

JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

MYYNTI:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Töölönkatu 4, 00100 Helsinki

Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619, email ril@ril.fi, www.ril.fi

ISBN 978-951-758-477-7

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Hakapaino Oy, 2007

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Alkusanat

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisee rakennusten akustista suunnittelua käsittelevän julkaisusarjan, jonka ensimmäinen osa on "RIL 234-1-2007 Rakennusten akustinen suunnittelu – Akustiikan perusteet".

Tämän ohjeen tehtävänä on toimia rakennusten akustisen suunnittelun yleisohjeena. Rakennusten akustiseen suunnitteluun kuuluvat ilma- ja askelääneneristyksen, huoneakustiikan, teknisten laitteiden meluntorjunnan, liikenne- ja ympäristömelun torjunnan ja tärinäneristyksen suunnittelu sekä tilojen keskinäisen sijainnin suunnittelu. Ohjeessa kuvataan, miten akustiikka otetaan huomioon rakennushankkeen suunnittelu- ja toteutusvaiheissa. Ohje antaa perustietoa akustisen suunnittelun sisällöstä, hyödyistä, akustiikkaa koskevista määräyksistä, ohjeista, vaatimuksista ja luokittelusta. Lisäksi ohje sisältää suunnitteluohjeita, menetelmiä akustisten vaatimusten asettamiselle ja todentamiselle sekä toteuttamiselle ja kehittämiselle.

Sarjan muut osat ovat rakennuskohtaisia ohjeita, jotka tuovat esille akustiset vaatimukset rakennus- ja tilakohtaisesti sekä kuvaavat ratkaisuja akustiikan toteuttamiselle:

- RIL 243-2 Opetustilat, auditoriot, kirjastot, liikuntatilat ja -hallit
- RIL 243-3 Toimistot
- RIL 243-4 Teollisuustilat
- RIL 243-5 Asunnot
- RIL 243-6 Sairaalat, palvelutalot, päiväkodit.

Sarjaa täydentää käsikirja "RIL129 Ääneneristyksen toteuttaminen".

Ohjeen rahoittajia ovat Työsuojelurahasto, opetusministeriö/liikuntapaikat, Opetushallitus, ympäristöministeriö sekä alan yritykset Saint-Gobain Ecophon Oy, Saint-Gobain Isover Oy, Rautaruukki Oyj, Paroc Oy ja Gyproc Oy. Kiitämme rahoittajia arvokkaasta tuesta, joka on mahdollistanut kirjasarjan laadinnan.

Ohjeen päätoimittajana on toiminut Markku Hirvonen. Ohjeen ovat kirjoittaneet Mikko Kylliäinen (Ins.tsto Heikki Helimäki Oy) ja Valtteri Hongisto. Johtoryhmään ovat kuuluneet Markku Hirvonen (pj.), Heli Anttalainen, Heikki Helimäki, Valtteri Hongisto, Mikko Kylliäinen, Anja Leinonen, Olli Nikula, Mauri Peltovuori, Kari Teliö, Juha Valtaari, Riku Wuokko ja Gunnar Åström (RIL, siht.). Ohjeen toimituskuntaan ovat päätoimittajan ja kirjoittajien lisäksi kuuluneet Kalle Lehtonen, Henrik Möller, Ari Saarinen ja Vesa Viljanen. Työhön on osallistunut RILin Äänitekkinen toimikunta, johon ovat kuuluneet Alpo Halme (pj.), Aimo Heimala, Reijo Heinonen, Kauko Juutinen, Antero Kajava ja Anja Leinonen.

Kiitämme ohjeen päätoimittajaa, kirjoittajia, johtoryhmää, toimituskuntaa ja toimikuntaa sekä kaikkia ohjeen laadintaan osallistuneita tahoja, jotka ovat tiedoillaan ja kannanotoillaan mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen.

Syyskuussa 2007

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Jorma Haapamäki
puheenjohtaja

Helena Soimakallio
toimitusjohtaja

Sisällysluettelo

1.	AKUSTISEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	9
1.1	Tavoitteet	9
1.2	Ääniolosuhteiden vaikutukset ihmiseen	10
1.3	Äänen häiritsevyys	11
1.4	Ääniolosuhteiden taloudelliset vaikutukset	12
1.5	Esimerkkejä puutteellisten ääniolosuhteiden vaikutuksista	14
2.	AKUSTIIKKA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	16
2.1	Määräysten tausta	16
2.2	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C1	17
2.3	Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2	18
2.4	Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohje	19
2.5	Laki eräistä naapuruussuhteista	19
2.6	Standardi SFS 5907:2004 Rakennusten akustinen luokitus	20
2.7	Sisäilmastoluokitus	20
2.8	Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojaamisesta melulta	21
2.9	Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista	21
2.10	EN-standardit	22
2.11	Aiemmat rakentamismääräykset	22
3.	AKUSTIIKKA RAKENNUSHANKKEEN OSANA	24
3.1	Akustisen suunnittelun sisältö	24
3.2	Rakennushankkeen läpivienti	25
3.2.1	Akustinen suunnittelu rakennushankkeessa	25
3.2.2	Hankesuunnittelu	27
3.2.3	Luonnossuunnittelu	28
3.2.4	Toteutussuunnittelu	30
3.2.5	Rakentaminen ja käyttöönotto	33
3.3	Käytössä todetut ääniolosuhteiden puutteet	34
4.	AKUSTIIKAN PERUSKÄSITTEET	35
4.1	Perusmääritelmät	35
4.1.1	Ääni	35
4.1.2	Taajuus	35
4.1.3	Ilmaaäni	35
4.1.4	Runko- ja askelääni	36
4.1.5	Äänenpainetaso	36
4.1.6	Taajuuskaistat	37
4.1.7	A-painotus ja äänitaso	39
4.1.8	Keskiäänitaso	40
4.1.9	Enimmäisäänitaso	41
4.1.10	Ääniteho ja äänitehotaso	41
4.1.11	Intensiteetti ja intensiteettitaso	42
4.2	Äänen leviäminen ja vaimeneminen	43
4.2.1	Leviämisvaimennus ulkona	43
4.2.2	Absorption ja ääneneristyksen erottaminen	46
4.2.3	Absorptioala	49
4.2.4	Jälkikaiunta-aika	50

4.2.5	Huonevaimennus	51
4.2.6	Leviämismvaimennus sisätiloissa	52
4.3	Puhe	54
4.3.1	Puheen perusominaisuudet	54
4.3.2	Puheen erotettavuus ja puheensiirtoindeksi STI	55
5.	ILMAÄÄNENERISTYS	58
5.1	Ilmaääneneristävyden mittaaminen	58
5.1.1	Laboratoriomittaus	58
5.1.2	Ilmaääneneristysluku	59
5.1.3	Spektripainotusermit	62
5.1.4	Kenttämittaus	63
5.1.5	Laboratorio- ja kenttätuloksen erot	66
5.1.6	Intensiteettimenetelmä	67
5.1.7	Koettu ilmaääneneristävyys	67
5.2	Kevyiden rakenteiden ilmaääneneristävyys	70
5.2.1	Ohut levy	70
5.2.2	Kaksinkertainen levyseinä	74
5.2.3	Kytkemätön kaksinkertaisen levyseinän ilmaääneneristävyys	76
5.2.4	Kytketyn kaksinkertaisen levyseinän ilmaääneneristävyys	78
5.2.5	Kevyt sandwich-rakenne	81
5.3	Kiviaineksisten rakenteiden ilmaääneneristävyys	84
5.3.1	Yksinkertainen kiviaineksinen seinä	84
5.3.2	Kiviaineksisen ja levyrakenteisen seinän yhdistelmä	84
5.3.3	Kiviaineksinen sandwich-rakenne	86
5.4	Ilmaääneneristävyteen vaikuttavia tekijöitä	86
5.4.1	Rakojen vaikutus ilmaääneneristävyteen	86
5.4.2	Absorboivan pinnan vaikutus ääneneristävyteen	88
5.5	Ääntä eristävien tuotteiden ominaisuudet	90
5.5.1	Rakennuslevyt	90
5.5.2	Järjestelmäväliseinät	93
5.5.3	Ovet	93
5.5.4	Siirtoseinät	95
5.5.5	Paljeovet	97
5.5.6	Lasitukset	97
5.5.7	Ikkunat	99
5.5.8	Korvausilmaventtiilit	100
5.5.9	Alakatot	101
5.6	Rakenteiden yhteisääneneristävyys	102
6.	RAKENTEELLISET SIVUTIESIIRTYMÄT	106
6.1	Sivutiesiirtymän määritelmä	106
6.2	Massiiviset kiviaineksiset rakenteet	106
6.3	Kevyet rakenteet	108
6.4	Laskentamalli	110
6.5	Laskentaesimerkit	112

7.	ASKELÄÄNENERISTYS	115
7.1	Askeläänitasoluku	115
7.2	Spektripainotusermit	117
7.3	Askelääneneristävyuden parannusluku	119
7.4	Massiiviset kivirakenteiset välipohjat	121
7.4.1	Joustavat lattianpäällysteet	121
7.4.2	Kelluvat lattiat	122
7.4.3	Asennuslattiat	125
7.4.4	Alakatot	125
7.4.5	Askelääneneristys vaakasuunnassa	126
7.5	Kevyet välipohjat	126
7.6	Askelääneneristuksen suunnittelu	129
7.6.1	Askeläänitasolukujen laskenta	129
7.6.2	Lattianpäällysteen liitokset muihin rakenteisiin	131
8.	LIIKENNELUN TORJUNTA	133
8.1	Liikennemelun häiritsevyys	133
8.2	Äänilähteet	133
8.2.1	Tieliikennemelu	133
8.2.2	Raideliikennemelu	135
8.2.3	Lentomelu	136
8.2.4	Melun mallintaminen	136
8.3	Meluntorjuntakeinot	137
8.3.1	Maankäytön suunnittelu	137
8.3.2	Rakennussuunnittelu	140
8.3.3	Melusteet	140
8.3.4	Parvekelasit	141
8.3.5	Ulkovaipan ääneneristys	141
8.4	Rakennuksen ulkovaipan ääneneristuksen suunnittelu	144
8.4.1	Mitoitusmenetelmät	144
8.4.2	Ympäristöoppaan mitoitusmenetelmä	145
8.4.3	Äänitasoeromenetelmä	146
8.4.4	Ulkovaipan ääneneristuksen mittaaminen	147
9.	ABSORPTIOMATERIAALIT	149
9.1	Huokoiset materiaalit	149
9.2	Rei'itetyt levyt	150
9.3	Mikrorei'itetyt levyt	151
9.4	Ohuet reikälevyt	152
9.5	Levyresonaattorit	152
9.6	Kovat pinnat	153
9.7	Kalusteet ja yleisö	153
9.8	Ilma	155
9.9	Höyrynsulkumuovien tai maalikalvojen vaikutus	155
9.10	Absorptiomateriaalien luokitus	156
10.	HUONEAKUSTIIKKA	158
10.1	Huoneakustisen suunnittelun tavoitteet	158
10.2	Äänen heijastuminen	159
10.2.1	Heijastusten merkitys	159

10.2.2	Tärykaiku	160
10.2.3	Tilan muoto	160
10.2.4	Pinnan muoto ja rakenne	162
10.3	Huoneen ominaisvärähtelyt	163
10.4	Huoneakustinen suunnittelu	164
10.4.1	Suunnittelukriteerit	164
10.4.2	Jälkikaiunta-ajan valinta	164
10.4.3	Jälkikaiunta-ajan mitoittaminen	167
10.5	Huoneakustinen mallintaminen	169
11.	SEINÄKKEET	171
11.1	Äänenvaimennus	171
11.2	Äänenvaimennus huonetilassa	173
12.	LVIS-JÄRJESTELMIEN ÄÄNENHALLINTA	175
12.1	LVIS-järjestelmien vaikutus ääniolosuhteisiin	175
12.2	Ilmastoinnin äänilähteet	177
12.3	Ilmastointituotteiden mittaukset	177
11.3.1	Kanavaosan äänenvaimennus	177
11.3.2	Päätelaitteen äänenvaimennus	178
11.3.3	Puhallinten äänitehotaso	178
11.3.4	Kanavaosien äänenkehitys	178
11.3.5	Läpivientielementin ääneneristävyys	179
12.4	Ilmastoinnin äänenvaimennukseen vaikuttavat tekijät	179
12.4.1	Huonevaimennus	179
12.4.2	Kanavan rajataajuus	180
12.4.3	Vapaan kanavan päätevaimennus	181
12.4.4	Pääte-elinten äänenvaimennus	182
12.4.5	Pääte-elimen sijainnin vaikutus	183
12.4.6	Vaimennus kanavan poikkipinta-alan muutoksessa	185
12.4.7	Vaimennus kanavan haaroituessa	187
12.4.8	Suoran kanavan vaimennus	189
12.4.9	Kanavan mutkien vaimennus	189
12.4.10	Äänenvaimenninten tarve	190
12.4.11	Käytännön esimerkkejä äänenvaimentimista	192
12.4.12	Puhaltimen äänitehotaso	194
12.4.13	Puhallinäänen vaimennuslaskenta	195
12.5	Äänenvaimentimien teoriaa	197
12.5.1	Äänen eteneminen kanavistossa	197
12.5.2	Suoran äänenvaimentimen äänenvaimennuksen muodostuminen	198
12.5.3	Pienikokoisten pyöreiden vaimenninten pituussuuntainen äänenvaimennus	200
12.6	Reaktiiviset äänenvaimentimet	202
12.7	Sivutiesiirtymä ilmanvaihtokanavien ilmatilan kautta	204
12.8	Virtausmelu	206
12.8.1	Syntyminen	206
12.8.2	Äänenkehitys kanavaosissa	206
12.8.3	Kanavakomponenttien äänenkehityslaskelma	208
12.9	Huonetilan äänitason muodostuminen	209

12.10 Ilmastointikonehuoneen ilmaääneneristys	210
12.10.1 Erillinen konehuone	210
12.10.2 Huoneistokohtaisen lämmöntalteenottokoneen ääneneristys	211
12.11 Ilmanvaihtolaitteiden äänenkehitys ulkotiloihin	213
12.12 Hormien seinämien ääneneristys	213
12.13 Muut LVIS-järjestelmät	214
12.13.1 Lämmitysjärjestelmä	214
12.13.2 Käyttövesijärjestelmä	214
12.13.3 Viemärijärjestelmä	214
12.13.4 Rakennuksen muut LVIS-laitteet	215
13. TÄRINÄNERISTYS	216
13.1 Tärinäneristysten tavoitteet.	216
13.2 Tärinäneristysten suunnittelu	217
LÄHDEKIRJALLISUUS	221

Ilmoittajat

Ilmoitukset julkaisun lopussa

Decocoat Oy
Saint-Gobain Ecophon Oy
Elam Oy
Gyproc Oy Gyptone
Ins.tsto Heikki Helimäki Oy
Paroc Panel System Oy Ab
VTT Asiantuntijapalvelut