

Kipsplaatsüsteemid

**SS01.ee**

Knaufi ehitusfüüsika

01/2019

# Heliisolatsioon Knaufi abil

## Põhialused

# Sisukord

	<b>Kasutusjuhised</b>	
	<b>Juhised</b> .....	3
	Juhised dokumendi kohta .....	3
	Viited allikatele .....	3
	<b>Põhialused</b>	
	<b>Müra, heliisolatsiooni meetmed ja parameetrid</b> .....	5
	Hoone heliväljas.....	5
	<b>Olulised sagedusalad</b> .....	6
	Heli ja helitase .....	7
	Ehitusakustilised parameetrid .....	7
	<b>Olulised akustikaterminid</b>	
	<b>Ehitusakustika – õhuheli</b> .....	7
	<b>Ehitusakustika – löögiheli</b> .....	11
	<b>Ehitusakustika – spektrilähendustegurid</b> .....	12
	<b>Tarindite akustiline käitumine</b>	
	<b>Otsene heliisolatsioon</b> .....	14
	<b>Heli ülekandeteed</b> .....	18

## Juhised dokumendi kohta

Knaufi tehnilised vihikud on spetsiifilisi teemasid ja Knaufi eksperditeadmisi käsitlevad teabedokumendid. Kui ei ole öeldud teisiti, põhinevad esitatud teave ja spetsifikatsioonid, konstruktsioonivariandid, teostuse üksikasjad ja loetletud tooted koostamise ajal kehtinud kasutatavust tõendavatel dokumentidel (nt ehitusalased katsetunnistused) ja standarditel. Lisaks on arvesse võetud ehitusfüüsikalisi (tulepüsivus ja heliisolatsioon), konstruktsioonilisi ja staatilisi nõudeid.

Siin esitatud teostuse üksikasjad on näited ja neid saab kasutada analoogselt konkreetse süsteemi erinevate plaatkattevariantide puhul. Seejuures tuleb tulepüsivusele ja/või heliisolatsioonile esitatavate nõuete korral siiski järgida kõiki vajalikke lisameetmeid ja/või piiranguid.

### Muud Knaufi vihikud, milles on käsitletud heliisolatsiooni:

#### Ehitusakustika

- Tarinditele esitatavad nõuded SS02.de<sup>1</sup>
- Heliisolatsiooni määramine tarindite paigaldatud olekus SS03.ee
- Siseseinad SS04.de
- Laed SS05.de
- Väliskonstruktsioonid SS06.de
- Ruum-ruumis süsteemid SS07.de

#### Ruumiakustika

- Alused ja põhimõtted AK01.de
- Projekteerimisandmed AK02.de

### Kohaldatavad standardid ja direktiivid:

- VDI 4100:2012-10
- Standardi DIN 4109:1989 lisa 1
- VDI 4100:2007-08
- DIN EN ISO 717-1:2013-06<sup>2</sup>
- DIN EN ISO 717-2:2006-11<sup>2</sup>
- DIN EN ISO 10140-2:2010-12<sup>2</sup>
- DIN EN ISO 10140-3:2010-12<sup>2</sup>
- DIN 4109-1:2018-01
- DIN 4109-2:2018-02
- DIN 4109-31:2016-07
- DIN 4109-32:2016-07
- DIN 4109-33:2016-07
- DIN 4109-34:2016-07
- DIN 4109-35:2016-07
- DIN 4109-36:2016-07

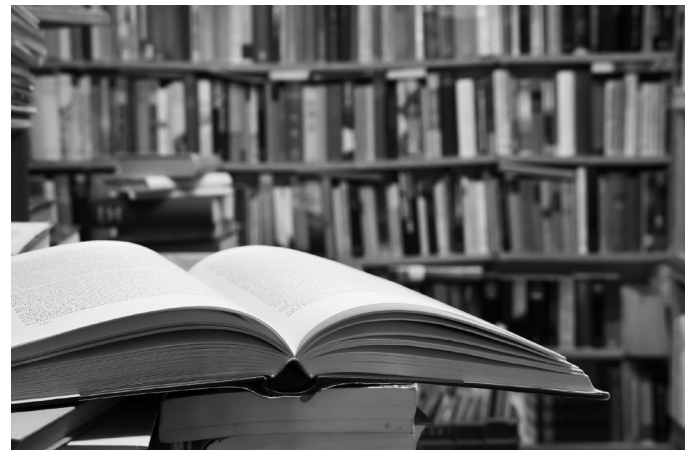
<sup>1</sup> Eestis kehtivad nõuded heliisolatsioonile on esitatud standardis

■ EVS 842:2003 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest.“

<sup>2</sup> Vastavad Eesti standardid on:

- EVS-EN ISO 717-1:2021
- EVS-EN ISO 717-2:2021
- EVS-EN ISO 10140-2:2021
- EVS-EN ISO 10140-3:2021

## Viited allikatele



- [1] Zürchner, Frank Bau und Energie: Leitfaden für Planung und Praxis Vdf, Hochschul-Verlag der ETH Zürich; Teubner-Verlag Stuttgart, 1998
- [2] Hohmann; Setzer; Wehling: Bauphysikalische Formeln und Tabellen – Wärmeschutz – Feuchteschutz – Schallschutz Werner Verlag 2004
- [3] Krämer, Pfau, Tichelmann Sanierung mit Trockenbau Intelligente Lösungen für Brand-, Schall-, Wärme- und Feuchteschutz mit Trockenbausystemen Knauf Gips KG Iphofen, 2010





## Põhialused

## Hoone heliväljas

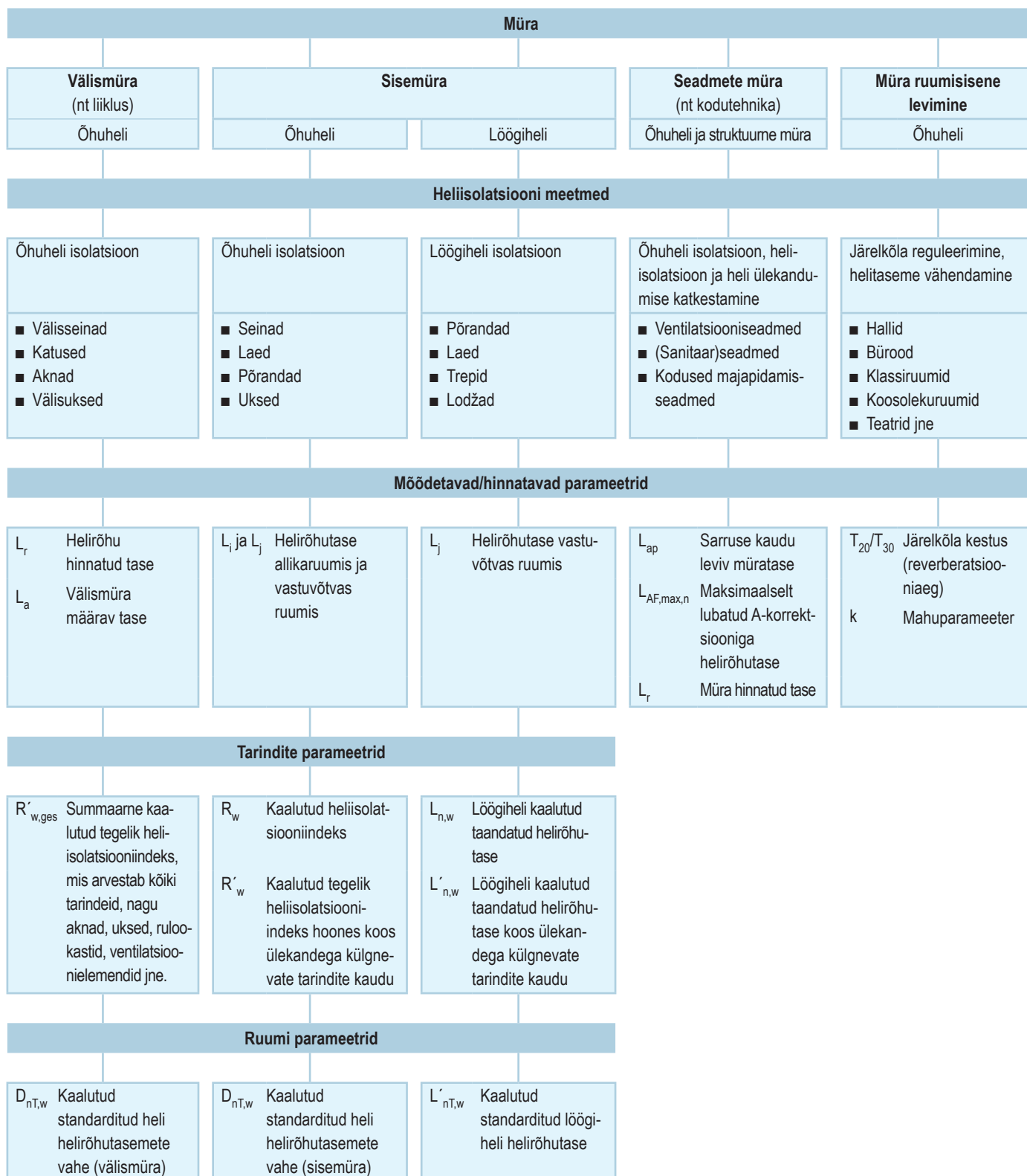
### Heliisolatsiooni meetmed

Hea heliisolatsiooni saavutamise eeldused on:

- hoone sisemuse isoleerimine välismürast;
- hoone sees heli ühest ruumist teise ülekandumise vähendamine;
- heli ülekandumise takistamine väliskeskonda suure müra korral hoones (tööstusmüra, diskoteegid);
- optimaalse akustilise ruumikliima loomine.

Kolme esimest tegevust käsitletakse ehitusakustika/heliisolatsiooni raames ning viimast ruumiakustika osas. Müraallikate, meetmete ja parameetrite vahelisi seoseid on kujutatud joonisel GS. 1.

Joonis GS. 1: Müra, heliisolatsiooni meetmed ja parameetrid



## Kuulmine ja kuulmisvahemik

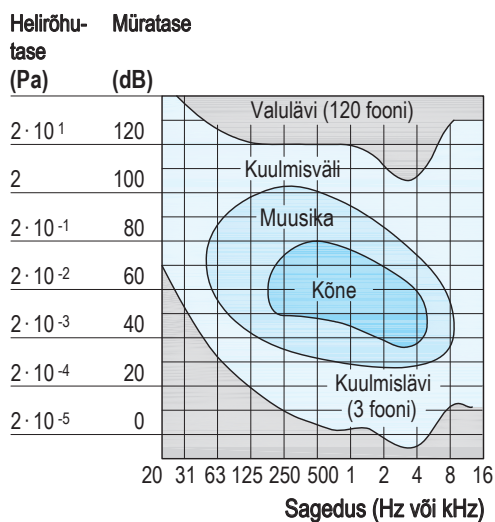


Kuulmine on heli subjektiivne tajumine. Inimese kõrv suudab tajuda helilaineid üksnes sagedusalas umbes 16 kuni 20 000 Hz, seejuures on tundlikkus tajutava heli sagedusest ja tugevusest.

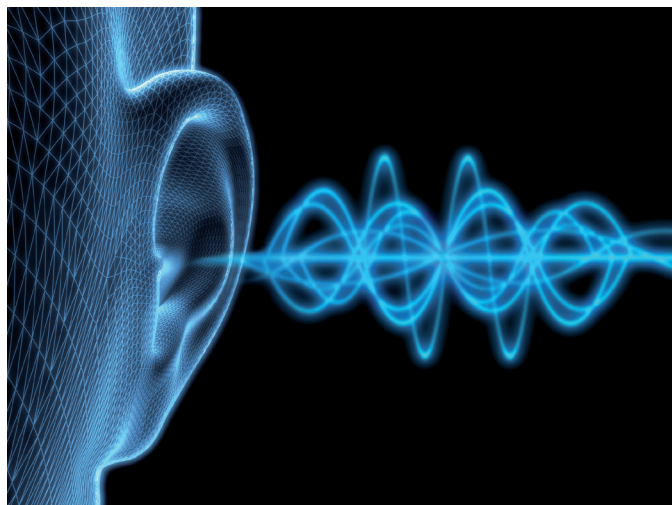
Kuulmisvahemik on määratletud kui väikseima veel tajutava tugevusega helitaseme (kuulmislävi) ja suurima talutava helitaseme (valulävi) vahemik (joonis GS. 2).

Kuulmisvahemik on eri inimestel erinev ja väheneb vanusega. Sagedusi alla 16 Hz tajub inimene vibratsioonina (infraheli). Tavaliselt ei taju inimesed sagedusi, mis on tunduvalt suuremad kui 20 000 Hz (ultraheli).

Joonis GS. 2: Kõne ja muusika tajumiskiirkonnaga kuulmisväli [1]



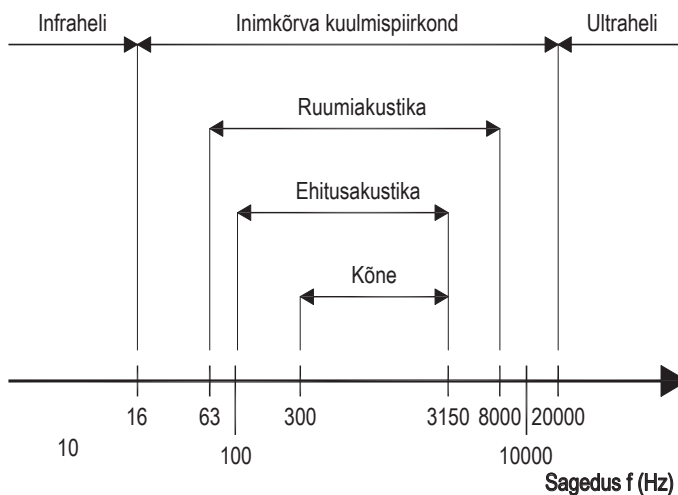
## Ehitus- ja ruumiakustika sagedusalad



Inimeste kuulmisvõime ja inimekõrva sagedusest sõltuva tundlikkuse (joonis GS. 2) alusel on ehitusakustikas erilist kaitset vajavaks sagedusspektri vahemikuks sätestatud tavaliselt 100 kuni 3150 Hz. Nendel sagedustel on inimese kõrv kõige tundlikum ja helitugevuse osakaal tavalises müras on kõige suurem.

Erijuhtudel (nt madalasagedusliku heli suur osakaal tänavamüra korral, lai ja vali spekter kinodes) võib seda vahemikku laiendada ja võtta heliisolatsiooni hindamisel aluseks sagedusspektri vahemikus 50 kuni 5000 Hz.

Joonis GS. 3: Diagramm ehitus- ja ruumiakustika jaoks oluliste sagedusaladega [2]

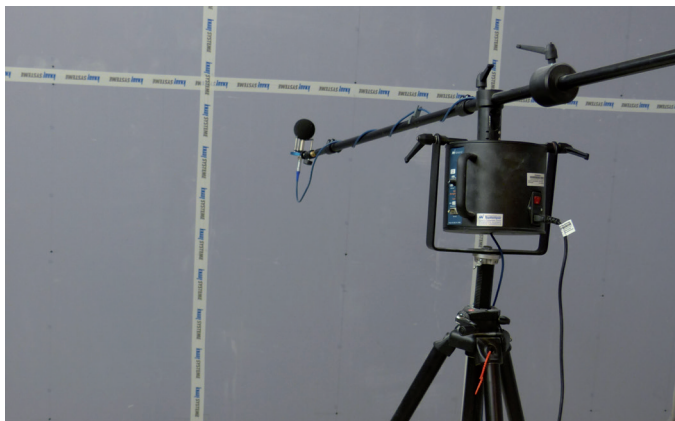




#### Heli ja helitase

Heli all mõistetakse mehaanilisi võnkumisi ja laineid, mis levivad **õhuhelina** (õhus) või **struktuurse helina** (tahkistes). Lagedes ja treppides levivat struktuurse heli nimetatakse **löögiheliks**. Helitugevuse logaritmiline mõõde on helitase  $L$ , mida väljendatakse detsibellides dB. Tulenevalt eelnimetatud määratlustest nimetatakse tavaliselt kahe ruumi vahelist helilainete isolatsiooni õhuheli või löögiheli isolatsiooniks.

Joonis GS. 4: Ehitusakustiline katsestend õhuheli isolatsiooni mõõtmiseks [Knauf Gips KG]

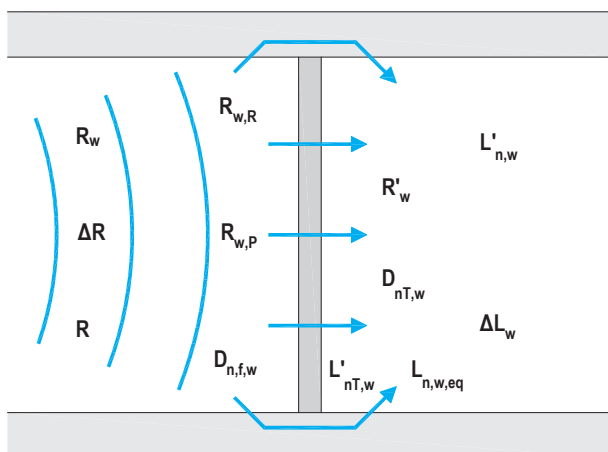


Joonis GS. 5: Ehitusakustiline katsestend löögiheli isolatsiooni mõõtmiseks [Knauf Gips KG]



#### Ehitusakustilised parameetrid

Joonis GS. 6: Ehitusakustilised parameetrid

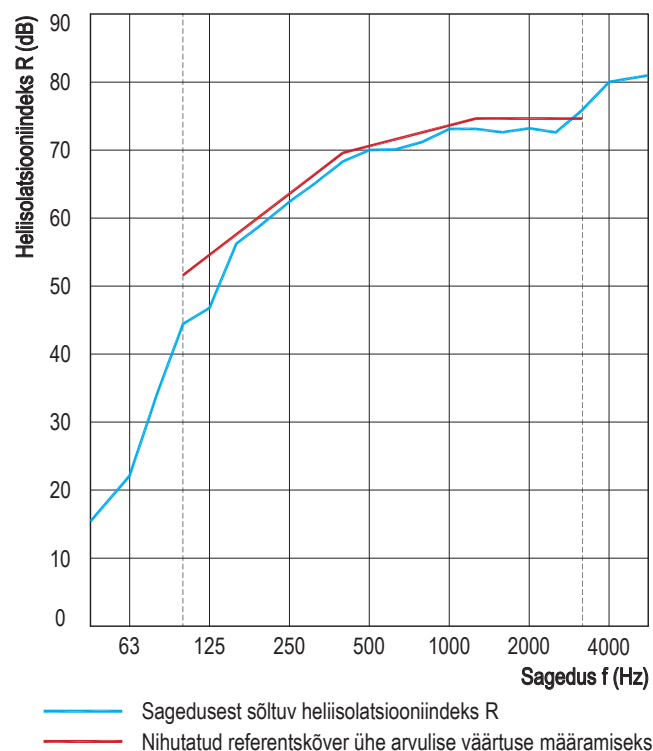


Ehitusakustikas tuleb eristada arvukaid parameetreid. Iga projektierija ja spetsialist, kes tegeleb heliisolatsiooniga, peaks teadma nende parameetrite erinevusi ja suutma hinnata nende mõju. See on eriti tähtis siis, kui tuleb saavutada ettenähtud väärtus. Allpool on esitatud peamised ehitusakustilised parameetrid ja selgitatud nende omavahelisi erinevusi.

#### Heliisolatsiooniindeks R

Õhuheli isolatsiooniindeks  $R$  on sagedusest sõltuv suurus, mis antakse sagedusala 100 kuni 3150 Hz jaoks. Sageli laiendatakse sagedusala 50 kuni 5000 Hz-ni, et hinnata katsetatava tarindi käitumist väljaspool ühe arvulise väärtuse jaoks kasutatud hindamispiirkonda (100 kuni 3150 Hz). Tarindite õhuheli isolatsiooni mõõdetakse katsestendidel standardi EVS EN ISO 10140-2 kohaselt.

Joonis GS. 7: Katsestendil mõõdetud heliisolatsiooniindeks  $R$



### Kaalutud heliisolatsiooniindeks $R_w$

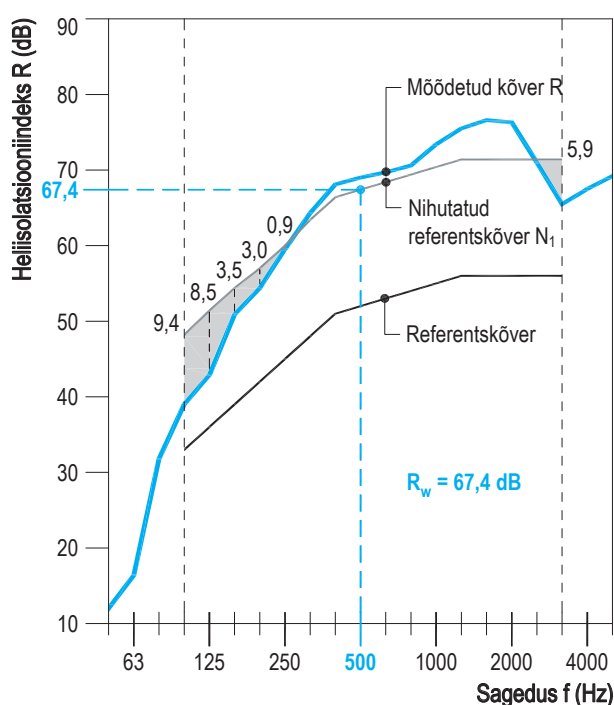
Kaalutud heliisolatsiooniindeksi tähises olev „w“ viitab sellele, et tegemist on sagedusest sõltumatu, kaalutud parameetriga, mis antakse ühe arvulise väärtusena. Seejuures on tegemist üksnes kõnesoleva tarindi heliisolatsiooniindeksiga, mis ei arvesta heli ülekandumist külgnevate tarindite kaudu. Üldjuhul avaldatakse see suurus kümnenndkoha täpsusega ja seda kasutatakse paigaldatud ehitusdetaili korral saavutatava heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks, võttes seejuures arvesse kõiki heli ülekandeteid standardi DIN 4109-2:2018 järgi.

Ühe arvuna väljendatav väärtus määratakse standardi DIN EN ISO 717-1 kohaselt sagedusest sõltuva heliisolatsiooniindeksi  $R$  alusel referentskõvera nihutamise teel.  $R_w$  määramise meetodit on täpsemalt kujutatud joonisel GS. 8.

#### ► Hea teada

Mida suurem on kaalutud heliisolatsiooniindeks  $R_w$ , seda parem on tarindi õhuhüla isolatsioon.

Joonis GS. 8: Kaalutud heliisolatsiooniindeksi  $R_w$  määramine mõõdetud heliisolatsioonikõvera alusel



#### Nihutamise põhimõtte heliisolatsiooniindeksi jaoks

- Heliisolatsiooniindeksi  $R_w$  ühe arvuna väljendatava väärtuse leidmiseks nihutatakse DIN EN ISO 717-1:2013-06 kohast sagedusest sõltuvat referentskõverat sammuga 1/10 dB seni, kuni ebasoodsate kõrvalekallete (vahe  $N_1$ - $R$  positiivsed väärtused) summa, mis on jagatud tertside arvuga (16), on võrdne 2 dB-ga või sellest väiksem, kuid on siiski võimalikult lähedal 2 dB-le.
- Kaalutud heliisolatsiooniindeks  $R_w$  (tarind ilma külgneva ülekandumiseta) või  $R'_w$  (tarind koos külgneva ülekandumisega) vastab nihutatud referentskõvera  $N_1$  väärtusele 500 Hz korral (vt diagrammi).

#### Diagrammi näide:

W112.ee Knaufi metallkarkass-sein

- Lihtne karkasskonstruktsioon CW 75, postide vahe 625 mm
- Plaatkate: 12,5 mm Silentboard + 12,5 mm Diamant
- Mineraalvill: 60 mm Thermolan TI 140 T

#### Ebasoodsate kõrvalekallete summa arvutamine

$9,4 + 8,5 + 3,5 + 3,0 + 0,9 + 0,4 + 5,9 = 31,6$  dB

Vaadeldud tertssageduste arv vahemikus 100 kuni 3150 Hz: 16

$31,6 : 16 = 1,98$  dB

Sagedus f	Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Heliisolatsiooniindeks R	dB	39,0	42,9	50,9	54,4	59,5	64,3	68,1	69,0	69,7	70,6	73,4	75,5	76,6	76,3	71,0	65,5
Referentskõver	dB	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Nihutatud referentskõver $N_1$	dB	48,4	51,4	54,4	57,4	60,4	63,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	71,4	71,4	71,4	71,4
Hälbed $N_1$ - R	dB	9,4	8,5	3,5	3,0	0,9	-0,9	-1,7	-1,6	-1,3	-1,2	-3,0	-4,1	-5,2	-4,9	0,4	5,9



#### Katsestandil määratud kaalutud

##### heliisolatsiooniindeks $R_{w,P}$

Katsestandil määratud väärtus  $R_{w,P}$  vastab kaalutud õhuheli heliisolatsiooniindeksile  $R_w$  ja see on vajalik paigaldatud olekus saavutatava heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks DIN 4109-2:2018 järgi. Knaufi dokumentides on katsestandil määratud väärtus antud kujul  $R_{w,P}$  sest tulevikus töötatakse 2016. aastal avaldatud kehtiva DIN 4109 meetodi kohaselt üksnes katsestandil määratud väärtusega ning arvutuslikku ja katsestandil määratud väärtust ei eristata.

##### Kaalutud heliisolatsiooniindeksi $R_{w,R}$ arvutuslik väärtus

Õhuheli kaalutud heliisolatsiooniindeksi arvutuslik väärtus saadakse, kui katsestandil saadud ümardatud tulemusest lahutatakse 2 dB. Seda väärtust kasutatakse saavutatava heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks tarindi paigaldatud olekus, võttes seejuures arvesse müra ülekandumist külgneva tarindi kaudu „vana“ DIN 4109:1989 kohaselt.

Praegune DIN 4109:2016/2018 on ehitusseaduses kasutusele võetud järgmistes liidumaades (seisuga 14.11.2018):

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| ■ Baden-Württemberg | ■ Hamburg      |
| ■ Baieri            | ■ Hessen       |
| ■ Berliin           | ■ Saksimaa     |
| ■ Brandenburg       | ■ Saksi-Anhalt |
| ■ Bremeni liidumaa  | ■ Tüüringi     |

Ülejäänud liidumaades tuleb kuni kehtiva

DIN 4109 kasutuselevõtni liidumaa ehitusseaduses töötada vana

DIN 4109:1989 kohaselt. Seetõttu kajastatakse teatava üleminekuaja jooksul meie Knaufi dokumentides nii arvutuslikud kui ka katsestandil saadud väärtused.

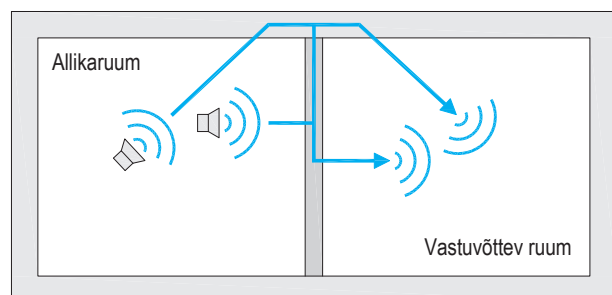
##### Kaalutud tegelik heliisolatsiooniindeks $R'_w$

R-tähe järel olev ülakoma viitab sellele, et tegemist on kõnesoleva tarindi heliisolatsiooniindeksiga paigaldatud olekus. See tähendab, et arvesse on võetud külgnevaid tarindeid. Tegelikes oludes tehtaval mõõtmisel võetakse arvesse müra ülekandega seotud kõigi tarindite ja paigalduste osalust (vt ka joonist GS 14). Paigaldatud olekus eeldatava heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks võetakse arvesse külgnevaid tarindeid olenevalt nende tüübist (monoliitdetailid, kipsplaat, segakonstruktsioonid), kasutades tarindite vahelist külgnivate tarindite kaudu toimuva ülekande kaalutud heliisolatsiooniindeksit  $R_{ij,w}$  või taandatud müratasemete vahet külgsuunalisel ülekandel  $D_{n,f,w}$ . Seda on põhjalikumalt kirjeldatud vihikus „Heliisolatsiooni määramine tarindite paigaldatud olekus SS03.ee“.

##### Külgsuunalise ülekande kaalutud heliisolatsiooniindeks $R_{ij,w}$

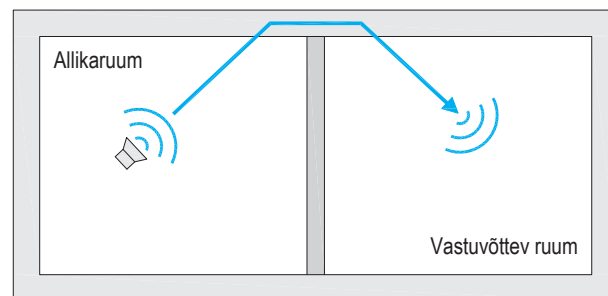
Külgsuunalise ülekande kaalutud isolatsiooniindeks on arvuline väärtus, mis kirjeldab heliisolatsiooniindeksit külgsuunalise ülekande korral erinevate ülekandeteede korral. Kui tegemist on üksnes monoliitehitusega, siis tuleb heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks paigaldatud oleku jaoks arvesse võtta külgneva ülekandumise korral 12 ülekandeteed (vt joonist GS 9 ülekandeteed lae, põranda ja seinte kaudu).

Joonis GS. 9: Kõik ülekandeteed välisseina, siseseina, lae ja põranda kaudu



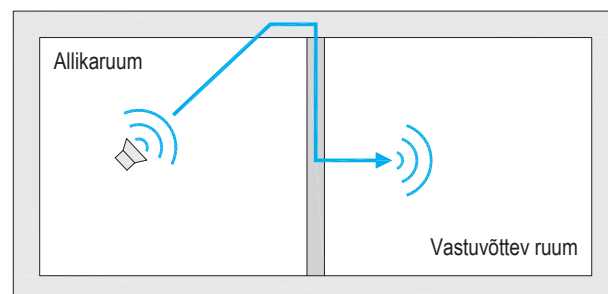
#### 1. tee

Joonis GS. 10: Ülekandumine külgneva tarindi kaudu



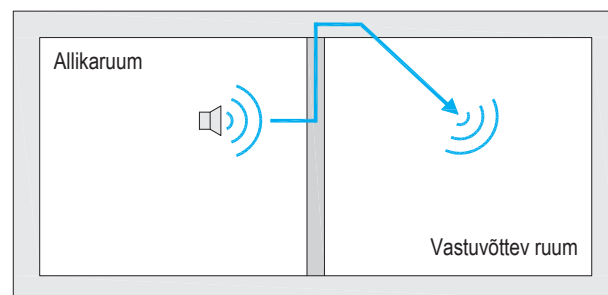
#### 2. tee

Joonis GS. 11: Ülekandumine külgneva tarindi ja eraldava tarindi kaudu



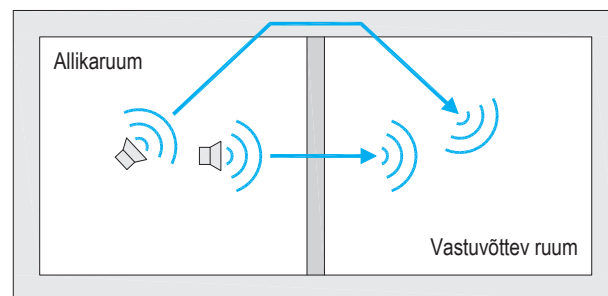
#### 3. tee

Joonis GS. 12: Ülekandumine eraldava tarindi ja külgneva tarindi kaudu



Segakonstruktsiooni korral, mis koosneb kergehituslikust eraldavast tarindist ja monoliitehituslikust külgnest tarindist, võetakse seevastu arvesse vaid nelja ülekandeteed külgnivate tarindite kaudu (vt joonist GS 13 „Üleminek eraldava tarindi ja külgneva tarindi kaudu lae, põranda ja seinte korral“).

Joonis GS. 13: Ülekandumine eraldava tarindi ja külgneva tarindi kaudu



**Kaalutud taandatud tasemete vahe külgsuunalisel ülekandel  $D_{n,f,w}$**   
Kaalutud taandatud tasemete vahe väärtust külgsuunalisel ülekandel kasutatakse heli ülekandumise kirjeldamiseks külgnevate tarindite kaudu kipsplaatide, kergehituste ja puitehitiste korral, samuti läbivate vooderkatete ja ripplagede korral, mis paiknevad massiivtarindite ees või nende all. Korrigeerivate liidetavate lisamisega, mis omakorda olenevad vastuvõtva ruumi geomeetristest mõõtmestest ja eraldava tarindi pinnast, arvutatakse taandatud helitasemete vahe külgsuunalisel ülekandel ümber ülekandetrajektoori  $F_f$  kaalutud heliisolatsiooniindeksiks  $R_{F,f,w}$ , mis on vajalik hoone kaalutud tegeliku heliisolatsiooniindeksi prognoosimiseks. Selles arvutusmeetodis kasutatakse vaid nelja heliülekandeteed külgnevate tarindite kaudu, samuti otsest ülekandumist eraldava tarindi kaudu. Arvutusi on põhjalikumalt kirjeldatud vihikus „Heliisolatsiooni määramine tarindite paigaldatud olekus SS03.ee“.

**Kaalutud heliisolatsiooniindeksi paranemine  $\Delta R_w$  vooderkatete abil**  
Paranemist vooderkatete abil on võimalik nii määrata kui ka prognoosida. Seejuures kehtib põhimõte:  
*mida parem on alustarind, seda väiksem on vooderkattest põhjustatud paranemine.*

See tähendab, et etteantud parandusväärtust ei ole võimalik igas olukorras üldiselt rakendada. Parandusväärtuse prognoosimisel võetakse arvesse alustarindi heliisolatsiooniindeksit. Olenevalt leitud resonantssagedusest saab arvutada parandusväärtuse ühenduskohas. Plaatvooderkattest põhjustatud parandusväärtuse arvutamist on põhjalikumalt kirjeldatud vihikus „Heliisolatsiooni määramine tarindite paigaldatud olekus SS03.ee“.  
Määratud parandusväärtuste korral antakse sageli parameeter  $\Delta R_{w,heavy}$ . Standardi DIN EN ISO 10140-5 lisa B kohaselt kehtib see parandusväärtus massiivtarindite suhtes, mille mass pindalaühiku kohta on  $350 \text{ kg/mm}^2 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ .

**Kaalutud standarditud helitasemete vahe  $D_{nT,w}$**   
Kaalutud standarditud helitasemete vahe saab tuletada kaalutud tegelikust heliisolatsiooniindeksist  $R'_w$  ning vastuvõtva ruumi geomeetriast järgmiselt:

$$D_{nT,w} = R'_w - 10 \lg \left( \frac{3,1S}{V_E} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

kus:

$S$  = vaadeldava eraldava tarindi pindala,  $\text{m}^2$

$V_E$  = vastuvõtva ruumi maht,  $\text{m}^3$

Dokumendis VDI 4100:2012 on esitatud ettepanekud heliisolatsiooni parandamiseks elamuehituses (eraõiguslikult kokkulepitav) ja soovitused põhinevad kaalutud standarditud helitasemete vahel. Kõrvalekalde põhjus standardis DIN 4109 toodud kaalutud tegeliku heliisolatsiooniindeksi nõuetest seisneb selles, et heliisolatsioon kahe ruumi vahel ei taandu üksnes tarindi parameetrite vähendamisele, vaid ruumi heliisolatsioonile olenevalt ruumi mõõtmestest. Seda ideed kajastati standardi E DIN 4109:2006 projektis, kuid lükati õigustatud vastuväidete tõttu tagasi.

Kaalutud standarditud helitasemete vahe sõltuvus ruumi mõõtmestest tähendab seda, et suurema mahuga ruumide korral võib vaheseina kaalutud heliisolatsiooniindeks olla väiksem võrreldes väiksemate ruumidega, et saavutada samasugust kaalutud standarditud helitasemete vahet. Selle meetodi põhjus seisneb selles, et helienergia jaotub suuremas ruumis suuremas ruumalas ja seega on võimalik sama heliisolatsiooni tagamiseks vaheseina heliisolatsiooniindeksit vähendada. Ülevaade sellest seosest on esitatud tabelis GS.1.

Tabel GS. 1: Tarindi parameetrite tuletamine tarinditele esitatavatest nõuetest ruumi sügavusest sõltuvate parameetritena (VDI 4100), õhuheli

Soovitus $D_{nT,w}$ (SSt II) kortermajale, VDI 4100:2012-10	Ruumi sügavus	Nõutav $R'_w$
$\geq 59 \text{ dB}$	3,1 m	$\geq 59 \text{ dB} (59 \pm 0)$
	2,0 m	$\geq 61 \text{ dB} (59 + 2)$
	8,0 m	$\geq 55 \text{ dB} (59 - 4)$

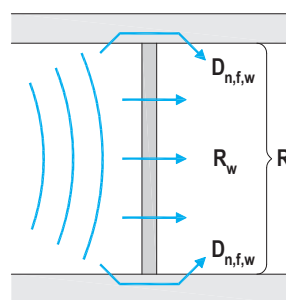
Tabel GS. 2: Tarindi parameetrite tuletamine tarinditele esitatavatest nõuetest ruumi mahust sõltuvate parameetritena (VDI 4100), lõõgiheli

Soovitus $L'_{nT,w}$ (SSt II) kortermajale, VDI 4100:2012-10	Ruumi maht	Nõutav $L'_{n,w}$
$\leq 44 \text{ dB}$	32 $\text{m}^3$	$\geq 44 \text{ dB} (44 \pm 0)$
	24 $\text{m}^3$	$\leq 42 \text{ dB} (44 - 2)$
	120 $\text{m}^3$	$\leq 50 \text{ dB} (44 + 6)$

### Kahe ruumi vahelise õhuheli isolatsioon

Kahe ruumi eraldamine kergvaheseinaga

Joonis GS. 14: Kahe ruumi vahelise õhuheli isolatsioon [3]



- $R_w$  Kaalutud heliisolatsiooniindeks ilma heli ülekandumiseta külgnevate tarindite kaudu
- $D_{n,f,w}$  Taandatud helitasemete vahe külgsuunalisel ülekandel
- $R'_w$  Kaalutud tegelik heliisolatsiooniindeks koos heli ülekandumisega külgnevate tarindite kaudu

### Löögiheli kaalutud taandatud helirõhutase $L_{n,w}$

Kaalutud taandatud helirõhutase kirjeldab löögiheli isolatsiooni üksnes lae korral ilma heli ülekandumiseta külgnivate seinte kaudu. See määratakse EVS EN ISO 717-2 järgi ehitusakustilisel katsestendil (joonis GS 5) sagedusest sõltuva standarditud löögihelina sagedusalas 100 kuni 3150 Hz taandamisel nihutatud referentskövera abil (joonis GS 15). Erinevalt õhuheli isoleerimisest ei määrata löögiheli isoleerimisel parameetritena mürataseme vahet allikaruumi ja vastuvõtva ruumi vahel, vaid helirõhutaset vastuvõttavas ruumis, mis tekib seal standarditud ergutusallika (standarditud haamer-löögi-masina) toimet.

Ka kaalutud taandatud löögiheli korral eristatakse analoogiliselt õhuheli kaalutud heliisolatsiooniindeksiga  $R_w$  katsestendil saadud väärtust  $L_{n,w,P}$  või  $L_{n,w}$  ja arvutuslikku väärtust  $L_{n,w,R}$ .

### Löögiheli kaalutud taandatud helirõhutase hoones $L'_{n,w}$

Analoogselt õhuheli isolatsiooniindeksiga eristatakse ka kaalutud taandatud löögiheli korral üksnes lae kohta käivaid andmeid ja paigaldatud olekus oleva lae kohta käivaid andmeid. L-tähe järel olev ülakoma viitab sellele, et tegemist on helirõhutase indeksiga tegelikes oludes, mis arvestab ka heli ülekannet külgnivate tarindite kaudu. Seda saab mõõta kohapeal või prognoosida standarditud meetodite ja/või kogemuste abil. Löögiheli helirõhutase indeks määramist tegelikes oludes on kirjeldatud vihikus „Heliisolatsiooni määramine tarindite paigaldatud olekus SS03.ee“.

### Ekvivalentne taandatud löögiheli helirõhutase raske vahelae korral $L_{n,w,eq}$

See suurus kirjeldab massiivlagede löögiheli helirõhutaset ilma külgsuunalise ülekandeta laepealse kihi või ripplaeta. Ekvivalentset taandatud löögiheli helirõhutaset kasutatakse lähteväärtusena laepealse kihiga ja/või ripplaega massiivlagede taandatud löögiheli helirõhutase  $L_{n,w}$  prognoosimisel ja lähteväärtusena tegelikes oludes taandatud löögiheli helirõhutase  $L'_{n,w}$  prognoosimisel, võttes seejuures arvesse külgsuunalist ülekannet.

### Kaalutud löögiheli helirõhutase vähenemine $\Delta L_w$

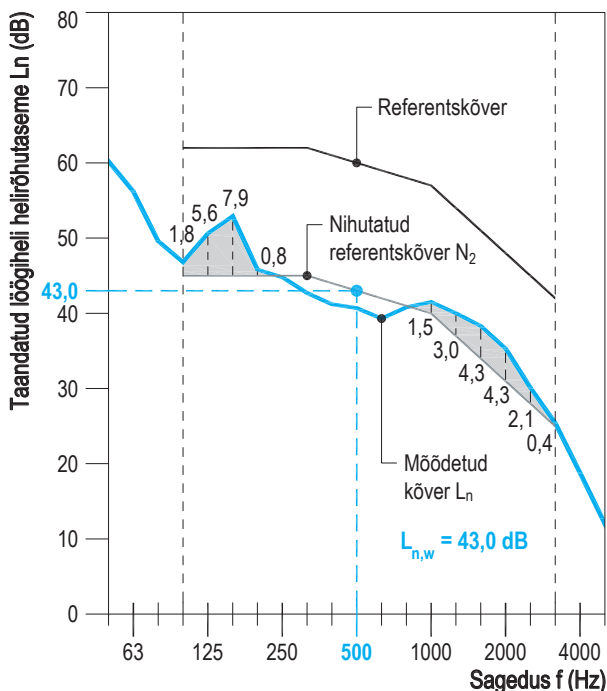
Kaalutud löögiheli helirõhu vähenemine on ühearuulise väärtusena avalduv suurus, mis kirjeldab ekvivalentse taandatud löögiheli isolatsiooni paranemist lae kattekihi ja/või ripplae abil. Ekvivalentse taandatud helirõhutasele kaalutud löögiheli vähenemise lisamisel saadakse lisakihi lae taandatud löögiheli helirõhutase  $L_{n,w}$  ilma kõrvalülekandeta külgnivate tarindite kaudu.

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq} + \Delta L_w, \text{ dB} \quad (2)$$

#### ► Hea teada

Mida väiksem on taandatud löögiheli helirõhutase  $L_{n,w}$  vastuvõttavas ruumis, seda parem on eraldava tarindi löögiheli isolatsioon.

Joonis GS. 15: Taandatud löögiheli helirõhutase määramine mõõtmistulemuste ja normkövera abil [1]



### Löögiheli helirõhutase nihke reegel

- Selleks, et määrata ühe arvuna avaldatav kaalutud taandatud löögiheli helirõhutase  $L_{n,w}$ , tuleb referentsköverat standardi DIN EN ISO 717-2:2013 kohaselt nihutada 1/10 dB sammudega seni, kuni ebasoodsate kõrvalekallete (vahe  $N_1$ -R positiivsed väärtused) summa jagatuna tertside (16) arvuga on võrdne 2 dB-ga või sellest väiksem, kuid on siiski võimalikult lähedal 2 dB-le.
- Ühe arvuna avaldatav kaalutud taandatud löögiheli helirõhutase  $L_{n,w}$  (ainult tarind) või  $L'_{n,w}$  (tarind külgnava ülekandumisega) vastab nihutatud referentskövera  $N_2$  väärtusele 500 Hz korral (vt diagrammi).

#### Diagrammi näide:

F231.de Knaufi ujuvpõrand isolatsioonikihil

- 35 mm kaltsiumsulfaatsegu FE 50 PE-kattega jõupaberil
- 25 mm Heraklith + 25 mm Knauf Insulation TP 25-5
- 140 mm raudbetoon

#### Ebasoodsate kõrvalekallete summa arvutamine

$1,8 + 5,6 + 7,9 + 0,8 + 1,5 + 3,0 + 4,3 + 4,3 + 2,1 + 0,4 = 31,7 \text{ dB}$

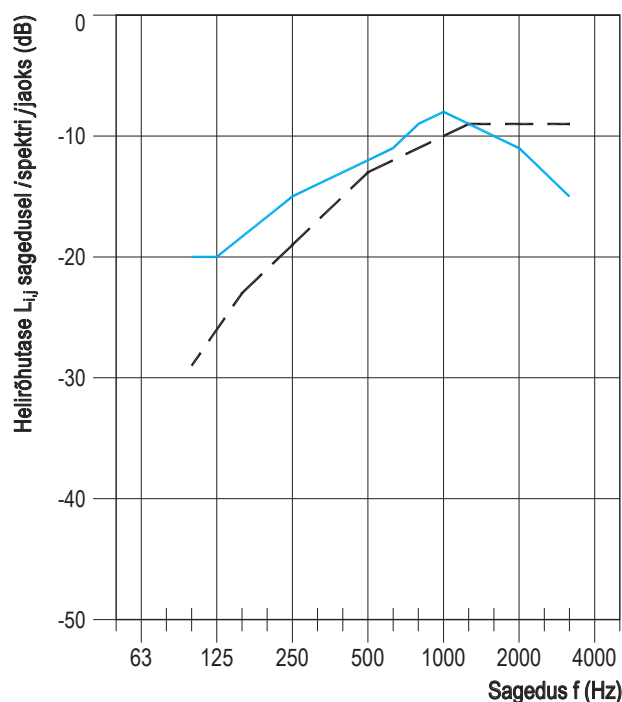
Vaadeldud tertssageduste arv vahemikus 100 kuni 3150 Hz: 16

$31,7 : 16 = 1,98 \text{ dB}$

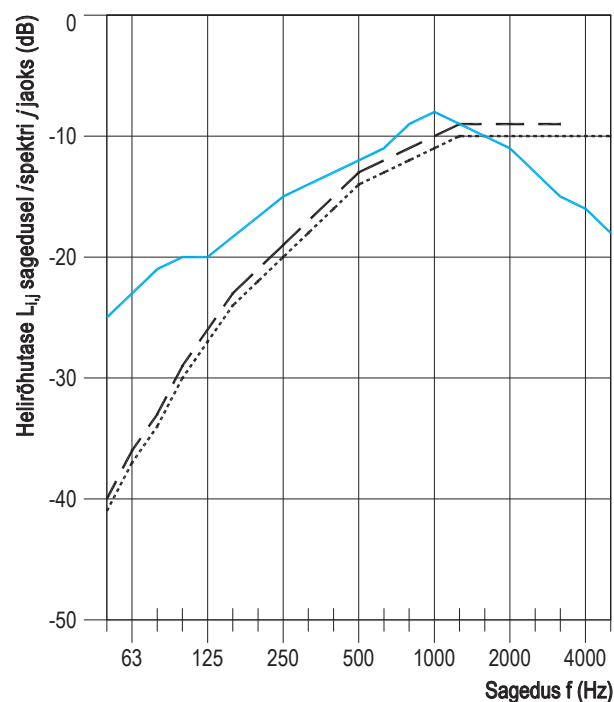
Sagedus f	Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Taandatud löögiheli helirõhutase $L_n$	dB	46,8	50,6	52,9	45,8	44,8	42,7	41,2	40,7	39,3	40,8	41,5	40,0	38,3	35,3	30,1	25,4
Normköver	dB	62	62	62	62	62	62	61	60	59,9	58	57	54	51	48	45	52
Nihutatud normköver $N_2$	dB	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	44,0	43,0	42,0	41,0	40,0	37,0	34,0	31,0	28,0	25,0
Hälbed $L_n - N_2$	dB	1,8	5,6	7,9	0,8	-0,2	-2,3	-2,8	-2,3	-2,7	-0,2	1,5	3,0	4,3	4,3	2,1	0,4

## Spektrilähendustegurid

Joonis GS. 16: Helitõhusasemete spektrid spektrilähendustegurite arvutamiseks tertsirbade jaoks vahemikus 100 kuni 3150 Hz (vasakpoolne graafik) ja laiendatud sagedusala 50 kuni 5000 Hz (parempoolne graafik) jaoks



— — Spekter nr 1  $C$  arvutamiseks  
— Spekter nr 2  $C_{tr}$  arvutamiseks



..... Spekter nr 1  $C$  arvutamiseks: 50 kuni 5000 Hz ja 100 kuni 5000 Hz  
— Spekter nr 1  $C$  arvutamiseks: 50 kuni 3150 Hz  
— Spekter nr 2  $C_{tr}$  arvutamiseks

## Spektrilähendustegurid

Spektrilähendusteguritega  $C$  ja  $C_{tr}$  saab hinnata eri konstruktsioonide heliisolatsiooni vahemikus 100 kuni 3150 Hz (vajaduse korral ka laiendatud sagedusala 50 kuni 5000 Hz) spetsiifiliste müraliikide (erinevate müraspektrite) täpsema arvestamisega ja kaasata spetsiaalsetel üksikjuhtudel tarindite heliisolatsiooni hindamisse.

Tarindite heliisolatsiooni kvaliteedi kirjeldamiseks kasutatavad ühe arvuna esitatavad parameetrid antakse spektrilähendustegurite kaasamisega järgmisel kujul:

- $R_w(C, C_{tr})$ , dB
- $L_{n,w}(C_l)$ , dB

Standardi DIN EN ISO 717-1:2013-06 kohaselt arvestab suurus  $C$  õhumüra korral näiteks spetsiaalselt iseloomuliku olmemüraspektrit, suurus  $C_{tr}$  aga näiteks linnasisese tänavamüra madalsageduslikku osa. Löögiheli piirkonnas korrigeerib lähendustegur  $C_l$  eelkõige madalsageduslikku häireid.

## Knaufi soovitus

Arvukate teaduslike uuringute ja hoonesisestel katsestendidel tehtud subjektiivsete kuulmiskatsete tulemusena selgus, et kaalutud suurus  $R_w$  ja  $R'_w$  võtavad väga hästi arvesse olmemüra poolt ergastatud vaheseinte tekitatud subjektiivset aistingut. Seetõttu ei ole korrigeerimine spektrilähendustegurite abil vajalik. Osaliselt mõeldud õhumüra isolatsioon alates 50 Hz-ist on tavapärase olmemüraga ergastamisel, nagu see on näiteks ette nähtud spektrilähendusteguri  $C_{50-3150}$  ja  $C_{tr,50-3150}$  või parameetri  $D_{n,T,50}$  korral, isegi vastunäidustatud, sest kergehituskonstruktsioonide korral domineerivad ühe arvuna väljendatavas väärtuses sagedused 50 ja 63 Hz ja tavapäraste müraallikate puhul vajalik mürasummutus alates u 200 Hz ei ole enam peaaegu oluline.

Teisalt tuleb ka löögiheli helirõhutaseme puhul arvesse võtta ka lael kõndimisel, eriti kannakõnni (paljajalu, sokkide või kummitallaga kingadega) korral tekkivat madalsagedusliku heli, võttes selleks arvesse spektrilähendusteguri  $C_{l,50-2500}$  väärtust.

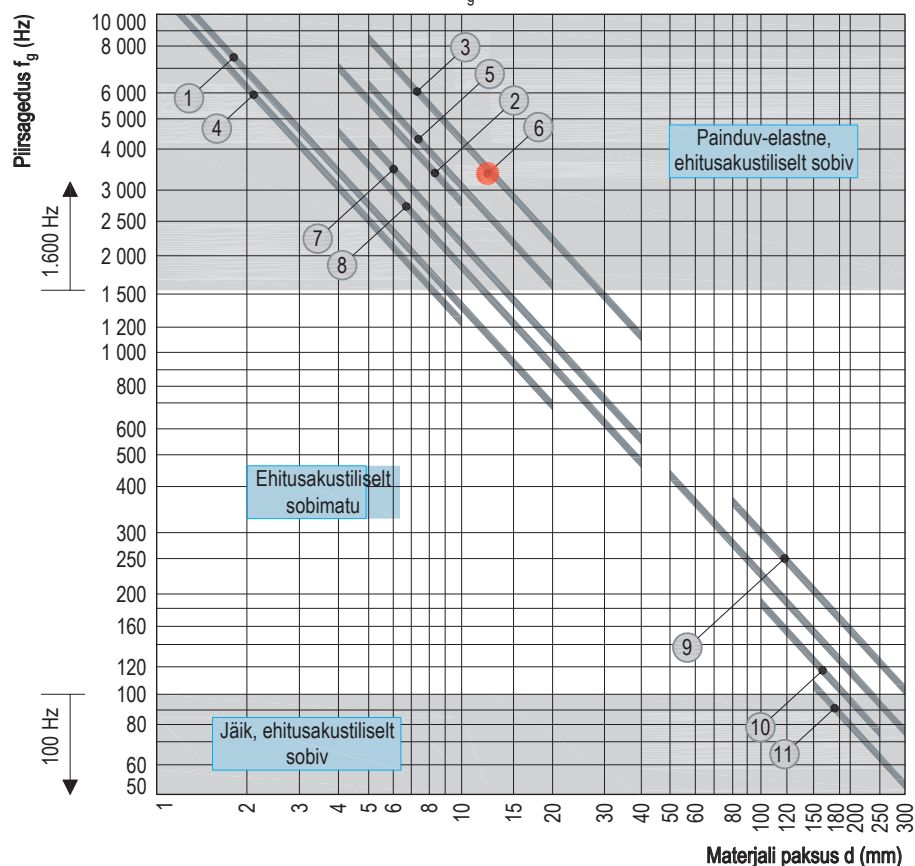


Tabel GS. 3: Helirõhutasemete spektrid spektrilähendustegurite arvutamiseks laiendatud sagedusalas

Sagedus (Hz)	Helirõhutase $L_{ij}$ (dB)						Rida
	Spekter nr 1 arvutuste tegemiseks				Spekter nr 2		
	$C_{50-3150}$		$C_{50-5000}$ $C_{100-5000}$		$C_{tr}$ arvutamiseks iga sagedusala jaoks		
	Terts	Oktaav	Terts	Oktaav	Terts	Oktaav	
50	−40	–	−41	–	−25	–	1
63	−36	−31	−37	−32	−23	−18	2
80	−33	–	−34	–	−21	–	3
100	−29	–	−30	–	−20	–	4
125	−26	−21	−27	−22	−20	−14	5
160	−23	–	−24	–	−18	–	6
200	−21	–	−22	–	−16	–	7
250	−19	−14	−20	−15	−15	−10	8
315	−17	–	−18	–	−14	–	9
400	−15	–	−16	–	−13	–	10
500	−13	−8	−14	−9	−12	−7	11
630	−12	–	−13	–	−11	–	12
800	−11	–	−12	–	−9	–	13
1000	−10	−5	−11	−6	−8	−4	14
1250	−9	–	−10	–	−9	–	15
1600	−9	–	−10	–	−10	–	16
2000	−9	−4	−10	−5	−11	−6	17
2500	−9	–	−10	–	−13	–	18
3150	−9	–	−10	–	−15	–	19
4000	–	–	−10	−5	16	−11	20
5000	–	–	−10	–	−18	–	21

Märkus: kõik helirõhutasemed on A-korrigeeritud ja summaarne tase on standarditud 0 dB-le.

Joonis GS. 17: Ühekihiliste tarindite piirsagedused  $f_g$  olenevalt plaadi paksusest ja materjalist



- 1 Vineer
- 2 Puitkiudplaat
- 3 Puitkiudisolatsiooniplaat, kõva
- 4 Alumiinium, teras, klaas
- 5 Kipsplaat
- 6 Silentboard
- 7 Puitlaastplaat
- 8 Kiudtsementplaat
- 9 Poorbetoon
- 10 Silikaattellis
- 11 Betoon

### ► Hea teada

Ühekihiliste tarindite korral on hea heliisolatsioon võimalik vaid siis, kui mass pindalaühiku kohta on suur.

## Otsene heliisolatsioon

Ehitusakustikas eristatakse ühekihilisi ja mitmekihilisi (praktikas peamiselt kahekihilisi) tarindeid.

### Ühekihilised tarindid

Ühekihilised tarindid on kasutusel:

- massiivehituse tarindites (näiteks müüritis-, raudbetoonitarindid, viimistluseta massiivlaed);
- traditsioonilise konstruktsiooniga vahverkseintes (idealiseeritud).

Heliisolatsiooniindeksi on massist pindalaühiku kohta ja tarindi paindejäikusest.

Ühekihiliste tarindite õhuheli isolatsioon on tavaliselt seda parem, mida raskemad need on. Üldjuhul suureneb õhuheli isolatsioon ka pidevalt sageduse suurenedes. Õhuheli isolatsioon halveneb üksnes piirsageduse  $f_g$  piirkonnas (resonants õhuheli lainepikkuse ja tarindi vabade paindelainete lainepikkuste kokkulangemisel).

Seda suundumust on näha joonisel GS. 18.

Piirsagedusest tingitud murdepunkti asukoht on sejuures järgmistest teguritest:

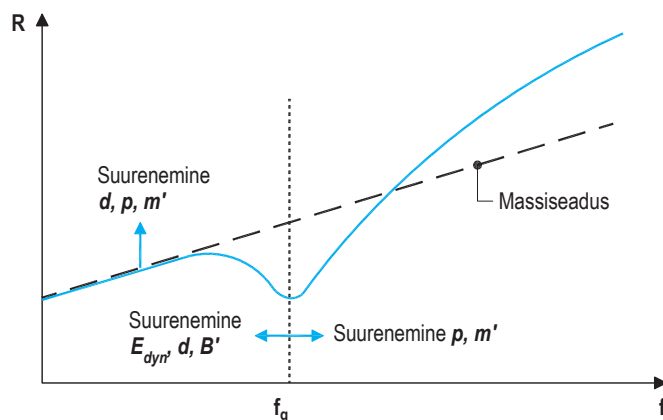
- Dünaamiline elastsusmoodul  $E_{dyn}$   
Mida suurem on elastsusmooduli väärtus, seda madalamatel sagedustel on murdepunkt.
- Tarindi paksus  $d$   
Mida suurem on tarindi paksus, seda madalamatel sagedustel on murdepunkt.
- Paindejäikus  $B'$   
Mida jäigem on tarind, seda madalamatel sagedustel on murdepunkt.
- Tihedus  $\rho$   
Mida suurem on tihedus tarindi konstantse paksuse korral, seda kõrgematel sagedustel on murdepunkt.

### ■ Mass pindalaühiku kohta $m'$

Mida suurem on mass pindalaühiku kohta, seda kõrgematel sagedustel on murdepunkt.

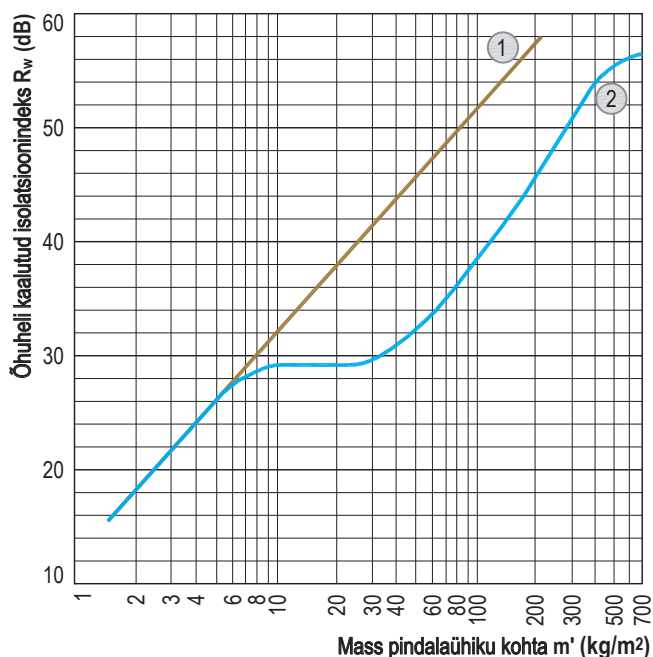
Kui tarindi paksus, tihedus ja mass pindalaühiku kohta suureneb, suureneb ka tarindi heliisolatsiooniindeks.

Joonis GS. 18: Koitsidentsi sagedust mõjutavad tegurid [2]



Joonisel GS.19 on esitatud ühekihilise massiivtarindi näitel kõver 2, millel on näha õhumüra kaalutud heliisolatsiooniindeksi murdepunkt keskmises massipiirkonnas võrreldes massiseadusest tuleneva teoreetilise kõveraga. Alumiinimassiipiirkonnas (ja seega ka vastavalt õhukesed) on tarindid „ehitusakustiliselt elastse“ ning ülemises massipiirkonnas (ja seega vastavalt paksud) on tarindid „ehitusakustiliselt suure paindejäikusega“ ja heliisolatsioon allub massiseadusele.

Joonis GS. 19: Ühekihiliste tarindite heliisolatsioon olenevalt massist

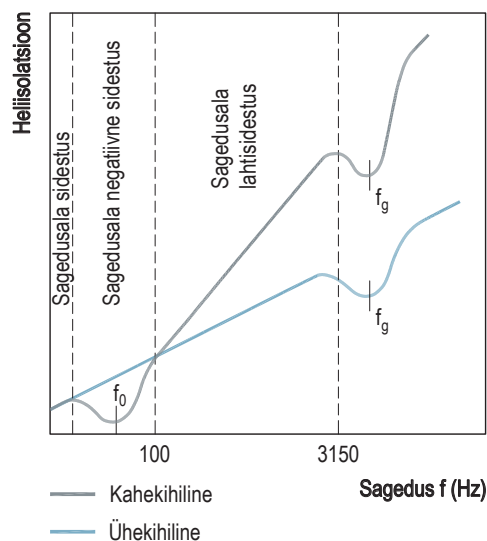


- ① Teoreetiline massiseaduse järgi:  $R_w = 20 \cdot \log m' + 11$
- ② Heliisolatsioonikõver massiivtarindi, nt müüritise, kipsplaadi, betooni jaoks (Gösele järgi)

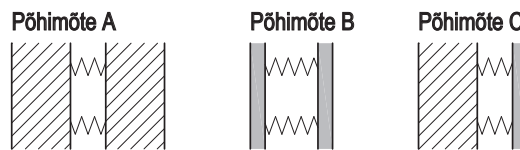
#### Kahekihilised tarindid

Hea heliisolatsiooni jaoks vajalikku suurt massi pindalaühiku kohta saab vältida, kui kasutada kahekihilisi konstruktsioone. Seejuures on plaatide vahel õhuvahe või on need ühendatud elastse isolatsioonikihiga. Konstruktsiooniliselt vajalikud liitekohad peavad olema elastsed ja helienergiat võimalikult vähe üle kandma. Konstruktsioon vastab siis ehitusfüüsikalises mõttes vedru-mass-süsteemile. Seejuures eritatakse joonise GS. 21 kohaselt kolme konstruktsioonipõhimõtet. Kahekihiliste tarindite korral oleneb heliisolatsioon mõlema plaadi (= „mass“), plaatidevahelise seose (= „vedru“) ja õõnsuses oleva isolatsioonimaterjali omadustest. Seega on siin erinevalt ühekihilistest tarinditest mitmeid võimalusi tarindi heliisolatsiooni mõjutamiseks.

Joonis GS. 20: Ühe- ja kahekihiliste tarindite heliisolatsiooni kvalitatiivne käik [1]



Joonis GS. 21: Kahekihiliste tarindite konstruktsioonipõhimõtted



Kahekihiline konstruktsioon kujutab endast võnkuvat süsteemi, millel on omasagedus (resonantssagedus)  $f_0$ . Selles piirkonnas võnguvad mõlemad plaadid õhus levivate helilainetega ergastamisel maksimaalse amplituudiga, mis tähendab heliisolatsiooni märgatavat vähenemist. Resonantsi piirkonnast väiksematel sagedustel käitub tarind ühe plaadina, mille mass vastab mõlema plaadi summale. Resonantssageduse ja piirsageduse vahelises piirkonnas võnguvad mõlemad plaadid teineteisest sõltumatult. Sellega kaasneb heliisolatsiooni järsk tõus 18 dB oktaavi kohta. Selles piirkonnas on heliisolatsioon märgatavalt suurem võrreldes ühekihilise tarindiga, millel on sama mass.

#### ► Hea teada

Võrreldes ühekihiliste massiivtarinditega on kahekihiliste tarindite korral võimalik saada väga hea heliisolatsioon oluliselt väiksema massi korral pindalaühiku kohta.

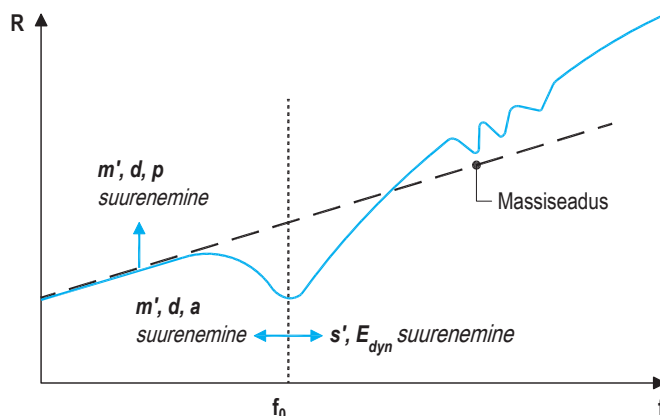
Sellest tulenevalt tuleb optimaalse heliisolatsiooni saamiseks valmistada kahekihilised tarindid nii, et nende resonantssagedus ja seega ka süsteemi omavõnkesagedus oleks väiksem asjakohasest sagedusalast 100 Hz.

Resonantssageduse asukoht oleneb seejuures järgmistest teguritest:

- Üksikute plaatide mass pindalaühiku kohta  $m'$   
Mida suurem on  $m'$ , seda madalamatel sagedustel asub resonantsi murdepunkt.
- Üksikute plaatide paksus  $d$   
Mida suurem on tarindi paksus, seda madalamatel sagedustel asub resonantsi murdepunkt.
- Plaatide vahekaugus  
Mida suurem on plaatidevaheline õõnsus, seda madalamatel sagedustel asub resonantsi murdepunkt.
- Plaatide vahel oleva isolatsioonikihi (õhuvahe) dünaamiline jäikus  
Mida suurem on isolatsioonikihi dünaamiline jäikus, seda kõrgematel sagedustel asub resonantsi murdepunkt.
- Plaatide dünaamiline elastsusmoodul  $E_{dyn}$   
Mida suurem on dünaamiline elastsusmoodul, seda kõrgematel sagedustel asub resonantsi murdepunkt.

Pindalaühiku kohta tuleva massi, tarindi paksuse ja tiheduse kasvuga kaasneb heliisolatsiooni suurenemine.

Joonis GS. 22: Resonantssagedust mõjutavad tegurid [2]



Niinimetatud seisvate lainete tekkimise vältimiseks plaatidevahelises õõnsuses (negatiivne resonantseffekt) ja ka resonantsi murdepunkti amplituudi vähendamiseks tuleb õõnsus täita summutava materjaliga.

### Põhimõte A

Kahe raske plaadi, tavaliselt jäiga plaadi ja nende vahelise elastse ja mürasummutava kihi seotis

- Rida- ja kaksikelmute vaheseinad

### Põhimõte B

Kahe elastse plaadi, mis tavaliselt peavad konstruktsioonilistel kaalutlustel olema vahetarindid (võimalikult hea elastsusega) seotise kasutamine stabiilse plaatühenduse saamiseks

- Kipsplaatseinad
- Puitkatusekonstruktsioonid
- Puitvahelad

### Põhimõte C

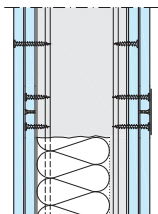
Ühe raske plaadi, näiteks paindejäiga plaadi, kerge elastse plaadi ja nende vahelise elastse ja mürasummutava kihi seotis

- Plaatvooderkattega kandvad ja mittekanvad seinad, eriti renoveerimisel (müra- ja soojusisolatsioon)
- Massiivlaed elastse ripplae/laevoodriga ja/või ujuva valupõrandaga

Iseloomulikud kipsplaatkonstruktsioonid tehakse vastavalt konstruktsioonipõhimõtetele B ja C, joonis GS. 21.

### Metallkarkass-seinad

Kipsplaatidega metallkarkass-seinu (konstruktsioonipõhimõte B) võib rajada optimaalse vedru-mass-süsteemina, selleks optimeeritakse konstruktsiooniliselt karkass (vedruomadused) ja kipsplaadid (elastsus, plaatide mass) ning minimaalse massiga pindalaühiku kohta saavutatakse väga hea heliisolatsioon.



**Põhimõtte B näide**

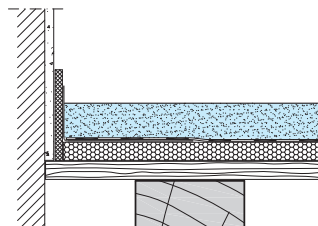
Joonis GS. 23: Metallkarkass-sein

### Laed

Konstruktsiooniliselt kuuluvad massiivlaed ujuvpõrand ja vajaduse korral kerge elastse ripplae tüüpiliste kahekihiliste (või mitmekihiliste) konstruktsioonide hulka, mis vastavad konstruktsioonipõhimõttele C, joonis GS. 21. Kuna laed peavad peale õhumüra isolatsiooni tagama ka piisava löögiheli isolatsiooni, on lae pealispinnal oleva „kerge kihi“ ehk põrandakatte ülesanne muu hulgas vähendada struktuurse heli otsest ülekannet kandva laekonstruktsiooni kaudu. See saavutatakse kandva lae ja põrandakonstruktsiooni vahelise sobiva lahtisidestamisega. Seda efekti tugevdab veelgi täiendava ripplae kasutamine. Põrand ja ripplae korral kasutatavad põhimõttelised meetmed kaitseks õhu- ja löögiheli levimise eest on järgmised.

- Põrand

Tõhus parandusmeede on ujuvpõrand kasutamine, vt näiteks joonist GS 24 (nt valupõrand, monteeritavad põrandaelemendid), koos põrand ja kandva lae vahel paiknevate pehmete elastsete isoleerivate kihtidega. Seejuures tuleb silmas pidada, et vältida ruumi seinte ja ujuvpõrand vahel mürasilade teket. Selleks tehke liitekohad ruumi seintega hoolikalt (isolatsioonidega). Kerge vahelae korral on akustiliselt kasulik eelkõige lae muutmise raskemaks (nt puistematerjali kasutamisega). Lagede korral saab löögiheli täiendavalt summutada pehmete elastsete põrandakatete (nt vaipade) kasutamisega. Neid ei tohi aga elamuehituses arvesse võtta minimaalse löögiheli isolatsiooni tagatisena.

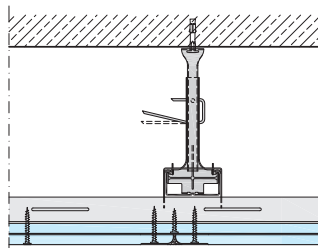


**Põhimõtte C näide**

Joonis GS. 24: Löögiheli isolatsioon lagedel

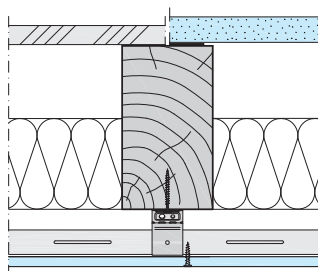
- Laevooderdised ja ripplad

Lae alumiselt küljelt müra läbikandumise täiendav vähenemine on saavutatav alaküljel laevoodri (vahetu kinnitus) või ripplae kasutamisega (rippkonstruktsioon või isekandev), vt nt joonis GS. 25. Tavalised laevoodrid/ripplad koosnevad kipsplaatidest, mis on kinnitatud viimistlemata lael (massiivlagi, puittalad, terasprofiilid) olevale aluskonstruktsioonile (latid, metallprofiilid, perforeeritud mütsprofiilid, akustilised riputid). Veel paremad on isekandvad laesüsteemid, mille korral puudub otsene ühendus kandva laekonstruktsiooniga. Laes olev õõnsus tuleb täita kiudisolatsioonimaterjaliga.



**Põhimõtte C näide**

Joonis GS. 25: Ripplaeaga lagi

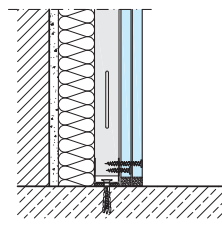


**Põhimõtte B näide**

Joonis GS. 26: Ripplaeaga puitvahelagi

### Seinad

Massiivseinte korral saavutatakse akustiliselt optimaalne paranemine kerge plaatkatte kasutamisega koos metallaluskonstruktsiooniga, nt joonis GS. 27 (joonis GS. 21, põhimõte C). Eriti tõhusad on massiivseinte ette paigaldatud isekandvad konstruktsioonid. Väga hea tulemus saadakse ka „elastsete“ punktseotiste kasutamisega kandva seina külge (parem stabiilsus „nõrgemate“ profiilide korral). Ka siin kehtib see, et massiivseina ja kipsplaatkatte vahel olev õõnsus tuleb summutamiseks täita kiudisolatsioonimaterjaliga.



**Põhimõtte C näide**

Joonis GS. 27: Massiivsein plaatvooderkattega

Tabelis GS. 4 on kirjeldatud meetmeid heliisolatsiooni parandamiseks kahekihiliste tarindite (kipsplaatseinad, plaatvooderkatted, laevoodrid) korral.



Tabel GS. 4: Heliisolatsiooni parandamise tegurid kahekihiliste tarindite (kipsplaatseinad, vooderkatted, laevoodrid/ripplaed) korral

Põhiprintsiip	Meetmete näited	Rida
Elastsed plaatkatted piisava massiga pindalaühiku kohta	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Plaatkatte soodne suhe mass/konstruksioon (nt Knauf Diamant, Blue, KEK või Silentboard)</li> <li>■ Kipsplaatide paksus <math>\leq 20</math> mm</li> <li>■ Mitmekihiline plaatkate</li> <li>■ Raskemaks muutmine (nt punktinnitusega teraspleki lisamine)</li> </ul>	1
Plaatidevaheliste ühenduskohtade lahtisidestamine	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Plaatkatte kinnitamine aluskonstruksioonile ristlattide, isolatsioonimaterjaliribade või vedruelementide kaudu</li> <li>■ Plaatkatete vahel üksnes punktinnitused ja/või elastsed kinnitused või ühenduskohad puuduvad üldse (nt isekandev kipsplaatlagi, piluperforatsiooniga mütsprofiilidel olev laevooderdis)</li> <li>■ Metallaluskonstruksioon puitaluskonstruktsiooni asemel</li> <li>■ Madalama dünaamilise jäikusega s' isolatsioonimaterjali kasutamine ujuvpõrandas</li> </ul>	2
Plaatide vahekaugus	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Suurem plaatidevaheline kaugus / laeõõnsus</li> </ul>	3
Isolatsioon õõnsuses	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Suur täitmisaste kiudisolatsioonimaterjaliga (u 80%)</li> </ul>	4

### Heli ülekandeteed

Hea helikindluse eelduseks hoones on tõhusad eraldavad tarindid, millel on hea otsene heliisolatsioon. Paigaldamisel tuleb vältida heliisolatsiooni poolest nõrku kohti ja vähendada oluliselt ülekannet kõrvalteede kaudu. Seejuures tuleb erilist tähelepanu pöörata järgmistele asjaoludele.

#### Tarindite ühenduskohad ja tihedus

Hea heliisolatsiooni peamine tingimus on tarindite helipidavus. Seejuures on nõutav ka tihedus nii pinna ulatuses kui ka ühenduspiirkonnas külgnivate tarinditega. Tihendamata kohad toimivad õhukanalitena, mille kaudu levib müra energiakao ühest ruumist teise. Seega võivad tihendamata kohad heliisolatsiooni suurel määral halvendada.

Kergtarindite korral on nõutav plaatvooderdise vuukide korralik pahteldamine ja külgnivate tarinditega ühenduskohtade tihendamine tihendusteibiga (eelistatavalt tihenduskiti kasutamisega), pahteldamine või vuukimine. Seejuures tuleb erilist tähelepanu pöörata tarindite sellistele ühenduskohtadele, mis kipuvad kasutamise ajal pragunema (nt kergkonstruktsioonide ühenduskohad massiivtarinditega), et vältida heliisolatsiooni hilisemat halvenemist.

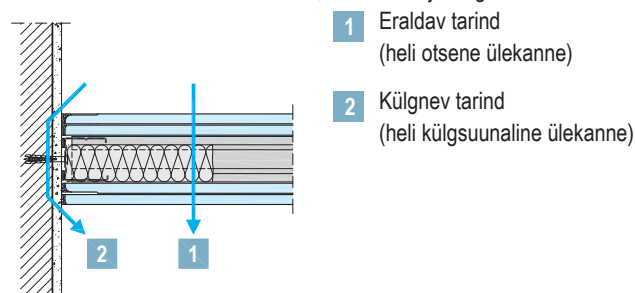
Tavaliste plaatvooderdisega müüritis- ja vahverkseinte heliisolatsiooniomaduste parandamiseks tuleb enne plaatvooderdise paigaldamist olemasolev sein vähemalt ühelt poolt krohvida või vuugid (nt müüritise vuugid, sõrestiku ja selles oleva täidise vahelised vuugid) hoolikalt täita.

#### Heli pikisuunaline levimine

Akustiliste arvutuste korral tuleb tingimata silmas pidada, et nõutav heliisolatsioon ei oleks tagatud üksnes eraldava tarindiga, vaid see kujutaks endast summaarset väärtust, millesse on kaasatud ka heli ülekanne kõrvalteede kaudu.

Kõrvaltee kaudu ülekande eriline liik on heli pikisuunaline levimine külgnivate tarindite kaudu (joonis GS. 28). Külgnivad tarindid „ergastatakse“, helilained edastatakse kõrvalruumi ja kiiratakse külgneva tarindi poolt õhumürana uuesti välja.

Joonis GS. 28: Heli ülekandeteed, heli otsene ja külgnev ülekanne



#### ► Hea teada

Heli levimise takistamine ruumist ruumi on ainult nii hea, kui seda võimaldab „nõrgim lüli“!

#### See tähendab:

kui näiteks tavapärasest viiest tarindist (eraldav tarind + neli külgnivat tarindit) on ühe korral parameetri väärtus vaid 35 dB, siis on ka heliisolatsioon ruumist ruumi levimisel üldjuhul  $\leq 35$  dB ka siis, kui on paigaldatud „tõhus vahesein“, mille heliisolatsiooniindeks on 60 dB.

Seetõttu tuleb peale heli ülekande eraldava tarindi kaudu arvestada ka ülekannet külgnivate tarindite kaudu.

Heli külgsuunaline ülekanne oleneb tarindi tüübist ja selle ühendusviisist eraldava tarindiga.

Kipsplaatidest kergete vaheseinte korral oleneb heli pikisuunaline ülekanne massiivsete külgnivate seinte kaudu selliste seinte massist pindalaühiku kohta.

Kui vaheseinad ja külgnivad tarindid on kipsplaatidest, oleneb heli külgsuunaline ülekanne eelkõige eraldava tarindi ja külgneva tarindi liitekohast konstruktsioonist.

Põhimõtteliselt on kergete külgnivate tarindite heli ülekandeks kaks teed olenemata sellest, kas tegemist on lae, põranda või seintega.

- Ülekanne plaatkatte (nt pealiskihi, seinaplaadi) kaudu
- Ülekanne õõnsuse kaudu

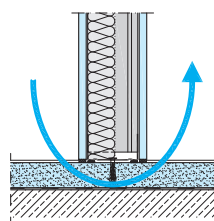
Meetmed heli pikisuunalise ülekande vähendamiseks hõlmavad mõlemat ülekandeteed.

- Selleks, et vähendada helilainete ülekannet õõnsuse kaudu, täidetakse see isolatsioonimaterjaliga või eraldatakse vähemalt ühenduspiirkonnas vaheseinaga heliülelava materjaliga.
- Plaatkatte suurem mass avaldab soodsat mõju, seega on heli külgsuunaline ülekanne kahekihilise plaatkatte korral ühekihilisega võrreldes väiksem.
- Kõige tõhusam on ühenduspiirkonnas külgnivate plaatide eraldamine ristuva tarindi kohal, st kahe kõrvuti oleva ruumi vahel puudub läbiv plaatkatte. Ideaalsel juhul „lükatakse“ eraldav tarind külgneva tarindi sisse ja on selles täielikult eraldatud. Taoliste konstruktsioonide korral on heli pikisuunaline ülekanne sedavõrd takistatud, et peaaegu puudub ülekanne külgneva tarindi kaudu (joonis GS. 29).

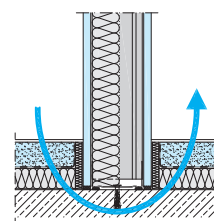
Joonis GS. 29: Meetmed heli pikisuunalise ülekande vähendamiseks külgnivate tarindite kaudu

#### Ühendus põrandaga

Heli külgsuunalise ülekande väike summutus

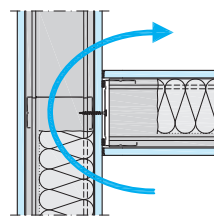


Heli külgsuunalise ülekande suur summutus

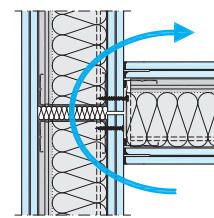


#### Ühendus kipsplaatseinaga

Heli külgsuunalise ülekande väike summutus

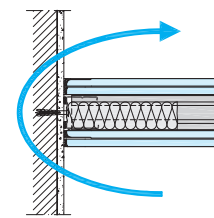


Heli külgsuunalise ülekande suur summutus

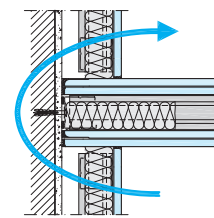


#### Ühendus massiivseinaga

Heli külgsuunalise ülekande väike summutus



Heli külgsuunalise ülekande suur summutus



Taandatud helirõhutasemete vahe leidmiseks külgsuunalisel ülekandel vajalikud arvutuslikud suurused on kokku võetud alljärgnevates teostustes ja peatükis erinevate kokkupuutuvate külgede kohta.

Tarindi akustilise kvaliteedi ja renoveerimisvõimaluse hindamisel peab projekteerija peale eraldavate ja külgnevate tarindite kontrollima ka heli muude ülekandeteede olemasolu. Tabelit GS. 5 võib seejuures kasutada kontroll-loendina akustilisel planeerimisel, selles on loetletud heli ülekande kõige levinumad teed.

Tabel GS. 5: Heli ülekandeteed

Heli ülekandeteed	Põhiprintsiip, meetmete näited	Rida
Ülekanne vaheseina kaudu	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pinnas olevate avade või tihendamata kohtade kaudu (nt vuugid müüritises, praod plaatkattes)</li> <li>■ Nõrgendatud kohad seinakonstruktsioonis (nt paigalduskastid/nišid, pistikupesad, sanitaarseadmestik, šahtid/lõõrid, varivuugid, süvistatud põrandaliistud, õhendatud kohad jms)</li> </ul>	1
Ülekanne põranda ja lae piirkonnas	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Laetalade ja sarikate kaudu</li> <li>■ „Kergete“ lagede, nt õõnespaneelide kaudu</li> <li>■ Läbiva laeplaatkatte või ripplae kaudu</li> <li>■ Läbiva laudpõranda või ujuvpõranda kaudu</li> <li>■ Läbiva aluskonstruktsiooni, lattsõrestiku kaudu</li> <li>■ Laes/katuses oleva õõnsuse (talade-/sarikatevahelise) kaudu</li> </ul>	2
Ülekanne piki külgnevat seina (koridori-sein/välissein)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Seina või seina plaatkatte või seinas oleva õõnsuse kaudu</li> <li>■ Ühendusvuukide kaudu</li> <li>■ Läbiva soojustuse või fassaadi kaudu</li> <li>■ Läbi ukse ja seejärel koridori kaudu</li> </ul>	3
Ülekanne piki läbivaid tarindeid	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Toed, talad, pärliinid</li> <li>■ Sanitaarseadmestik, küttetorustik</li> <li>■ Kaabli- ja ventilatsioonikanalid</li> </ul>	4



# KASUTAGE KNAUFI VÄÄRTUSLIKKE TEENUSEID



## KNAUF DIREKT

Meie tehniline infoteenus – proffidelt proffidele!  
Valige õigeaegse nõustamise otseliin ja usaldage ohutuse tagamiseks meie aastatepikkust kogemust.

- > Kipsplaatehitus- ja pörandasüsteemid  
Tel (+372) 651 8697
- > Krohvi- ja fassaadisüsteemid  
Tel (+372) 651 8697



## KNAUF AKADEMIE

Kvaliteetsete ja praktilise suunitlusega seminari-  
dega pakume teile värsked teadmisi nii tänaseks  
kui ka homseks. Kasutage seda eelist enda ja  
oma töötajate jaoks, sest haridus on tulevik!

- > Tel (+372) 651 8697
- > [info@knauf.ee](mailto:info@knauf.ee)



## KNAUF DIGITAL

Olgu allikaks veeb, rakendus või sotsiaalmeedia  
– tehnilised dokumendid, interaktiivsed animat-  
sioonid, videod ja palju muud on ööpäev läbi  
saadaval, alati ajakohased ja Knaufi digitaalses  
maailmas loomulikult tasuta. Need klõpsud tasu-  
vad end ära!

- > [www.knauf.ee](http://www.knauf.ee)
- > [www.youtube.com/knaufestti](http://www.youtube.com/knaufestti)
- > [www.twitter.com/knauf\\_presse](http://www.twitter.com/knauf_presse)

**Knauf Tallinn UÜ**  
Järvevana tee 7B  
10112 Tallinn

**Knauf AMF**  
Laesüsteemid

**Knauf Aquapanel**  
TecTem®-i seestpoolt soojustamine  
Tsementplaatide süsteemid

**Knauf Bauprodukte**  
Profilahendused koduremontijale

**Knauf Design**  
Kipsplaatide lamineerimine

**Knauf Gips**  
Kipsplaatsüsteemid  
Pörandasüsteemid  
Krohvi- ja fassaadisüsteemid

**Knauf Insulation**  
Isolatsioonisüsteemid  
renoveerimisel ja uusehituses

**Knauf Integral**  
Kipskiudtehnoloogia pörandatele,  
seintele ja lagedele

**Knauf PFT**  
Masinate ja  
seadmete tootmine

**Knauf Danoline**  
Akustilised  
perfokipsplaatlaed