääneneristävyyden mittaluvut

Lähinnä rakennustarvikkeiden vapaan liikkuvuuden ja rakennusvalvonnan vuoksi rakennusosien ääneneristävyyksille tulee käyttää vain kansainvälisesti hyväksyttyjä ääneneristyslukuja. Kyseisten ääneneristyslukujen käyttöön perustuu esimerkiksi ikkunoiden CE-merkintä. Rakennusosien ilmääneneristävyyttä kuvataan standardin ISO 717-1 [14] mukaisella ilmääneneristysluvulla  $R_w$  (pienen, alle 1 m<sup>2</sup>, rakennusosien osalta yksikköääneneristysluvulla  $D_{n,e,w}$ ). Kyseinen luku kuvaa laboratorio-oloissa, absorptio huomioon ottaen, varsin hyvin myös äänitasoeroa, mikäli äänen spektri on ”vaaleanpunaista kohinaa”. Tämä johtuu vertailukäyrämenettelystä, joka vastaa likimain A-painotuksen käyttöä. Kyseinen mittaluku ei ole paras mahdollinen esimerkiksi tieliikennemelun ääneneristävyyden arvioinnissa, koska se ei painota riittävästi pienten taajuuksien osuutta. Osaksi tästä johtuen esimerkiksi rakennuksen julkisivun äänitasoeroa ei ole voitu ennustaa ilmääneneristysluvun  $R_w$  perusteella kovin tarkasti [2, 15]. Standardi ISO 717-1 [14] esittää ääneneristysluvun  $R_w$  ohella käytettäväksi ns. spektrisovitustermejä, joilla voidaan ottaa paremmin huomioon melun keskimääräinen taajuusjakauma. Esimerkiksi spektrisovitustermin  $C_{tr}$  kanssa muodostettu ääneneristysluku  $R_{A,tr}$  ( $R_w + C_{tr}$ ) on tarkoitettu käytettäväksi tieliikennemelun yhteydessä. Ääneneristysluku  $R_{A,tr}$  ( $R_w + C_{tr}$ ) vastaa standardissa annetun määritelmänsä mukaisesti laboratorio-oloissa, absorptio huomioon ottaen, äänitasoeroa, jos melu vastaa taajuusjakaumaltaan keskimääräistä tieliikennemelun taajuusjakaumaa.

Standardin ISO 717-1 mukaan [14] lento- ja raideliikenteen aiheuttamassa melussa olisi tapauksesta riippuen perusteltua käyttää joko ääneneristyslukua  $R_w + C_{tr}$  tai  $R_w + C$ . Esimerkiksi suihkukoneiden melun suhteen suositellaan kauempana käytettäväksi tieliikenteelle tarkoitettua spektrisovitustermin kanssa laskettua ääneneristyslukua. Julkisivun tai vaipan mitoituksessa usean ääneneristävyyksiluvun käyttö ei ole perusteltua [16]. Tähän on syynä muun muassa, että erot eri liikennemuotojen keskimääräisissä taajuusjakaumissa ovat kokonaisuudessaan pienehköjä. Lisäksi taajuusjakaumat saattavat yksittäistapauksissa poiketa huomattavastikin keskimääräisistä taajuusjakaumista. Esimerkiksi lentomelu voi konetyypistä riippuen vaihdella taajuusjakaumaltaan huomattavasti [17]. Mitoitustarkoitukseen sopivin ilmääneneristysluku on  $R_{A,tr}$  ( $R_w + C_{tr}$ ), koska se edustaa melun häiritsevyyden kannalta merkittävintä liikennemuotoa. Lisäksi kyseinen mittaluku toimii kohtuullisen hyvin myös muiden liikennemuotojen suhteen. Lento- ja raideliikennemelussa kyseisen ääneneristysluvun käyttö johtaa joissakin tapauksissa mitoituksen osalta varmemmalla puolella olevaan tulokseen. Valitun ääneneristysluvun käyttöä puoltaa myös se, että julkisivurakenteina käytetään yhä enemmän kevytrakenteita, joiden ääneneristävyysskäyttäytymisen pienillä taajuuksilla ääneneristysluku  $R_{A,tr}$  ( $R_w + C_{tr}$ ) ottaa paremmin huomioon kuin  $R_w$  (tai  $R_w + C$ ).

Liikennemelun spektrisovitustermi  $C_{tr}$  voidaan standardien mukaan määrittää ottaen huomioon myös taajuudet 50, 63 ja 80 Hz. Kyseisten taajuuksien luotettava mittaaminen on kuitenkin ongelmallista eikä niiden huomioimisella siinänsä ole lopputuloksen kannalta juuri merkitystä [18].



# 4 Ulkoseinän ääneneristävyyden mitoittaminen ja oppaan menetelmän lähtökohdat

Tekemällä äänikenttiä koskevia keskimääräisiä oletuksia ja ottamalla huomioon äänen intensiteetti- ja painetasojen riippuvuus saadaan julkisivun ääneneristävyydelle standardien ISO 140-5:1998 ja EN 12354-3:1997 mukaisesti:

$$R = L_f - L_v + 10 \lg(S/A) + 3 \text{ dB} = \Delta L + 10 \lg(S/A) + 3 \text{ dB}, \quad (\text{A.1})$$

missä:

$R$	ääneneristävyys
$L_f$	vapaan kentän äänenpainetaso
$L_v$	vastaanottohuoneen äänenpainetaso
$\Delta L$	äänitasoero ( $=L_f - L_v$ )
$S$	rakenteen pinta-ala
$A$	vastaanottotilan absorptioala

Yksittäisissä melutapahtumissa kaavan paikkansapitävyyteen vaikuttavat monet tekijät kuten mm. poikkeamat äänikentän luonteessa, ääneneristävyyden tulokulmariippuvuus sekä julkisivurakenteen ja huoneen ominaismuotojen kytkeytyminen [19].

Standardin EN 12354-3:1997 mukaan julkisivun yhteisääneneristävyys  $R_{\text{kok}}$  voidaan laskea taajuuskaistoittain äänenteholäpäisysuhteiden avulla seuraavasti:

$$R_{\text{kok}} = -10 \lg \sum_{i=1}^n \tau_i = -10 \lg \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}, \quad (\text{A.2})$$

missä:

$R_{\text{kok}}$	rakenteen yhteisääneneristävyys
$R_i$	yksittäisen rakenneosan ääneneristävyys
$\tau_i$	yksittäisen rakenneosan äänenteholäpäisysuhde
$S_i$	yksittäisen rakenneosan pinta-ala
$S$	koko tarkasteltavan rakenteen yhteispinta-ala

Oletetaan yksinkertaisuuden vuoksi, että ulkoseinä muodostuu vain kahdesta erilaisesta ääneneristävyyden omaavasta rakenneosasta, joista ensimmäinen on ulkoseinän rakenteellinen osa (mahdollisen pienen rakenneosan kanssa) ja toinen ikkunat (yhdessä parvekeovien kanssa). Kun koko julkisivun yhteisääneneristävyys ja rakenteellisen osan ääneneristävyys tunnetaan, saadaan edellä

olevasta kaavasta johdettua ikkunoiden/parvekeovien ääneneristävyys seuraa-  
vasti:

$$R_{\text{ikk}} = R_{\text{kok}} - 10 \lg[S/\Sigma S_i - (S/\Sigma S_i - 1) 10^{-(R_{\text{kok}} - R_s)/10}], \quad (\text{A.3})$$

missä:

$\Sigma S_i$	julkisivun ikkunoiden ja ovien kokonaispinta-ala
$S$	tarkasteltavan julkisivun pinta-ala
$R_{\text{kok}}$	koko tarkasteltavan julkisivun yhteisääneneristävyys
$R_{\text{ikk}}$	julkisivun ikkunoiden ja ovien ääneneristävyys
$R_s$	julkisivun rakenteellisen osan ääneneristävyys

Kirjallisuudessa esitetyt ääneneristävyden mitoitus- ja arviointimenetelmät perustuvat yleensä edellä esitettyjen laskentakaavojen käyttöön ja soveltamiseen. Kaava A.1 pätee koko taajuusalueella. Käytettäessä todellista meluspektriä vastaavaa ääneneristyslukua se pätee kohtuullisen tarkasti myös yksilukusuurein. Yhteisääneneristävyden kaava A.2 pätee kaikilla ääneneristysluvuilla [18, 20]. Julkisivun ääneneristävyden mitoitusmenetelmät poikkeavat perusteiltaan toisistaan lähinnä siinä, että laskentakaavoja sovelletaan eri menetelmissä hieman eri tavoin ja osassa menetelmiä laskentakaavat on esitetty taulukkomuodossa tehden samalla yksinkertaistavia oletuksia esimerkiksi yhdistettäessä tehollisesti eri rakennusosien ääneneristävyksiä tai laskettaessa absorptiota.

Tämän oppaan menetelmässä julkisivun tai julkisivun ulkokuoren yhteisääneneristävyden vaatimus määritetään äänitasoerosta kaavaa A.1 soveltaen:

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

Taulukkona annettu korjaustekijä  $K_1$  vastaa ulkoseinän pinta-alan ja huoneen absorptioalan huomioonottavaa summatekijää  $10 \lg(S/A)$ , joka on saatu ottamalla "normaali kalustetuissa" huonetiloissa absorptioalaksi 80 % huoneen lattiapinta-alasta ( $A=0,8 S_H$ ), samoin kuin DIN-standardissa [21, 22]. Absorption ja pinta-alasuhteen riippuvuus ei käytännössä ole yksinkertainen ja poikkeama suuntaan tai toiseen voi olla useitakin desibelejä. Rajaamalla oletus koskemaan ns. "normaalikalustettuja huonetiloja" voidaan arvioida, että absorptioalaa koskeva oletus vastaa hyvin alle 60 m<sup>2</sup> huonetiloja, joissa jälkikaiunta-aika on yleensä 0,4 - 1,0 s. Laskelmien perusteella noin 2,6 m huonekorkeudella oletus on teoreettisesti melko tarkka pienemmissä tilavuudeltaan alle 100 m<sup>3</sup> (alle 32 m<sup>2</sup> lattiapinta-ala) huonetiloissa ja johtaa mitoituksen kannalta keskimäärin hieman varmallalla puolella oleviin tuloksiin (aliarvioi absorptioalan vaikutuksen). Vasta hyvin suurissa (yli 200 m<sup>3</sup>) tiloissa absorptioalan vaikutus yliarvioidaan, mutta virhe on näissäkään tapauksissa yleensä alle 2 dB. Taulukkomuotoisena korjaustekijä on helppokäyttöinen ja sen avulla saadaan jo kaavoitusvaiheessa arvioitua julkisivun ikkunoilta ja ovilta vaadittava likimääräinen ääneneristävyystaso.

Kaavan A.1 vakiolukuarvon 3 dB asemasta oppaan julkisivun vähimmäisääneneristävyden laskennassa on käytetty lukuarvoa 7 dB. Arvojen välinen ero, 4 dB, ottaa huomioon mm. äänikenttäoletuksiin, mitoituskaavojen soveltamiseen ja julkisivun käytännön ääneneristävyyskäyttämiseen liittyvät epävarmuudet.

Tässä oppaassa yhteisääneneristävyttä ei lasketa suoraan kaavan A.2 pe-

rusteella eikä rakennusosia myöskään erikseen mitoiteta kaavaa A.3 suoraan soveltaen. Seinän rakenteellisen osan (mukaan lukien siinä olevat pienet alle 1 m<sup>2</sup> rakenneosat) ääneneristävyys on lähtökohtaisesti mitoitettu vain hieman suuremmaksi kuin mitä koko julkisivulle asetettava ääneneristävyysvaatimus. Oletamalla, että  $R_{\text{kok}} - R_s = 2$  dB, voidaan julkisivun ikkunoiden ja ovien ääneneristävyys mitoitaa kaavaa A.3 käyttäen niiden suhteellisen pinta-alaosuuden perusteella. Kaavan A.3 koko oikean puoleinen logaritmitekijä on esitetty oppaassa taulukoituna korjaustekijänä  $K_2$ , joka vähentämällä koko julkisivun ääneneristävyysvaatimuksesta saadaan sama yksiselitteinen ääneneristävyysvaatimus sekä ikkunoille että parvekeoville.

Menetelmä perustuu oletukseen, että ulkoseinän rakenteellisen osan ääneneristysluku on vähintään 3 dB suurempi ja julkisivussa olevan pienen rakennusosan yksikköääneneristysluku on vähintään 5 dB suurempi kuin koko julkisivun yhteisääneneristävyysvaatimus. Lisäksi menetelmä edellyttää, että kattorakenteiden kautta tuleva ääniosuus ei vaikuta oleellisesti mitoitukseen.

Taulukossa A.2 on verrattu yhteisääneneristävyden laskentakaavan A.3 mukaisesti eri  $R_{\text{kok}} - R_s$  arvoilla saatavaa korjausta eri pinta-alaosuhteilla. Oppaan mitoitusmenetelmässä  $R_{\text{kok}} - R_s$  on likimain 2 dB.

**Taulukko A.2. Pinta-alasuhdekorjaus (kaavan A.3 oikean puoleinen logaritmitekijä) ikkunoiden ja ovien ääneneristävyysvaatimukseen julkisivun rakenteellisen seinäosan ja julkisivun yhteisääneneristävyden erotuksesta riippuen.**

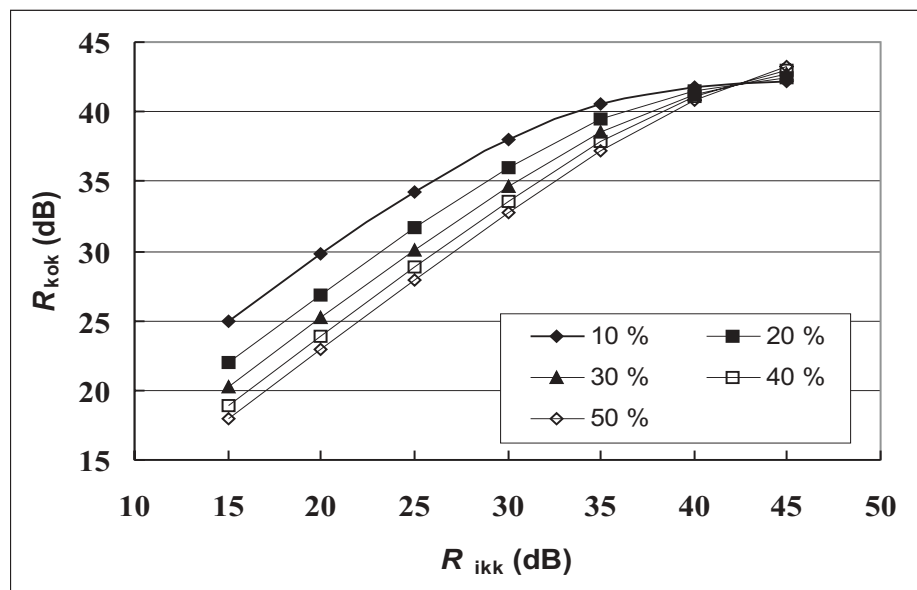
$R_{\text{kok}} - R_s$	$\Sigma S_i / S$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
$\geq 10$ dB	Kaava (A.3)	-10	-8	-7	-6	-5	-4	-3
6 dB	- " -	-9	-7	-6	-5	-4	-3	-2
3 dB	- " -	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-2
Oppaan menetelmä ( $\approx 2$ dB)	Termi $K_2$	-6	-4	-3	-3	-2	-1	-0

Ikkunan pinta-alaperusteista ääneneristävyden kompensointia seinärakenteen ääneneristävydellä on rajoitettu siten, että ikkunan pinta-alan mukainen korjaustermi on noin 3...4 dB pienempi kuin tapauksessa, jossa seinän rakenteellisen osan ääneneristävyys on suuri verrattuna yhteisääneneristävyteen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei oppaan mukaisessa mitoituksessa seinän rakenteellisen osan vaadittua parempaa ääneneristävyttä voida käyttää esimerkiksi ikkunan ääneneristävyysvaatimuksen pienentämiseen. Ikkunan ääneneristävyden liiallinen pienentäminen saattaa johtaa siihen, että asukas kokee ääneneristävyden riittämättömäksi ikkunan lähellä oleskellessa. Toisaalta mitoitusmenetelmää käytettäessä ei seinärakenteiden ääneneristävyttä yleensä tarvitse tietää tarkasti keveitä seinärakenteita lukuun ottamatta.

## 5 Oppaan menetelmän vertailu muihin mitoitusmenetelmiin

Kirjallisuudessa esitetyissä mitoitusmenetelmissä vaatimus asetetaan usein julkisivun yhteisääneneristävyydelle, joka lasketaan soveltaen suoraan kaavaa A.2. Joissakin menetelmissä kaavaa A.3 sovelletaan yksittäisen rakennusosan ääneneristävyysvaatimuksen määrittämiseen, kun muiden rakennusosien pinta-alaosuudet ja ääneneristävyydet tunnetaan. Kaavojen hallittu käyttö on kuitenkin hankalaa, koska molemmissa kaavoissa alkuoletuksia muuttamalla saadaan useita ääneneristävyydeltään eriarvoisia rakenne- ja rakennusosayhdistelmiä, joilla vaatimukset täyttyvät.

Kaavaa A.2 suoraan käytettäessä tulee tietää tai valita etukäteen eri julkisivurakenteiden ja rakennusosien ääneneristävyydet. Pelkkä yhteisääneneristävyys tai sille asetettu vaatimus ei toisaalta kuvaa yksiselitteisesti koko rakennuksen vaipan läpi tulevaa kokonaisäänitehoa tai äänitasoeroa. Toisaalta, vaikka mitoituksen tuloksena riittävä ääneneristävyys saavutetaan, saattavat julkisivun rakenneosien ääneneristävyydet määräytyä tehtyjen valintojen takia sattumanvaraisesti ja epätarkoituksenmukaisesti. Vastaavasti kaavaa A.3 suoraan käytettäessä yksittäisen rakennusosan ääneneristävyysvaatimus riippuu muille rakenne- ja rakennusosille tehtävistä ääneneristävyistä koskevista alkuvalinnoista. Pahimmillaan ko. kaavojen suora käyttö mitoituksessa johtaa siihen, että esimerkiksi väärin valitun ulkoilmaventtiilin pienehkön ääneneristävyyden vuoksi vaaditaan ikkunoilta kohtuuttoman suurta ääneneristävyttä tai että ikkunoiden pienehkön ääneneristävyyden takia aletaan vaatia ääneneristävyydeltään selvästi parempia seinärakenteita. Myös rakenneosien pinta-alat saattavat tulla tällöin epätarkoituksenmukaisiksi.



Kuva A.1. Ääneneristävyydeltään 42 dB ulkoseinä, jossa on yksi ikkuna. Yhteisääneneristävyys ikkunan pinta-alaosuudesta riippuen. Tavoiteltaessa noin 40 dB yhteisääneneristävyttä ikkunan ääneneristävyyden merkitys vähenee sen pinta-alasuhteen vähetessä.

Kaavojen eksponentiaalisesta ja logaritmisesta luonteesta johtuen pienetkin alkuarvojen muutokset saattavat rajatapauksissa johtaa huomattaviin muutoksiin yksittäisten rakenneosien ääneneristävyyksissä. Kun esimerkiksi seinän rakenteellisen osan ääneneristävyys on vain muutaman desibelin suurempi kuin koko julkisivulta vaadittava ääneneristävyys, saattaa jo alle 1 dB parannuksen tavoittelu yhteisääneneristävyydessä johtaa ikkunoiden osalta 4...5 dB suurempaan ääneneristävyyksivaatimukseen. Kuvasta A.1 havaitaan, että pyrittäessä noin 40 dB julkisivun yhteisääneneristävyyteen voidaan ikkunan ääneneristävyyden valinnalla välillä 35...45 dB vaikuttaa loppujen lopuksi vain vähän saavutettuun yhteisääneneristävyyteen, kun seinärakenteen ääneneristävyys on 42 dB ja ikkunan pinta-alaosuus on vähäinen. Tilanne mutkistuu vielä entisestään, jos tarkasteluun otetaan useita rakenneosia ja esimerkiksi kattorakenne.

Oppaan mitoitusmenetelmässä julkisivulle johdetaan äänitasoerosta ensin yhteisääneneristävyyksivaatimus. Yksinkertaisuuden vuoksi kattorakenteiden ääneneristävyyden on oletettu olevan niin hyvän, ettei sen kautta tuleva ääniteho-osuus juuri vaikuta julkisivun mitoitukseen. Kerrostalojen osalta oletus pätee kohtuullisen kattavasti. Julkisivua koskevasta ääneneristävyyksivaatimuksesta lähtien julkisivun eri osat mitoitetaan siten, että niiden ääneneristävyyksivaatimus on yksiselitteinen. Mitoitus johtaa siihen, että ikkunoiden ja parvekeovien kautta sisään etenevän äänen osuus vastaa likipitään seinän rakenteellisen osan (siinä mahdollisesti olevan pienen alle 1 m<sup>2</sup> rakenneosan kanssa) kautta tulevaa äänen osuutta. Eri rakenneosille saadut ääneneristävyyksivaatimukset ovat näin oikeassa suhteessa itse julkisivun ääneneristävyyksivaatimukseen. Mitoitus ei salli sitä, että hyvän ääneneristävyyden omaavan ulkoseinän koettavaa ääneneristävyyttä huononnetaan esimerkiksi valitsemalla ikkunat, joiden ääneneristävyys on paljon pienempi kuin julkisivulta vaadittu yhteisääneneristävyys.

Opasta käytettäessä suunnittelijan ei yleensä tarvitse tietää seinän rakenteellisen osan ääneneristävyyttä kovin tarkasti. Erityistä huomiota on kuitenkin kiinnitettävä kevytrakenteisten seinien ja kattorakenteiden ääneneristävyyden riittävyteen.

Oppaan mitoitusmenetelmässä julkisivun ääneneristävyydelle on kaavavaatimuksesta lähtien johdettu vaatimus, jonka taso on kiinnitetty. Mitoitettaessa julkisivun ääneneristävyyttä keskiäänitasojen suhteen johtaa mitoitus käytännössä keskimäärin varmallalla puolella olevaan lopputulokseen.

# 6 Mitoitusmenetelmän epävarmuuteen liittyviä tekijöitä

Yksityiskohtaiset varmuustarkastelut äänitekniisten arviointi- ja suunnittelumenetelmien osalta ovat hankalia, johtuen mm. suhteellisen desibeli-asteikon käytöstä. Useimmiten ne on jätetty tekemättä tai varmuus on otettu huomioon asetetulla kokonaisvarmuusvaralla.

Ääniteknisessä suunnittelussa ja mitoituksessa tulisi epävarmuustarkastelu tehdä koko ketjulle melukuormituksesta aina vaatimus- tai tavoitearvoon asti. Kokonaisvarmuuden hallintaa varten tulisi riittävät varmuuslisät asettaa sekä itse melukuormitustilanteiden poikkeamien ja myös itse mitoitusmenetelmän tuomien vaihteluiden hallitsemiseksi. Kun julkisivun ääneneristävyuden mitoittamisessa tavoitteeksi asetetaan tietty sisämelutaso, tulisi hallita myös ulkomelutason vaihtelut. Mikäli tavoitteeksi asetetaan vain äänitasoerotuksen toteutuminen voidaan tilanne hallita hieman paremmin, koska ulkopuolinen melutaso voidaan olettaa oikeaksi. Tällöinkin mitoitusmenetelmän varmuuteen tulee sisällytettäväksi itse melun luonteeseen tai olosuhteisiin liittyviä epävarmuustekijöitä (taajuusjakaumien vaihtelut ja äänikenttäoletuksien poikkeamat).

Julkisivun äänitekniinen suunnittelu perustuu usein tilastollisiin riippuvuuksiin. Tällöin puolet mitoitus tapauksista johtaa mitoituksen kannalta hyväksyttävään lopputulokseen, jos tilanteet hallitaan keskimäärin (ottaen huomioon epävarmuustekijät, jotka aina poikkeavat keskimääräisestä tiettyyn suuntaan). Muutaman desibelin (noin 3 - 5 dB) varmuusvara mitoitus tulokseen lisää merkittävästi hyväksyttävien ratkaisujen määrää, kun vaihtelut ja poikkeamat keskimääräisistä mitoitusarvoista oletetaan normaalijakautuneiksi, osin satunnaisiksi ja toisistaan riippumattomiksi. Äänitekniisen suunnittelun osalta kokonaisvarmuuslisä ei desibeliarvoisena voi olla epätarkoituksenmukaisen suuri, koska tämä johtaisi äänitekniisesti käytettävissä olevien rakenteiden ja rakenneosien määrän huomattavaan vähenemiseen.

Julkisivun mitoitukseen liittyviä epävarmuustekijöitä samoin kuin rakennusosia on useita ja saavutettavaa varmuutta voidaan tarkastella vain suuruusluokkatasolla. Kun selvät virheet suunnittelussa, mitoituksessa ja itse rakentamisessa jätetään huomioon ottamatta, voidaan epävarmuustekijät jakaa kolmeen ryhmään:

- ulkomelutason arviointiin, taajuusjakaumiin ja äänikenttiin liittyvät hajonnat (sisältää melun laskentamalleista aiheutuvat epätarkkuudet),
- julkisivun mitoitukseen liittyvät epävarmuustekijät ja
- rakennusosien ääneneristävyyskäyttämiseen liittyvät hajonnat.

Suurimmat hajonnat ja epätarkkuudet liittyvät ulkomeluun ja sen arviointiin. Ne korostuvat, kun kyseessä on hetkelliset melutapahtumat. Mitoituksessa epätarkkuutta aiheutuu mm. kokonaiseneristävyuden laskennasta, huonealan ja absorption yhteyden karkeahkosta riippuvuudesta. Arviolta niiden yhteisvaikutus lienee keskimäärin joitakin desibelejä. Rakenteiden ääneneristävyyskäyttämässä laboratorio-oloissa on jonkin verran pienehköjä poikkeamia, mutta ne ovat varsin hyvin hallittavissa, joskin erot esimerkiksi eri laboratorioiden saamisen mittaustulosten välillä voivat olla huomattavia. Rakennusosien todellinen ääneneristävyys riippuu esimerkiksi matalien alle 100 Hz taajuuksien ääneneristävydestä, jota ei ääneneristysluvun määrittämisessä oteta normaalisti huomioon. On myös muistettava, että yksittäisten melutapahtumien suhteen menetel-

män epätarkkuus kasvaa huomattavasti, koska tulokulmariippuvuudesta ja rakenteiden liitoksista johtuen todellinen ääneneristävyys saattaa poiketa huomattavastikin siitä mitä ääneneristysluvun perusteella voisi arvioida.

Melun taajuusjakaumien ja äänikenttäoletuksien vaihtelut joudutaan sisällyttämään osaksi mitoitusten menetelmän (kaavat tai rakenneosien ääneneristävyyskäyttäytyminen) epävarmuustekijöitä, koska kaavamääräystä annettaessa on usein käytettävissä vain tieto ulkomelutasosta.

Ulkomelutason voimakkuuden vaihteluista ja laskentamallien antamien tuloksien oikeellisuudesta tai varmuudesta ei ole olemassa täsmällistä tietoa. Samoilla lähtötiedoilla on eräällä laskentamallilla saatu käyttäjästä riippuen jopa  $\pm 5$  dB eroja keskiäänitasoissa. Keskiäänitasot vilkasliikenteisten katujen ja teiden varsilla lähellä ajorataa voidaan ennustaa laskentamallein arviolta noin  $\pm 3$  dB tarkkuudella, mikäli liikennetiedot ovat riittävän luotettavia. Arvio melun voimakkuusvaihteluiden epätarkkuudesta tulisi periaatteessa ottaa huomioon melutasoja määritettäessä. Toisaalta sekin on käytännöllistä ottaa huomioon kokonaisvarmuudessa.

Seuraavassa on tarkasteltu oppaan mitoitusten menetelmään sisältyviä epävarmuustekijöitä keskiäänitasojen osalta ottamatta huomioon ulkomelutason vaihteluita ja siihen liittyvän laskennan epävarmuustekijöitä. Merkittävimmät epävarmuustekijät rakennusosien ääneneristävyden mitoituksessa ovat:

- hajonnat taajuusjakaumissa ja äänikenttäoletuksissa,
- mitoituskäytöiden ja taulukkojen likimääräisölkset, taulukkoarvojen pyöritykset
- ikkunoiden ja muiden käytännön rakenneosien ääneneristävyden poikkeama laboratoriossa määritetyistä arvoista sekä ikkunakoon ja muihin rakenneosiin syntyvän kytkennän vaikutus ääneneristävyyteen,
- työ- ja asennusvirheet sekä ikääntyminen.

Taulukossa A.3 on esitetty kirjoittajien kokemukseen perustuvia arvioita kyseisten epävarmuustekijöiden suuruusluokasta.

**Taulukko A.3. Mitoitusten menetelmän keskimääräisiä vaihteluita ja epävarmuustekijöitä kokemukseen perustuen.**

Tekijä/Vaikutus	Vaihtelu/Virhe (dB)
Äänikenttäoletuksien poikkeamat (intensiteetti- ja äänenpainetasojen yhteys, oppaan kaava 2)	$\pm 1 \dots 2$
Absorptioalan korjaustekijä $K_1$ ("kalustetut" normaalikokoiset asuinhuoneet, taulukko-pyörityksineen, oppaan kaava 2) <sup>1)</sup>	$\pm 1 \dots 2$
Yhteisääneneristävyyden kaava (taulukko-pyörityksineen taulukko A.2) <sup>2)</sup>	$+ 0 \dots 3$
Poikkeamat laboratoriomittauksissa (sisältää tuotannon vaihtelut)	$\pm 1 \dots 2$
Ikkunakoon ja reunaehtojen vaikutus	$- 1 \dots -2$
Työ- ja asennusvirheiden vaikutus <sup>3)</sup>	$- 2$
Ulkomelun taajuusjakaumien vaihtelut <sup>4)</sup>	$\pm 3$

1) Yksittäisissä käytännön tapauksissa absorptioalan ja huonetilojen aiheuttaman vaihtelun vaikutus voi olla olosuhteista riippuen suurempi.

2) Äänitasoeron kannalta lisävarmuus on likimain samansuuruinen kuin taulukon A.2 korjaustekijöiden ero eri  $R_{\text{kok}}$ - $R_s$  arvoilla.

3) Kun asennus suoritetaan huolellisesti ja kun tulokulmariippuvuutta ei ole huomioitu.

4) Arvio, joka perustuu taajuusjakaumien keskimääräiseen vaihteluun.

Koska kaikki edellä luetellut hajonnat ovat pääosin satunnaisia, voidaan arvioida, että niiden huomioonottamiseksi tarvittaisiin kaavamääräyksen kannalta 5 - 6 dB varmuusvara. Kyseisen suuruinen varmuusvara riittää myös kahden suurimman epävarmuustekijän samanaikaisen esiintymisen varalta.

Sisämelutason kannalta varmuusvaraan tulisi sisällyttää myös ulkomelutason arvioinnin epätarkkuudesta aiheutuva vara. Olettaen edelleen poikkeamat satunnaisiksi tulisi varmuusvaraa kasvattaa arviolta näin aina arvoon 6 - 7 dB asti.

Oppaan mitoituksen peruskaavaan sisältyy julkisivun äänitasoeron mitoituksen osalta 4 dB varmuusvara. Tämän lisäksi esimerkiksi  $K_2$ -termiin sisältyy usein muutaman desibelin lisävarmuus (vrt. taulukko A.2). Tilastollisesti tarkastellen riippumattomien poikkeamien kattamiseksi tarvittava varmuusvara ei kasva rajattomasti. Jo kohtuullisellakin varmuusvaralla voidaan kattaa suurin osa mitoitustapauksista siten, että ne ovat varmalla puolella. Toisaalta varmuusvaran suuruuden valinnassa on aina kyse tarkoituksenmukaisuudesta, koska valinnalla vaikutetaan hyväksyttävien ratkaisujen joukkoon ja maankäytön edellytyksiin. Lisäksi valitun kokonaisvarmuusvaran tulisi vastata likimain myös käytäntöä muualla Euroopassa.

Oppaan mitoitusmenetelmällä saavutettavan varmuustason luotettava toteaminen vaatisi erittäin paljon mittauksia kohteissa, jotka ovat mitoitettu ko. menetelmän mukaisesti. Lisäksi mittauskohteissa käytettyjen rakenneosien ääneneristävyyspitäisi tuntea riittävän tarkasti.

Julkisivun ääneneristävyysmittauksia ei edellä olevista lähtökohdista ole tehty. Käytännön kohteissa on kuitenkin suoritettu [23, 24] julkisivun ääneneristävyysmittauksia koskien betonisia kerrostaloja. Näitä mittauksia on verrattu oppaan mukaiseen mitoitukseen arvioimalla ulkoseinän ikkuna- ja venttiilirakenteiden ääneneristävyysrakennetietojen ja vastaavien rakennusosien laboratoriomittausten perusteella. Rakenneosien arvioituja ääneneristävyysarvoja ja mitattua julkisivun ääneneristävyysarvoa verrattu oppaan mitoitusmenetelmästä saataviin arvoihin sen perusteella täyttyykö kaavamääräys ja sisämelutasolle asetettu vaatimus liikennemelussa. Yhteenveto tuloksista on esitetty taulukossa A.4. Kun julkisivu on mitoitettu oppaan mitoitusmenetelmän perusteella, täyttyy kaavamääräyksen arvioitu vaatimus ja myös sisämelutasovaatimus mitaushetken liikennemäärällä. Sisämelutasovaatimus ei taas täyttynyt, mikäli ulkoseinän rakenneosien ääneneristävyysarvot olivat selvästi pienempiä kuin mitä oppaan mitoitusmenetelmästä saatavat ääneneristävyysarvot. Tulokset osoittavat oppaassa esitetyn menetelmän olevan oikean suuntainen. Mitoitusmenetelmän varmuustason tarkistaminen vaatii tulevaisuudessa lisämittauksia erityisesti kevytrakenteisten ulkoseinien samoin kuin lentomelun ja hetkellisten meluhuippujen osalta.



## Taulukko A.4. Mittaustulosten vertailu ohjeen antamiin lukuarvioihin

$L_u$ : Ulkomelutaso,  $L_s$ : Sisämelutaso huoneessa,  $\Delta L_m$ : Ulko- ja sisämelutason erotus,  $V$ : Huoneen tilavuus,

$S$ : Huoneen rajoittaman ulkoseinän pinta-ala,  $S_H$ : Lattian pinta-ala

$\Delta L$  = Ulkomelutaso-35 dB (Valtioneuvoston päätöksen mukainen sisämelutason päiväohjearvo)

$K_1$  = Ulkoseinän ja huoneen lattia pinta-alan suhteen korjaustermi

$K_2$  = Ulkoseinässä olevien rakennusosien yhteispinta-alan ja ulkoseinän pinta-alan suhteen korjaustermi

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

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

$D_{n,e,A,tr} \geq R_{tr,vaad} + 5$  dB

$R'_{A,tr}$  on tieliikennemelussa mitattu arvo

Taulukossa on esitetty myös seinärakenteen arvioitu ilmastäeneristysluku, oven ja ikkunan arvioitu

ilmastäeneristysluku/pinta-ala sekä ulkoilmaventtiilin arvioitu yksikköääneneristysluku.

## Mittaustulosten vertailua

Nro	$L_u$ [dB]	$L_s$ [dB]	$\Delta L_m$ [dB]	$\Delta L$ [dB]	$V$ [m <sup>3</sup> ]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$S_H$ [m <sup>2</sup> ]	$K_1$ [dB]	$R_{tr,vaad}$ [dB]	$K_2$ [dB]	$R_{A,tr}$ [dB]	$D_{n,e,A,tr}$ [dB]	Seinä [dB]	Ovi [dB/m <sup>2</sup> ]	Ikkuna [dB/m <sup>2</sup> ]	Venttiili [dB]	$R'_{A,tr}$ [dB]
3	76,0	31,3	44,7	41	24,8	7,1	9,7	0	48	0	48	53	60	-	47/3,2	55	47
4	72,0	32,1	39,9	37	66	10,5	26,4	-3	41	-2	39	46	60	-	43/3,2	40	41
5	71,9	36,1	35,8	36,9	58	12	23,2	-2	41,9	-2	39,9	46,9	60	-	40/3,2	40	39
6	76,0	36,4	39,6	41	30,2	8,3	11,4	0	48	-2	46	53	55	33/0,4	42/2,2	45	37
7	77,5	36,2	41,3	42,5	40	9,6	15	-1	48,5	-1	47,5	53,5	55	42/1,9	42/2,1	-	39
8	78,4	37,0	41,4	43,4	83	21	29,1	0	50,4	-3	47,4	55,4	55	-	42/3,2	55	43
9	77,5	36,7	40,8	42,5	24,1	8	9,5	0	49,5	-2	47,5	54,5	57	-	43/2,1	40	43
10	74,9	39,1	35,8	39,9	27,3	8,3	10,7	0	46,9	0	46,9	51,9	57	33/0,5	38/3,4	-	37
11	70,5	31,2	39,3	35,5	45	9,9	17,6	-1	41,5	-2	39,5	46,5	60	-	47/3,4	40	38
12	76,6	37,7	38,9	41,6	57	11,5	20	-1	47,6	-3	44,6	52,6	60	-	47/2,7	40	38

Kohteessa 5 ikkunaan ei ole kyetty sulkemaan kunnolla

## 7 Lähdeviitteet

- <sup>1</sup> J. Parmanen, A. Saarinen. Ulkoseinän ääneneristävyys kaavoituksessa. Ohje ääneneristävyyden mitoittamiseksi. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Rakennustekniikka. Akustiikka. Espoo 1996. 28 s.
- <sup>2</sup> J. Parmanen & P. Sipari. Ulkomelu ja ulkoseinän ääneneristävyys kaavoituksessa ja rakennusvalvonnassa. Sisäinen raportti Dnro 225-97/RTE1. VTT Rakennustekniikka 1998. 17 s. + liitt. 14 s.
- <sup>3</sup> Parmanen J. Ulkoseinän ääneneristävyys kaavoituksessa – lausuntoyhteenvedo. VTT Rakennustekniikka 1997. 26 s.
- <sup>4</sup> Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista (993/1992).
- <sup>5</sup> Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriö. Oppaita 2003:1. Helsinki 2003. 93 s.
- <sup>6</sup> A. Saarinen, P. Sipari. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyys. Lasirakentaja 1/2002. s 14-17.
- <sup>7</sup> A.Homb & S.Hveem. Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode och datasamling. Byggeforsk Norges byggeforskningsinstitut, Håndbok 47. Oslo 1999. 74 s +liitteet.
- <sup>8</sup> Maankäyttö- ja rakennuslaki, kaavamerkinnot. Ympäristöministeriö, Helsinki 2000 ja Asetus maankäyttö- ja rakennuslain mukaisissa kaavoissa käytettävistä merkinnöistä Ympäristöministeriö. 31.3.2000 (Maakuntakaava-, yleiskaava- ja asemakaavamerkinnot).
- <sup>9</sup> Liikennemelun huomioonottaminen kaavoituksessa. LIME-työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 493. Ympäristöministeriö. Helsinki 2001. 48 s.
- <sup>10</sup> T. Lahti. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöopas 101. Ympäristöministeriö. Helsinki 2003. 125 s.
- <sup>11</sup> Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY, annettu 25 päivänä kesäkuuta 2002, ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti L189/12. 18.7.2002.
- <sup>12</sup> Lentomelu ja alueiden käytön suunnittelu. Työryhmän raportti 3 1993. Ympäristöministeriö. Alueiden käytön osasto. Helsinki 1993. 44 s.
- <sup>13</sup> Lentomelu ja rakennusten ääneneristys. Muistio 8 1994. Ympäristöministeriö. Ympäristön suojeluosasto. Helsinki 1994. 40 s.
- <sup>14</sup> ISO 717-1:1996 Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Airborne sound insulation.
- <sup>15</sup> Eri liikennevälineiden melun taajuusjakaumat ja ikkunoiden ääneneristävyys. Kaupunkisuunnitteluvirasto. Liikennesuunnittelujaoston julkaisu A:12/74. Tutkimustoimisto 15.3.1974. 27 s.
- <sup>16</sup> J. Parmanen. System for rating of airborne sound insulation in buildings and of building elements. ACUSTICA-acta acustica 86 (2000) 16 pp.
- <sup>17</sup> Ääneneristys asemakaavoituksessa. Tutkimusraportti 4/1995. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Helsinki, 1995. 21 s.
- <sup>18</sup> P. Sipari, A. Saarinen, R. Heinonen, V. Sivonen. Ikkunoiden ja muiden ulkoseinien rakennusosien ääneneristävyys. "Rakennuksen ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyys, RAUKE". VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Sisäinen raportti Nro RTE13-IR-3/2001. 36s + liitteet 17 s.
- <sup>19</sup> H. T. Tuominen ja J. Parmanen Ikkunan ääneneristävyyden mittaluvut. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia 107. Espoo 1982.64 s.
- <sup>20</sup> A. Saarinen. Ilmaääneneristävyyden mallinnettavuus. "Rakennuksen ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyys, RAUKE". VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Sisäinen raportti Nro RTE13-IR-5/2001. 53s.
- <sup>21</sup> Standardi DIN 4109 Schallschutz im Hochbau. Anforderungen und Nachweise. November 1989. 28 s.
- <sup>22</sup> VDI 4100. VDI-Richtlinien. Kriterien für Planung und Bauerteilung. September 1994. 21 s
- <sup>23</sup> Saarinen A. Reduction of external noise by building facades: tolerance of standard EN 12354-3. Applied Acoustics 63(2002), 529-545.
- <sup>24</sup> A. Saarinen, R. Heinonen. Standardin EN 12354-3 epätarkkuus. Sisäinen raportti nro RTE13-IR-6/2001. Ympäristöministeriö 23/4 s.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö Asunto- ja rakennusosasto	Julkaisuaika Lokakuu 2003
Tekijä(t)	Pekka Sipari, Ari Saarinen	
Julkaisun nimi	<b>Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen</b>	
Tiivistelmä	<p>Tässä oppaassa tarkastellaan rakennusten ääneneristävyyteen liittyviä kaavamerkintöjä ja -määräyksiä ja niiden muodostamisperusteita ja esitetään laskentamenetelmä rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittamiselle.</p> <p>Rakennuksen ulkovaipalle asetetut ääneneristävyyttä koskevat vaatimukset esitetään yleis- ja asema-kaavoissa yleensä ilmoittamalla ulkomelutaso tai ulko- ja sisämelun äänitasoero. Tässä oppaassa esitetyn menetelmän avulla rakennushankkeeseen ryhtyvä voi osoittaa kaavassa vaaditun vähimmäisäänitasoeron toteutumisen. Menetelmä soveltuu erityisesti vilkasliikenteisten liikenneväylien varsilla sijaitsevien julkisivujen mitoittamiseen. Sitä voidaan soveltaa myös esimerkiksi suojattaessa asukkaita teollisuusmelulta, jos melun taajuusjakauma vastaa likimain tieliikennemelua.</p> <p>Menetelmä pyrkii siihen, että kaavassa vaadittu vähimmäisäänitasoero toteutuu suurimmassa osassa mitoitus tapauksia. Käytännössä melu varsinkin enimmäisäänitasojen osalta vaihtelee ajallisesti sekä paikallisesti ja saattaa poiketa suurestikin arvioidusta. Tämän takia menetelmän käyttö ei takaa, että sisämelutason ohjearvo alitetaan kaikissa tapauksissa. Oppaan mukaisella mitoituksella voidaan kuitenkin katsoa päästävän tyydyttävään tasoon, mikäli ulkomelutaso on arvioitu oikein.</p> <p>Opas on tarkoitettu kaavoittajien, rakennuslupaviranomaisten, rakentajien ja suunnittelijoiden tarpeisiin.</p>	
Asiasanat	Meluntorjunta, ääneneristävyys, ulkomelu, julkisivut, julkisivun rakennusosat, kaavoitus, suunnittelu	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Ympäristöopas 108	
Julkaisun teema	Rakentaminen	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/toimeksiantaja	Ympäristöministeriö	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-8602	ISBN 952-11-1507-6 nid 952-11-1508-4 pdf
	Sivuja 37	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta
Julkaisun myynti/jakaja	Edita Publishing Oy, Asiakaspalvelu, PL 800, 00043 Edita puh. 020 450 05, telefax 020 450 2380 sähköposti: asiakaspalvelu@edita.fi, www-palvelin: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Julkaisun kustantaja	Ympäristöministeriö, Edita Publishing Oy	
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2003	
Muut tiedot	Yhdyshenkilö ympäristöministeriössä: Anja Leinonen, puh. (09) 1603 9665	

# Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet Bostads- och byggnadsavdelningen	Datum Oktober 2003
Författare	Pekka Sipari, Ari Saarinen	
Publikationens titel	<b>Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen (Dimensionering av ljudisolering i fasader)</b>	
Sammandrag	<p>Denna handledning tar upp planbeteckningar och planbestämmelser om ljudisolering i byggnader. Den behandlar grunderna för kraven på ljudisolering och presenterar en kalkylmetod som kan användas vid dimensioneringen av ljudisoleringen i fasader.</p> <p>De krav som gäller ljudisolering i byggnaders ytterhölje (mantel) presenteras i general- och detaljplanerna, i allmänhet genom att man anger bullernivån utomhus eller skillnaden i utomhus- och inomhusbullrets ljudnivåer. Den metod som presenteras här gör att den som startar ett byggprojekt kan visa att byggandet motsvarar de krav som planen ställer på minimiskillnaden i bullernivåerna. Metoden är särskilt väl lämpad för dimensionering av fasader utmed livligt trafikerade leder. Den kan också användas för att skydda invånare mot industribuller, om bullrets frekvensfördelning någotsånär motsvarar vägtrafikbuller.</p> <p>Metoden syftar till att den minimiskillnad i bullernivåerna som planen anger skall komma till stånd i majoriteten av de fall där den används. I praktiken varierar buller både tidmässigt och lokalt i synnerhet i fråga om maximiljudnivåerna, och skillnaderna till vad man kalkylerat med kan vara stora. Därför garanterar användningen av denna metod inte att riktvärdet för inomhusbuller kan hållas i samtliga fall. Men en dimensionering enligt handledningen kan i alla fall anses leda till ett tillfredsställande resultat under förutsättning att nivån på utomhusbullret bedömts korrekt.</p> <p>Handledningen är avsedd för planläggare, bygglovsmyndigheter, byggherrar och planerare.</p>	
Nyckelord	Bullerbekämpning, ljudisolering, utomhusbuller, fasad, fasadkomponenter, planläggning, dimensionering	
Publikationsserie och nummer	Miljöhandledning 108	
Publikationens tema	Byggnade	
Projektets namn och nummer		
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
Organisationer i projektgruppen		
	ISSN 1238-8602	ISBN 952-11-1507-6 nid 952-11-1508-4 pdf
	Sidantal 37	Språk finska
	Offentlighet offentlig	Pris
Beställningar/distribution	Edita Publishing Ab, Kundenservice, PB 800, FIN-00043 Edita, Finland tel. +358 20 451 05, telefax +358 20 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi, www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Förläggare	Miljöministeriet, Edita Publishing Ab	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors	
Övriga uppgifter	Kontaktperson vid miljöministeriet: Anja Leinonen, tel. (09) 1603 9665	

# Documentation page

Publisher	Ministry of the Environment Housing and Building Department	Date October 2003
Author(s)	Pekka Sipari, Ari Saarinen	
Title of publication	<b>Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen (Dimensioning of the sound insulation of building facades)</b>	
Abstract	<p>This publication discusses the signs and symbols used in land use plans, as well as plan regulations, to indicate sound insulation requirements for building facades. It describes how these requirements are laid down and presents calculation methods for use in dimensioning of the sound insulation of building facades.</p> <p>Land use plans generally indicate outdoor sound levels, or the difference between outdoor and indoor sound levels, when setting sound insulation requirements for the building shell. The method presented here enables the builder to show that his building fulfils the requirements as regards the minimum sound level difference. The method is particularly suitable for use in dimensioning building facade sound insulation where traffic is heavy. It can also be used to protect residents against industrial noise, provided that the sound frequency distribution approximately corresponds with that of traffic noise.</p> <p>This method aims to ensure that the required minimum sound level differences are achieved in the majority of cases. In actual practice, noise varies, especially with regard to maximum noise levels, both in time and geographically, and may diverge considerably from estimates. For this reason, the use of this method does not guarantee that the target value for indoor noise is reached in all cases. Nevertheless, dimensioning by the method presented here may be considered to result in a satisfactory sound level, provided the outdoor noise level has been correctly assessed.</p> <p>The publication is intended for land use planners, building permit authorities, builders and designers.</p>	
Keywords	Noise abatement, sound insulation, outdoor noise, facade, facade components, land use planning, dimensioning	
Publication series and number	Environment Guide 108	
Theme of publication	Building	
Project name and number, if any		
Financier/commissioner	Ministry of the Environment	
Project organization		
	ISSN 1238-8602	ISBN 952-11-1507-6 nid 952-11-1508-4 pdf
	No. of pages 37	Language finnish
	Restrictions for public use	Price
For sale at/distributor	Edita Publishing Ltd, Box 800, FIN-00043 Edita, Finland tel. +358 20 451 05, telefax +358 20 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi, www-server: <a href="http://www.edita.fi/netmarket">http://www.edita.fi/netmarket</a>	
Financier of publication	Ministry of the Environment, Edita Publishing Ltd	
Printing place and year		
Other information	Contact at the Ministry of the Environment: Anja Leinonen, telephone (09) 1603 9665	