

Kipsplaatsüsteemid

SS03.ee

Knaufi ehitusfüüsika

01/2019

Heliisolatsioon Knaufi abil

Heliisolatsiooni määramine
tarindite paigaldatud olekus

Sisukord

	Kasutusjuhised	
	Juhised	4
	Juhised dokumendi kohta	4
	Viited allikatele	4
	Arvutused ja arvutuste sisendandmed	
	Eessõna	6
	Sisendandmed heliisolatsiooniindeksi määramiseks tarindite paigaldatud olekus.....	6
	Heliisolatsiooniindeksid tarindite paigaldatud olekus	
	Standardi DIN 4109 kohaselt	8
	Arvutusmeetod	8
	Knaufi meetod segaehitusviisi ja puit-, kerg- ning kipsplaattehitud korral	10
	Knaufi tabeli- ja kolmnurgameetod	10
	Massiivlagede taandatud löögimürataseme indeks	
	Standardi DIN 4109 kohaselt	16
	Taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus massiivtehitud korral	16
	Tabeli- ja diagrammimeetod	18
	Puitlagede taandatud löögimürataseme indeks	
	Standardi DIN 4109 kohaselt	20
	Taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus puittarindi korral	20
	Massiivseintega hoonete puitlagedega hoonetes taandatud löögimürataseme indeks	
	Knaufi meetodi kohaselt	23
	Puitlagede taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus massiivseinte korral	23
	Massiivseinte ja -lagede heliisolatsiooniindeks	
	Standardi DIN 4109 osa 2 ja osa 32 kohaselt	24
	Arvutusmeetod	24
	Diagrammimeetod	25
	Õhumära isolatsiooni parandamine vooderkonstruktsioonide abil	
	Seinte vooderkatted ja valupõrandad isolatsioonikihil	26
	Standardi DIN 4109 osa 34 kohaselt	26
	Diagrammimeetod	28
	Avadetaidetega ja liitkonstruktsioonide arvutamine	
	Standardi DIN 4109 kohaselt	30
	Liitkonstruktsioonide heliisolatsiooniindeksi määramine	30
	Arvutusliku töendamise sisendandmed	
	Kipsplaatide kaalud	33
	Külgnivad ehitustarindid	34
	Pikisuunalise heliisolatsiooni indeks	34
	Kriitilised külgnivad tarindid	34
	Kipsplaatseintevahelised ühendussõlmed	35

	Külgnevad seinad	
	Kaalutud standarditud külgsuunaline helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$	36
	Külgnevad seinad – metallkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed DIN 4109-33:2016 kohaselt	36
	Külgnevad seinad – metallkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed	37
	Külgnevad seinad – vooderkonstruktsioonide pikisuunalise helirõhutasemete vahed	38
	Külgnevad seinad – puitkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed DIN 4109:1989 lisa 1 ja DIN 4109-33 kohaselt	39
	Külgnevad kipsplaatlaed	
	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$	40
	Külgnevad vahelaed – kipsplaatlagedega massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	40
	Külgnevad perfokipsplaatlaed	
	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$	42
	Cleaneo laed – perforatsioonid kipsplaatlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	42
	Danoline laed – perforatsioonid kipsplaatlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	43
	Külgnevad vahelaed	
	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$	44
	Külgnevad vahelaed – ujuva valupõrandaga massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	44
	Külgnevad vahelaed – kipsplaatlaega puitvahelagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	45
	Külgnevad vahelaed – ujuvate põrandaelementidest puitvahelagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	46
	Muud külgnevad ehitustarindid	
	Metallkarkassvaheseinte õhumüra edasikandumine läbi vahelagede ja -seinte	47
	Segaehitusmeetodil rajatud ehitustarindite helirõhutasemete vahed horisontaal- ja vertikaalsuunas	47
	Külgnevad katuslaed	
	Külgnevad katuslaed – korterelamute sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	48
	Külgnevad katuslaed – ridaalamute ja paarismajade sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed	49
	Üheaegsuse piirsageduse arvutamine	
	Heliisolatsiooni katkestused	54
	Üheaegsuse piirsageduse arvutamine	54
	Resonantssageduse arvutamine	
	Heliisolatsiooni katkestused	55
	Resonantssageduse arvutamine	55

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 sõlmalahendused 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

- Alused SS01.de
- Konstruktsioonidele esitatavad nõuded SS02.de
- Siseseinad SS04.de
- Laed SS05.de
- Välisseinad SS06.de
- Ruum-ruumis süsteemid SS07.de

Ruumiakustika

- Alused ja põhimõtted AK01.de
- Andmed projekteerimiseks AK02.de

Kohaldatavad standardid ja direktiivid:

- DIN 4109:1989
- Standardi DIN 4109:1989 lisa 1
- DIN 4109-1:2018
- DIN 4109-2:2018-01 kohaselt
- DIN 4109-32:2016-07
- DIN 4109-33:2016-07
- DIN 4109-34:2016-07
- DIN 18005-1:2002-07 lisa A.2

Käesolevas vihik täiendab teavet, mis on esitatud Standardiameti poolt 2017. aastal välja antud eestikeelses ehitusakustika standardis EVS-EN-ISO 12354-1:2017 „Hoonete akustilise toime hindamine elementide akustilise toimuvuse põhjal.

Osa 1: Ruumidevaheline õhuheli isolatsioon

Osa 2: Ruumidevaheline löögiheli isolatsioon“.

Vihikus esitatud näidete korral on esitatud Saksamaal kehtivad ehituskonstruktsioonidele esitatavad nõuded.

Eestis kehtivad nõuded heliisolatsioonile on esitatud standardis EVS 842:2003 „Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest.“

Viited allikatele



- [1] W. Fassold, W. Veres: Schallschutz + Raumakustik in der Praxis, Huss-Medien GmbH Berlin 2003
- [2] C. Zürcher, T. Frank: Bauphysik Bau & Energie, vdf Hochschulverlag AG 2010
- [3] Hohmann, Setzer, Wehling: Bauphysikalische Formeln und Tabellen, Werner Verlag 2004

Lagi
 $D_{n,f,w} = 52 \text{ dB}$

Vasakpoolne sein
 $D_{n,f,w} = 61 \text{ dB}$

Aken
 $R_w = 41 \text{ dB}$

Vahesein
 $R_w = 51 \text{ dB}$

Uks
 $R_w = 38 \text{ dB}$

Parempoolne sein
 $D_{n,f,w} = 61 \text{ dB}$

Vahesein
 $R'_w = 47,9 \text{ dB}$

Põrand
 $D_{n,f,w} = 65 \text{ dB}$

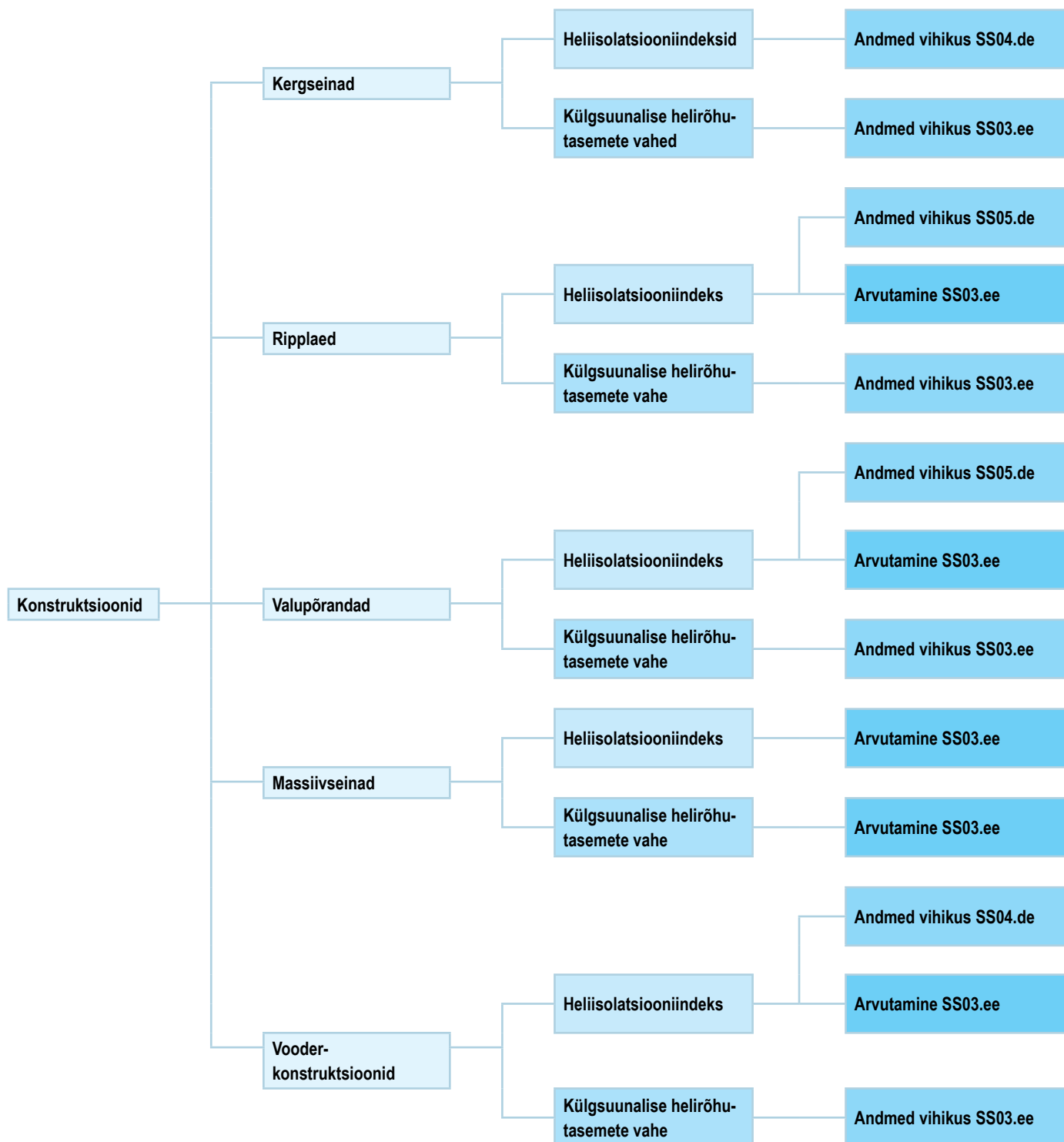
Eessõna

Eessõna

Heli edasikandumisel kahe ruumi vahel tuleb peale otsese heliülekande vahetariindi kaudu alati arvesse võtta ka heli edasikandumist külgnevate tarindite kaudu. Ka parimast vahetariindist ei ole kasu, selle külgnevad pinnad on madala pikisuunalise heliisolaatsiooniga ja seeläbi võimaldavad heli ülekannet ruumide vahel. Alljärgnevates peatükkides on esitatud standardile DIN4109-2:2018-01 vastavad arvutusmeetodid, tabeli- ja diagrammimeetodid lihtsustatud kasutamiseks, mis põhinevad standardil DIN 4109, ning Knaufi meetodid, mis on standardi arvutusmeetoditest osaliselt eraldatud.

Vajalikud sisendandmed heliisolaatsiooniindeksi arvutamiseks tarindite paigaldatud olekus ja taandatud lõõgimürataseme indeksi arvutamiseks tarindite paigaldatud olekus on esitatud dokumentides SS04.de, SS05.de ja SS06.de ning eri tarindite pikisuunalise helirõhutaseme vahe saab võtta nendest dokumentidest.

Sisendandmed heliisolatsiooniindeksi määramiseks tarindite paigaldatud olekus





Õhumüra isolatsiooni arvutamine

Arvutusmeetod

Õhumära isolatsiooni indeksi arvutamiseks tarindite paigaldatud olekus eristatakse standardi DIN 4109 kohaselt kolme ehitusviisi:

- puit-, kerg- ja kipsplaatehitus;
- massiivehitus;
- karkass- ja segaehitus.

Massiivehitus ning karkass- ja segaehitus

Massiivehitust ning karkass- ja segaehitust saab ligikaudselt kontrollida lihtsustatud Knaufi meetodi kohaselt (vt lkSeite 10).

Puit-, kerg- ja kipsplaatehitus

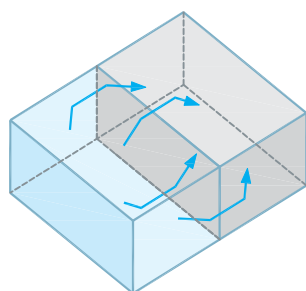
Puit-, kerg- ja kipsplaatehituse korral tuleb õhumära isolatsiooni indeksi R'_w määramisel võtta arvesse viit edasikandumise viisi.

- Heli edasikandumine läbi eraldava konstruktsioonelemendi.
Tunnussuurus $R_{Dd,w}$
- Heli edasikandumine nelja külgmise konstruktsioonelemendi kaudu.
Heli horisontaalsuunas edasikandumise korral (eraldav konstruktsioonelement on vahesein, joonis BL. 1, vasakul) on selleks tavaliselt:
 - sisesein
 - välissein
 - põrand
 - lagi
 Heli vertikaalse edasikandumise korral (eraldustarind on lagi, joonis BL. 1, paremal) on selleks tavaliselt:
 - kõik neli külgnevat sein. Hoonenurga ruumidel kaks välisseina ja kaks siseseina. Muul juhul üks välissein ja kolm siseseina.

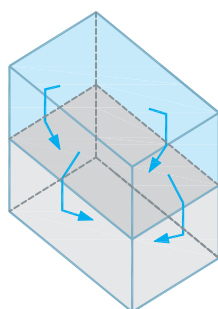
Külgnivate tarindite kaudu heli ülekandumist arvestav tunnussuurus on heliisolatsiooniindeks $R'_{F,w}$.

Joonis. BL. 1: Heli edasikandumise viisid külgnivate tarindite kaudu

Heli edasikandumine horisontaalsuunas



Heli edasikandumine vertikaalsuunas



Puit-, kerg- ja kipsplaatkonstruktsioonide otsese heliisolatsiooniindeksi kõik andmed saab võtta vihikust „Innenwände SS04.de“.

Külgnava tarindi arvutuslik heliisolatsiooniindeks $R'_{F,w}$ saadakse tarindi kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{nF,w}$ ja kahe, ruumi suuruselt oleneva parandusteguri alusel. Puit-, kerg- ja kipsplaatkonstruktsioonide kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahesid mõõdetakse akustilistel katsestendidel ja neid võib leida Knaufi dokumentidest (saadaval paljude konstruktsioonelementide kohta).

$$R'_{F,w} = D_{nF,w} + 10 \log \left(\frac{I_{lab}}{I_f} \right) + 10 \log \left(\frac{S_s}{A_0} \right) \quad (1)$$

kus:

I_{lab} = Baas-servapikkus

Fassaadidel ja siseseintel heli horisontaalsuunas edasikandumisega 2,8 m

Lagedel, ripplagedel ja põrandatel heli horisontaalsuunas edasikandumisega ning fassaadidel ja siseseintel heli vertikaalsuunas edasikandumisega 4,5 m

I_f = Eraldava tarindi ja külgnava tarindi ühine liitumispikkus asjakohases ehitusolukorras, m

S_s = Eraldava tarindi pindala, m²

A_0 = Baas-neeldumispindala 10 m²

Summeerimise teel liidetakse kokku heli üksikud edasikandumise teed, et saada tarindite paigaldatud olekule vastav heliisolatsiooniindeks.

$$R'_w = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R'_{F,w}/10} \right] \quad (2)$$

Kui eraldav tarind (vahesein või lagi) on väiksem kui 10 m², tuleb arvutuslik õhumära isolatsiooni indeks R'_w külgnava tarindi kaalutud helirõhutasemete vahe $D_{n,w}$ ümber arvutada.

$$D_{n,w} = R'_w - 10 \log \left(\frac{S_s}{10 \text{ m}^2} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

R'_w ja $D_{n,w}$ tuleb esitada ühe kümnendkoha täpsusega.

R'_w ja $D_{n,w}$ esitatud nõuetega võrdlemisel tuleb võtta arvesse prognoosi määramatust 2 dB nõutav R'_w . Kui nõue on prognoositud väärtusest väiksem, on nõue täidetud ja kontrollimine andnud tulemuse, mis vastab standardile DIN4109-2:2018.

Kui nõue ei ole täidetud, tuleb heli edasikandumise tee optimeerida suurema heliisolatsiooniga tarindi ja väiksemate külgsuunaliste heliülekannetega lahenduste valimise abil.

Kontroll:

$$R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w \text{ või } D_{n,w} - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w \quad (4)$$

Arvutusnäide:

Kortereid eraldav vahesein kergkonstruktsiooniga korruselamus

- Nõue standardi DIN 4109-1:2018 kohaselt $R'_w \geq 53$ dB
- Rangem nõude standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt $R'_w = 55$ dB
- Vaheseina pikkus $L = 6,50$ m
- Vaheseina kõrgus $H = 2,60$ m
- Vaheseina pindala $S = 16,9$ m²

Vahesein

- W555.de puitkarkassvahesein – kandev, ruumi lõpetav
Plaatkate seinaküljel 1: 12,5 mm Diamant + 12,5 mm Silentboard
Plaatkate seinaküljel 2: 12,5 mm Diamant + akustiline mütsprofiil + 12,5 mm Silentboard
Arvutuslik heliisolatsiooniindeks $R_w = 64,1$ dB

Välissein

- Puitkarkassvahesein täiendava vooderkattega.
Vooderkate on vaheseinaga katkestatud.
Välisseina pikisuunalise helirõhutasemete vahe tabeli FB. 6 kohaselt
 $D_{n,f,w} = 68$ dB

Koridori sein

- Puitkarkassvahe sein täiendava vooderkattega.
Vooderkate on vaheseinaga katkestatud.
Koridori seina pikisuunalise helirõhutasemete vahe tabeli FB. 6 kohaselt
 $D_{n,f,w} = 68$ dB

Põrand

- Ujuv põrand.
Vahesein läbivalt kuni aluslaeni / puitvahelaeni.
Põranda pikisuunalise helirõhutasemete vahe tabeli FB. 15 kohaselt
 $D_{n,f,w} = 67$ dB

Lagi

- Puitvahelagi ripplaega.
Ripplagi vaheseinaga katkestatud.
Lae pikisuunalise helirõhutasemete vahe tabeli FB. 14 kohaselt
 $D_{n,f,w} = 67$ dB

1. Külgsuunalise heliisolatsiooniindeksi arvutamine

- Mööda välisseina ülekande heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,välissein} = 68$ dB + $10 \log(2,80 \text{ m} / 2,60 \text{ m}) + 10 \log(16,9 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2)$
 $R_{Ff,w,välissein} = 70,6$ dB
- Mööda koridori seina ülekande heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,koridori \text{ sein}} = 68$ dB + $10 \log(2,80 \text{ m} / 2,60 \text{ m}) + 10 \log(16,9 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2)$
 $R_{Ff,w,koridori \text{ sein}} = 70,6$ dB
- Mööda põrandat ülekande heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,põrand} = 67$ dB + $10 \log(4,50 \text{ m} / 6,50 \text{ m}) + 10 \log(16,9 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2)$
 $R_{Ff,w,põrand} = 67,7$ dB
- Mööda lage ülekande heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,lagi} = 67$ dB + $10 \log(4,50 \text{ m} / 6,50 \text{ m}) + 10 \log(16,9 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2)$
 $R_{Ff,w,lagi} = 67,7$ dB

2. Heliisolatsiooniindeksi arvutamine tarindi paigaldatud olekus

$$R'_w = -10 \log \left[10^{\frac{-64,1 \text{ dB}}{10}} + 10^{\frac{-70,6 \text{ dB}}{10}} + 10^{\frac{-70,6 \text{ dB}}{10}} + 10^{\frac{-67,7 \text{ dB}}{10}} + 10^{\frac{-67,7 \text{ dB}}{10}} \right]$$

$$R'_w = 60,4 \text{ dB}$$

3. Kontrollarvutuste tegemine

Miimumnõue standardi DIN 4109-1:2018 kohaselt

$$(4) R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w$$

$$60,4 \text{ dB} - 2 \text{ dB} \geq 53 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Rangem nõu standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt

$$(4) R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w$$

$$60,4 \text{ dB} - 2 \text{ dB} \geq 55 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Knaufi tabeli- ja kolmnurgameetod

Standardi meetodi asemel võib kasutada Knaufi tabeli- ja kolmnurgameetodit. Puit,- kerg- ja kipsplaatehituse korral vastab see meetod standardi meetodile. Samuti võib seda tarindite paigaldatud oleku korral saavutatava heliisolatsiooniindeksi hindamise meetodit kasutada segakonstruktsioonide puhul. Siiski tuleb märkida, et see meetod võtab arvesse ainult viit heli edasikandumise teed (samamoodi nagu puit-, kerg- ja kipsplaatehituse toimimisviisi puhul). Puhta massiivehituse korral tuleb võtta arvesse 13 heli edasikandumise teed. Segaehtusmeetodi puhul olenevad arvessevõetavad heli edasikandumise teed eraldava tarindi ja külgnivate tarindite konstruktsioonist. See meetod ei võta arvesse liitekohtade heliisolatsiooniindekseid, nagu on ette nähtud kahe massiivtarindi ühendamisel standardi kohaselt. Seetõttu on see meetod segaehituse korral ette nähtud vaid esmaseks hindamiseks.

Toimimisviis:

Et arvutada külgnivate tarindite külgsuunalise helirõhuasetemete vahed $D_{n,f,w}$ ümber nende mõõtmeid arvestatavateks heliisolatsiooniindeksiteks $R_{Ff,w}$, tuleb määrata ruumi suurusel olenevad parandustegurid. Olenevalt heli edasikandumise suunast (vertikaalne või horisontaalne) on nende koostis alljärgnev.

Heli edasikandumine horisontaalsuunas

Sel juhul tuleb külgnivate tarindite helirõhuasetemete vahe määrata tavaliselt kahe seina, põranda ja lae jaoks.

- Kõigi nelja edasikandumise viisi puhul tuleb vaheseina mõõtmete arvessevõtmiseks kasutada pindala parandustegurit K_1 .
- Heli edasikandumisel põranda ja lae kaudu tuleb liitekohta pikkuse arvestamiseks kasutada pikkuse parandustegurit K_2 (põranda ja vaheseina, samuti lae ja vaheseina liitumispikkust).
- Vaheseina ja siseseina, samuti vaheseina ja välisseina vahelise liitumispikkuse arvestamiseks tuleb ette näha ka kõrguse parandustegur K_3 (ruumi kõrguse parandustegur).

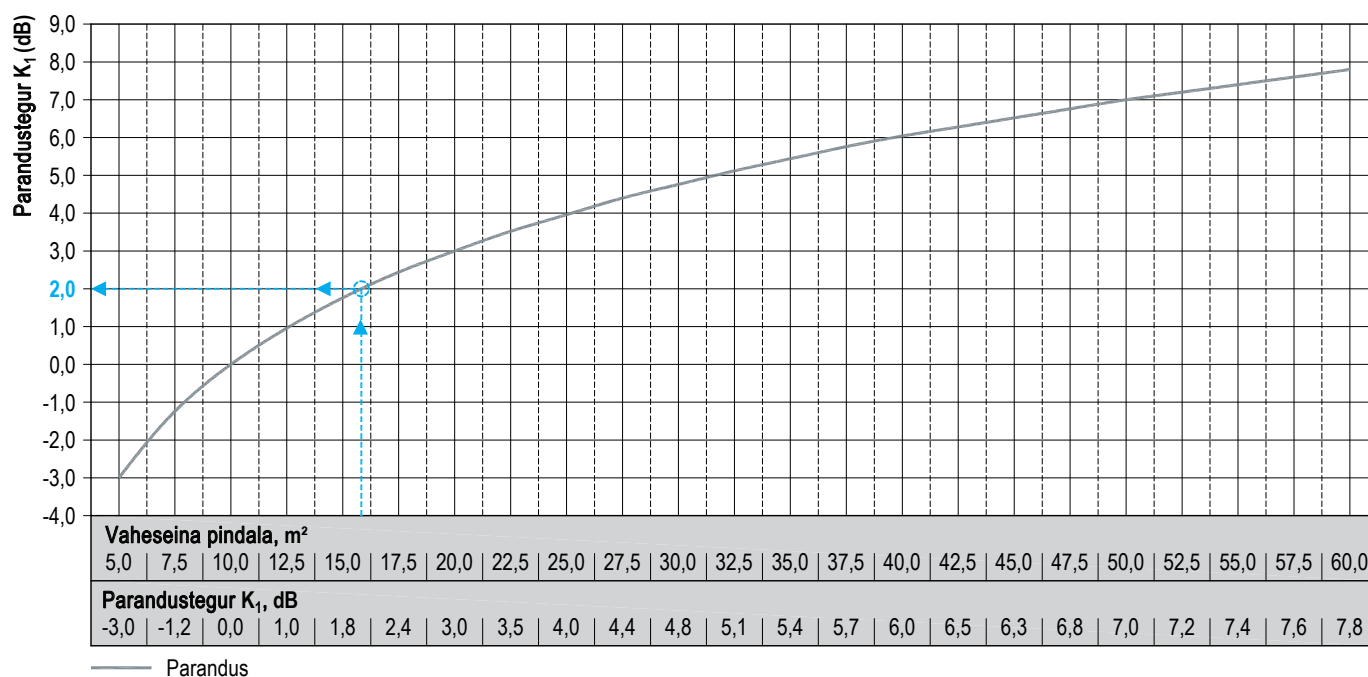
Heli edasikandumine vertikaalsuunas

- Nende edasikandumisteede korral moodustab põrand või lagi tavaliselt eraldava konstruktsiooni, millel on neli külgnivat seina. Seega tuleb peale pindala parandusteguri K_1 kasutada pikkuse parandustegurit K_2 veel neli korda, et võtta arvesse eraldava tarindi ja seinte vahelist liitumispikkust.

Tarindite kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhuasetemete vahed võib võtta peatükist „Külgnivad seinad“ alates lk 34.

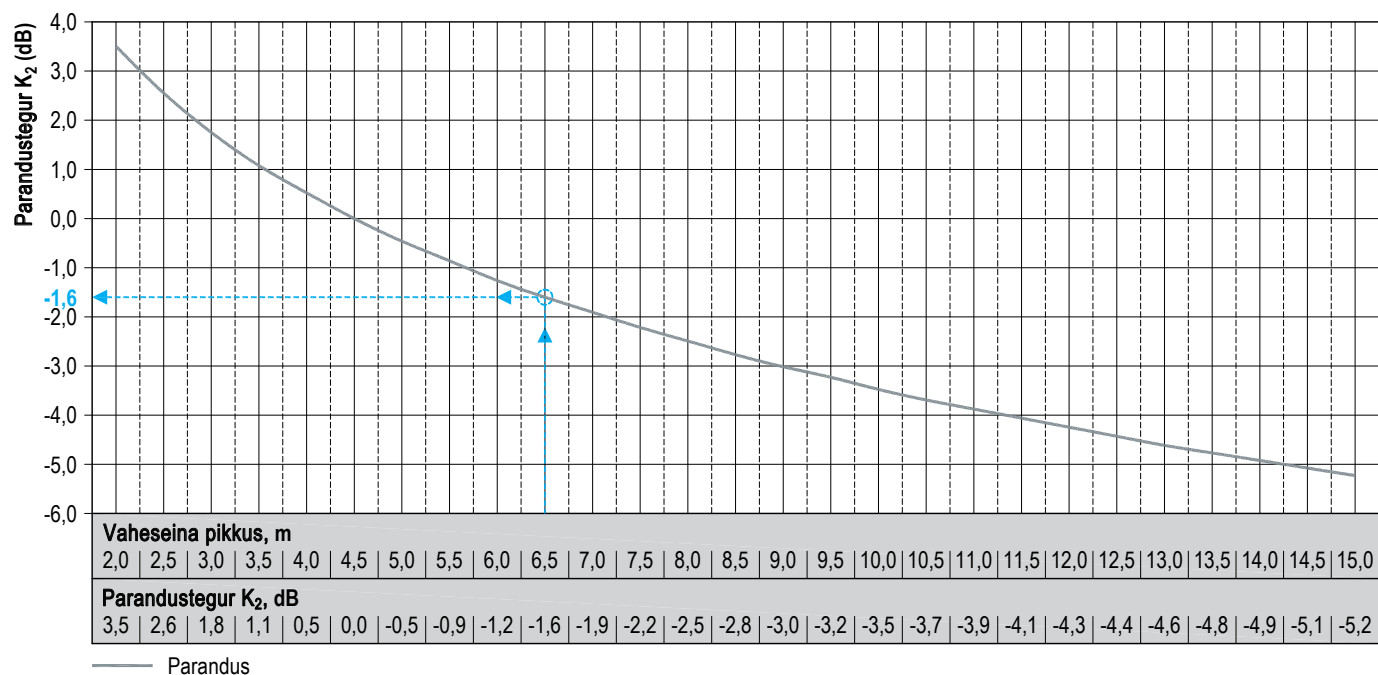
Pindala parandusteguri K_1 määramine

Joonis. BL. 2: Pindala parandusteguri K_1 määramise diagramm



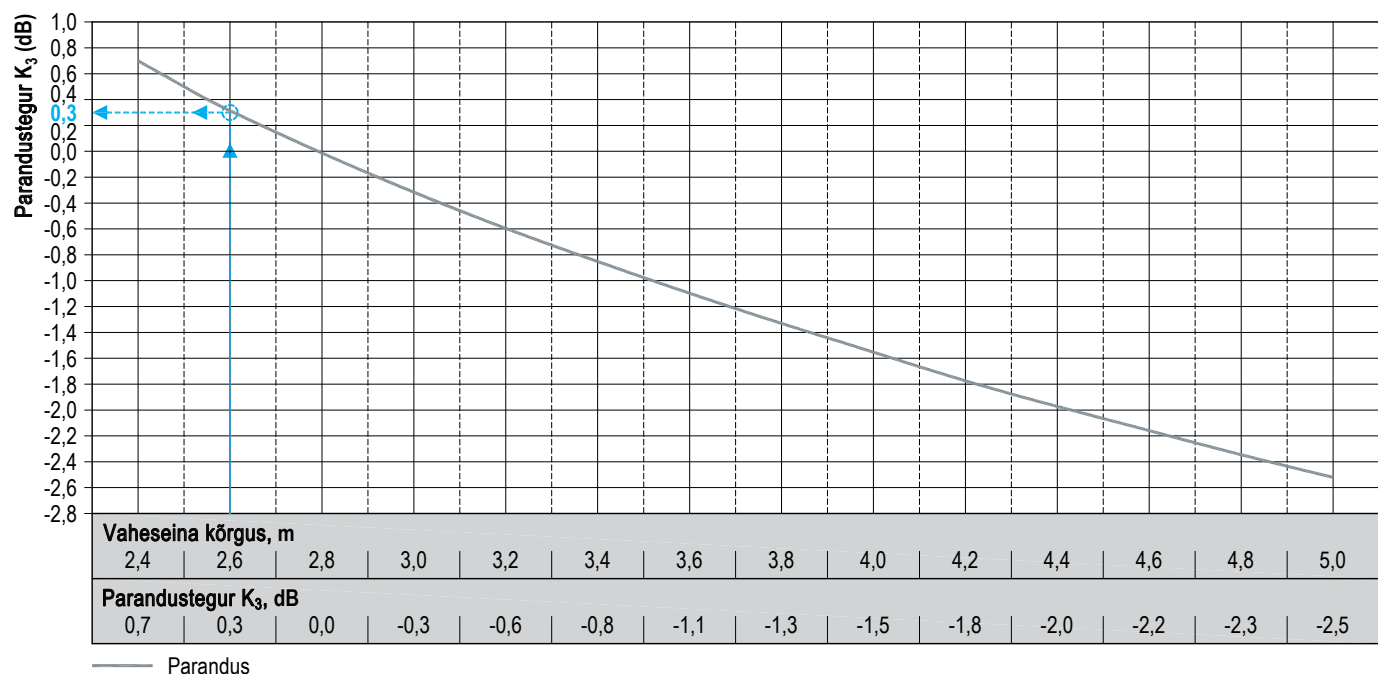
Pikkuse parandusteguri K_2 määramine

Joonis. BL. 3: Pikkuse parandusteguri K_2 määramise diagramm



Kõrguse parandusteguri K_3 määramine

Joonis. BL. 4: Kõrguse parandusteguri K_3 määramise diagramm



Arvutusnäide:

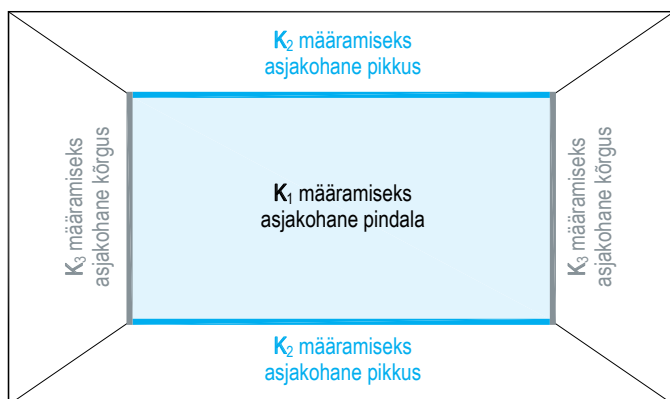
Kortereid eraldav vahesein korruselamus

- Miinimumnõue standardi DIN 4109-1:2018 kohaselt $R'_w \geq 53$ dB
- Rangem nõue standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt $R'_w \geq 55$ dB
- Vaheseina pikkus $L = 6,50$ m
- Vaheseina kõrgus $H = 2,60$ m
- Vaheseina pindala $S = 16,9$ m²

Parandustegurid

- Pindala parandustegur (joonis BL. 2) $K_1 = 2,0$ dB
- Pikkuse parandustegur (joonis BL. 3) $K_2 = -1,6$ dB
- Kõrguse parandustegur (joonis BL. 4) $K_3 = 0,3$ dB

Joonis. BL. 5: Ruumi suurusest olenevad parandustingimused



Külgnevate tarindite kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed

(peatükk „Külgnevad seinad“ alates lk 34)

- Valatud põrand on vaheseina alt eraldatud.
Põrandavalu paksus ≥ 60 mm
Löögmüra isolatsiooniplaat $s' \leq 10$ MN/m³ $D_{n,f,w} = 73$ dB
- Massiivlae paksus $0,20$ m
Mass pinnaühiku kohta $m' = 460$ kg/m² $D_{n,f,w} \approx 63$ dB
- Sisesein,
W112.de Metallkarkassvahesein – lihtpostisüsteem
CW 100, $2 \times 12,5$ mm Diamant T-ühenduses vuuk $D_{n,f,w} = 73$ dB
- Massiivkonstruktsiooniga välissein
Mass pinnaühiku kohta $m' = 400$ kg/m² $D_{n,f,w} = 64$ dB

1. Külgnevate tarindite arvutusliku heliisolatsiooniindeksi arvutamine

- Põranda pikisuunaline heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,põrand} = D_{n,f,w,põrand} + K_1 + K_2 = 73$ dB + $2,0$ dB + $(-1,6)$ dB
 $R_{Ff,w,põrand} = 73,4$ dB
- Lae pikisuunaline heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,lae} = D_{n,f,w,lae} + K_1 + K_2 = 63$ dB + $2,0$ dB + $(-1,6)$ dB
 $R_{Ff,w,lae} = 63,4$ dB
- Külgneva seina pikisuunaline heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,sisesein} = D_{n,f,w,sisesein} + K_1 + K_3 = 73$ dB + $2,0$ dB + $0,3$ dB
 $R_{Ff,w,sisesein} = 75,3$ dB
- Välisseina pikisuunaline heliisolatsiooniindeks
 $R_{Ff,w,välissein} = D_{n,f,w,välissein} + K_1 + K_2 = 64$ dB + $2,0$ dB + $0,3$ dB
 $R_{Ff,w,välissein} = 66,3$ dB

2. Heliisolatsiooniindeksi arvutamine tarindi paigaldatud olekus

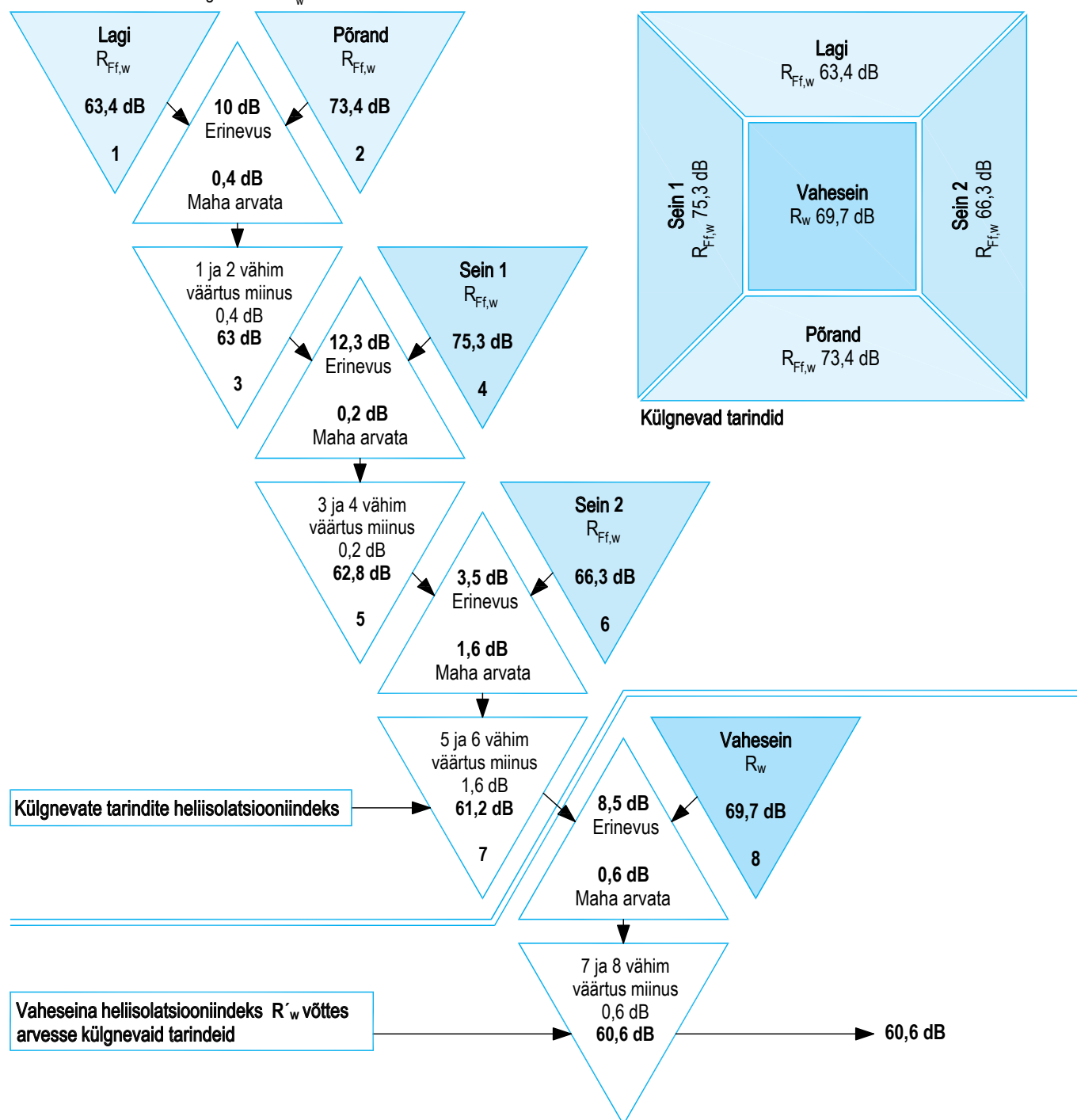
Õhumüra isolatsiooni määramiseks tarindite paigaldatud olekus tuleb esmalt valida vaheseina heliisolatsiooniindeks.

Näiteks W115.de Metallpostidega sein – kahekordne postisüsteem

CW 50, $2 \times 12,5$ mm Diamant $R_w = 69,7$ dB

Järgmise sammuna tuleb külgnevate tarindite ja vaheseina heliisolatsiooniindeksite abil teha arvutus järgmisel leheküljel oleva skeemi abil (vt lk 13).

Joonis. BL. 6: Knaufi kolmnurgameetod R'_{w} määramiseks



Erinevus, dB	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0 - 19,5	≥ 20
Maha arvata, dB	3,0	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0

Kuna kõik prognoosid on seotud määramatusega, tuleb õhumüra isolatsiooni indeksit R'_w esitatud nõuetega võrdlemiseks prognoosi määramatusega korrigeerida.

Paušaalselt arvestatakse prognoosi määramatust standardi DIN 4109-2:2018 kohaselt:

■ Prognoosi määramatus seintel ja lagedel $u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$

Kontrollarvutuse tegemine

Miimumnõue standardi DIN 4109-1:2018 kohaselt

(4) $R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w$

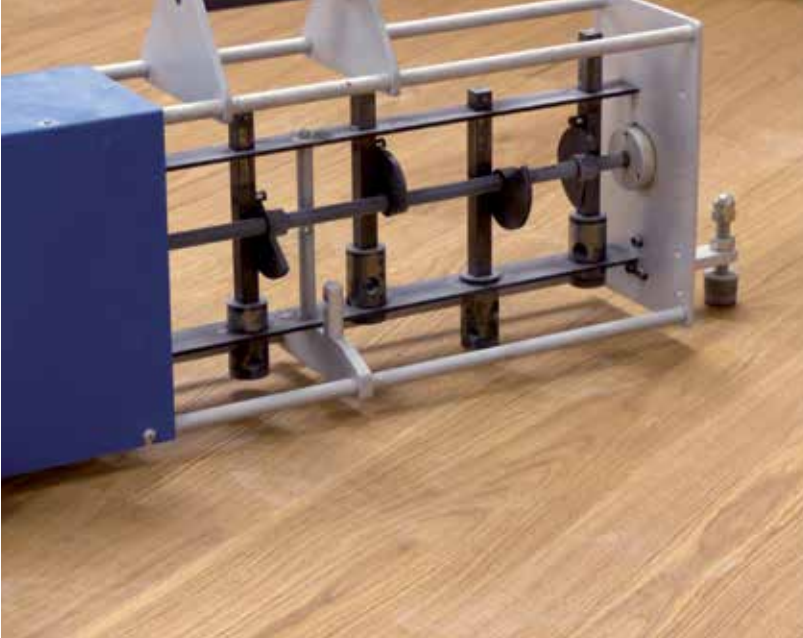
60,6 dB - 2 dB \geq 53 dB **täidetud**

Rangem nõue standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt

(4) $R'_w - 2 \text{ dB} \geq \text{nõutav } R'_w$

60,6 dB - 2 dB \geq 55 dB **täidetud**





Löögimüra isolatsiooni arvutamine

Taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus massiivehituse korral

Standardi meetodi kasutamise korral saab arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksi $L'_{n,w}$ määrata, võttes arvesse viimistlemata lae külgnevaid tarindeid ekvivalentse arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksiga $L_{n,eq,0,w}$ ja lae kattekihte arvutusliku löögimüra vähenemisega ΔL_w . Massiivsete külgnevate tarindite mõju võetakse arvesse parandusteguriga K olenevalt nende keskmisest massist pinnaühiku kohta ja massiivlae massist pinnaühiku kohta.

Nende suuruste vahelist seost väljendatakse alljärgneva valemiga:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad (5)$$

Kandva lae ekvivalentse arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksi saab määrata pinnaühiku massi järgi. Massiivlae pinnaühikule arvestatud massina tuleb kasutada lae massi, millele on liidetud kõik põrandatasanduskihid või tasanduskihid eralduskihil ja võimalik krohv. Ujuvpõranda massi pinnaühiku kohta ei tohi kasutada.

Seda mõju võetakse arvesse arvutusliku löögimüra vähenemisena ΔL_w .

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \lg \left(\frac{m'}{1 \text{ kg/m}^2} \right) \quad (6)$$

Parandustegur oleneb sellest, kas massiivlagi ehitatakse ripplaega või ilma ripplaeta.

Ilma **ripplaeta** massiivlagede korral ja tingimusel, et massiivlagi on raskem või sama massiga kui seinte keskmine mass pinnaühiku kohta, on parandustegur:

$$K = 0,6 + 5,5 \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \quad (7)$$

kus:

m'_s = Massiivlae mass pinnaühiku kohta, kg/m²

$m'_{f,m}$ = Massiivsete seinte keskmine mass pinnaühiku kohta, kg/m²

Kui massiivsete seinte keskmine mass pinnaühiku kohta on suurem kui massiivlae mass pinnaühiku kohta, kehtib:

$$K = 0 \quad (8)$$

Ripplaega massiivlagedel kehtib parandustegur K:

$$K = -5,3 + 10,2 \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \quad (9)$$

Kui vaadeldavad ruumid on üksteise suhtes nihutatud, asendatakse parandustegur K parandusteguriga, mis võtab arvesse ruumipaigutust K_T . Sellest tuleneb alljärgnev seos:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T \quad (10)$$

Tabel. BT. 1: Parandustegur K_T arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksi $L'_{n,w}$ määramiseks standardse löögimüra masina ja vastuvõturuumi (ER) erinevate ruumiliste paigutuste jaoks standardi DIN 4109-2:2018-01 tabeli 2 kohaselt

Vastuvõturuumide (ER) paigutus	K_T dB	Rida
Mürale allutatud lae kõrval või selle lae all asuv ruum	+5 ¹⁾	1
Nagu rida 1, kuid järgmised ruumid	+10 ¹⁾	2
Mürale allutatud lae kohal (kandeseintega hoonel)	+10 ²⁾	3
Mürale allutatud lae kohal (karkasshoonel)	+20	4
Kahe õhkvahega kandva seina taga asuvad ruumid	+15	5

1) Eeldus. Liitekohtade piisava isolatsiooni tagamiseks peavad mürale allutatud lae ja vastuvõturuumi vahelised seinad olema jäigalt ühendatud ning nende mass pinnaühiku kohta olema 150 kg/m².

2) Selline parandustegur on otstarbekohane ka põrandaplaatide korral.

Standardne löögimüra masin standardile DIN EN ISO 10140-05:2014-09 lisa E vastav.

Ujuvpõrandate löögimüra paranemise ΔL_w määramisel eristatakse ujuvaid tsement-, kaltsiumsulfaat-, kaltsiumsulfaatvalu-, magneesium- ja kunstvaik-põrandaid massiga pinnaühiku kohta $60 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 160 \text{ kg/m}^2$ löögimüra plaadil dünaamilise jäikusega $6 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$ ja ujuvaid valuasfaldist või valmiselementidest ujuvpõrandaid.

Ujuvalt paigaldatud tsement-, kaltsiumsulfaat-, kaltsiumsulfaatvalu-, magneesium- ja kunstvaik-põrandate puhul kehtib:

$$\Delta L_w = 13 \lg \left(\frac{m'}{\text{kg/m}^2} \right) - 14,2 \lg \left(\frac{s'}{\text{MN/m}^3} \right) + 20,8 \quad (11)$$

kus:

m' = Põranda ujuvtasanduskihi mass pinnaühiku kohta, kg/m^2

s' = Löögimüra plaadi dünaamiline jäikus, MN/m^3

Valmispõrandaelementide kasutamisega seotud parandusteguri arvutamine kehtib elementidele, mille mass on:

$15 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 40 \text{ kg/m}^2$ ja löögimüra plaat dünaamilise jäikusega $15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 40 \text{ MN/m}^3$.

Valuasfaltujuvpõrandale kehtib, kui selle mass on $58 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 87 \text{ kg/m}^2$ ja löögimüra plaat dünaamilise jäikusega $15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$.

Ujuvalt paigaldatud valmiselementidest ja valuasfaldist põrandate heliisolatsiooni paranemine määratakse valemiga:

$$\Delta L_w = \left(-0,21 \frac{m'}{\text{kg/m}^2} - 5,45 \right) \lg \frac{s'}{\text{MN/m}^3} + 0,46 \frac{m'}{\text{kg/m}^2} + 23,8 \quad (12)$$

kus:

m' = Valmiselementide ja valuasfaldi mass pinnaühiku kohta, kg/m^2

s' = Löögimüraplaadi dünaamiline jäikus, MN/m^3

Üksteise peal paiknevate löögimüra isolatsiooniplaatide kasutamisel väheneb tarindi dünaamiline jäikus. Mõlema löögimüraplaadi tulemusena tekkiva dünaamilise jäikuse s'_{tot} saab arvutada järgmiselt.

$$s'_{\text{tot}} = \left(\frac{1}{\frac{1}{s'_1} + \frac{1}{s'_2}} \right) \quad (13)$$

kus:

s'_1 = Esimese löögimüraplaadi dünaamiline jäikus, MN/m^3

s'_2 = Teise löögimüraplaadi dünaamiline jäikus, MN/m^3

Arvutuslike parandusmeetmete alternatiivina võib kasutada mõõdetud parandusmeetmeid.

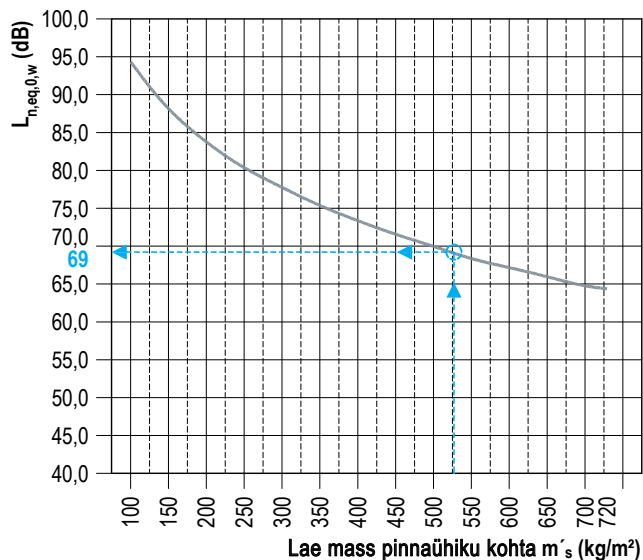
See meetod ei paku veel võimalust ripplagede abil saavutatava löögimüra isolatsiooni paranemise arvutamiseks.

Sellistel juhtudel on abi mõõdetud süsteemide kasutamisest.

Tabeli- ja diagrammimeetod

1. Lisakihtideta lae ekvivalentse arvutusliku taandatud löögmürataseme indeksi $L_{n,eq,0,w}$ määramine

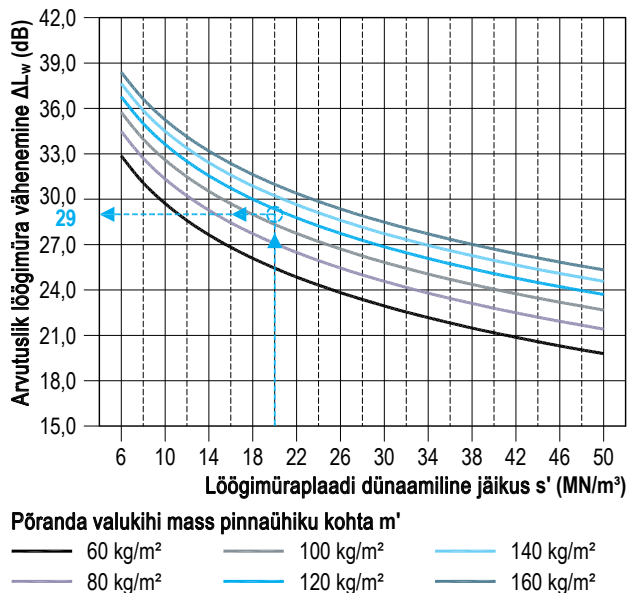
Joonis. BT. 1: Lisakihtideta lae ekvivalentse arvutusliku taandatud löögmürataseme indeksi $L_{n,eq,0,w}$ määramine



2. Arvutuslik löögmüra vähenemine ΔL_w (dB) ujuvate põrandavalukihtide kaudu

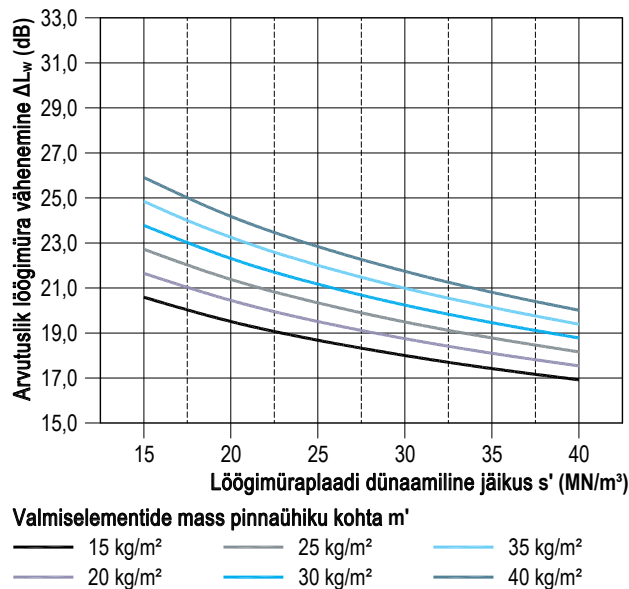
2.1. Ujuvalt paigaldatud tsementvalupõrand (kaltsiumsulfaat-, magneesium- ja kunstvaik-põrand)

Joonis. BT. 2: Ujuvate tsementvalupõrandate kaudu saavutatava arvutusliku löögmüra vähenemise määramine



2.2. Valmiselementidest ujuvpõrandad, nt Brio, kipskiudplaadid

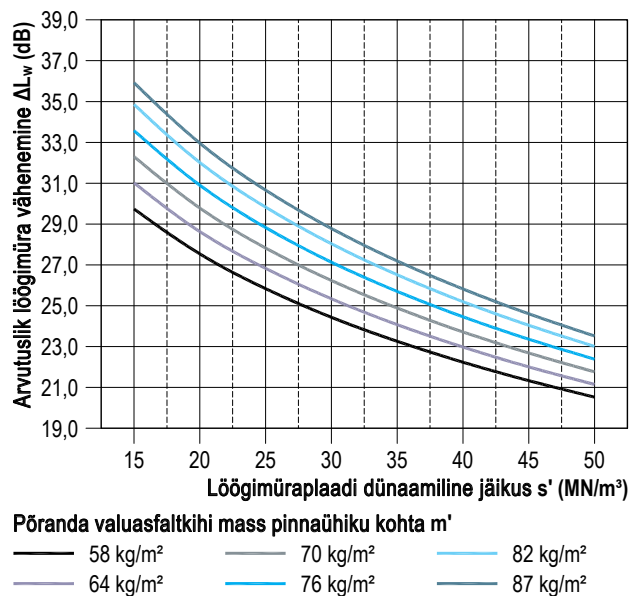
Joonis. BT. 3: Valmiselementidest ujuvpõrandate kaudu saavutatava arvutusliku löögmüra vähenemise määramine



Alternatiivselt võib kasutusele võtta süsteemi kontrollimistest pärit mõõteväärtusi.

2.3. Valuasfaldist ujuvpõrand

Joonis. BT. 4: Valuasfaldist põranda kaudu saavutatava arvutusliku löögmüra vähenemise määramine



3. Parandustegurite K määramine lae kaudu ülekandumise arvessevõtmiseks

Tabel. BT. 2: Parandustegurite K määramine ripplaega / ilma ripplaeta vahelae kaudu ülekandumise arvessevõtmiseks standardi DIN 4109-2:2018-01 kohaselt

Külgnevate tarindite keskmine mass pinnaühiku kohta $m'_{f,m}$	Ilma valupõrandata lae mass pinnaühiku kohta m'_s (kg/m²)													Rida
	100	200	250	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	
3.1. Ilma ripplaeta lagi														
100 kg/m²	0,6 dB	2,3 dB	2,8 dB	3,2 dB	3,6 dB	3,9 dB	4,2 dB	4,4 dB	4,7 dB	4,9 dB	5,2 dB	5,6 dB	5,8 dB	1
150 kg/m²	0,0 dB	1,3 dB	1,8 dB	2,3 dB	2,6 dB	2,9 dB	3,2 dB	3,5 dB	3,7 dB	3,9 dB	4,3 dB	4,6 dB	4,9 dB	2
200 kg/m²	0,0 dB	0,6 dB	1,1 dB	1,6 dB	1,9 dB	2,3 dB	2,5 dB	2,8 dB	3,0 dB	3,2 dB	3,6 dB	3,9 dB	4,2 dB	3
250 kg/m²	0,0 dB	0,1 dB	0,6 dB	1,0 dB	1,4 dB	1,7 dB	2,0 dB	2,3 dB	2,5 dB	2,7 dB	3,1 dB	3,4 dB	3,7 dB	4
300 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,2 dB	0,6 dB	1,0 dB	1,3 dB	1,6 dB	1,8 dB	2,0 dB	2,3 dB	2,6 dB	2,9 dB	3,2 dB	5
350 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,2 dB	0,6 dB	0,9 dB	1,2 dB	1,5 dB	1,7 dB	1,9 dB	2,3 dB	2,6 dB	2,9 dB	6
400 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,3 dB	0,6 dB	0,9 dB	1,1 dB	1,4 dB	1,6 dB	1,9 dB	2,3 dB	2,5 dB	7
450 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,3 dB	0,6 dB	0,9 dB	1,1 dB	1,3 dB	1,7 dB	2,0 dB	2,3 dB	8
600 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,1 dB	0,3 dB	0,6 dB	0,8 dB	1,0 dB	1,4 dB	1,7 dB	2,0 dB	9
3.2. Ripplaega lagi														
100 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,2 dB	0,8 dB	1,4 dB	1,8 dB	2,3 dB	2,6 dB	3,3 dB	3,9 dB	4,4 dB	10
150 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,5 dB	0,8 dB	1,5 dB	2,1 dB	2,6 dB	11
200 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,2 dB	0,8 dB	1,4 dB	12
250 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,4 dB	13
300 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	14
350 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	15
400 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	16
450 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	17
600 kg/m²	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	0,0 dB	18

4. Arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \quad (14)$$

5. Kontrollarvutuse tegemine

Nõuded on täidetud, kui järgitakse alljärgnevat tingimust:

$$L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{lub. } L'_{n,w} \quad (15)$$

kus:

lub. $L'_{n,w}$ = Nõue laekonstruktsioonile tarindi paigaldatud olekus

u_{prog} = Prognoosi määramatus. Lael paušaalselt 3 dB

Diagrammi- ja tabelimeetodi arvutusnäide

Konstruktsioon

- 220 mm raudbetoonlagi, mahukaal 2400 kg/m³, mass pinnaühiku kohta $m' = 0,22 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2$
- 55 mm Knaufi valupõrand FE massiga pinnaühiku kohta $m' \approx 110 \text{ kg/m}^2$ sammumüra isolatsiooniplaadil TPE 40-2 dünaamilise jäikusega $s' \leq 20 \text{ MN/m}^2$
- Kipsplaatkattega ripplagi
- Ümbritsevad massiivkonstruktsiooniga seinad
 - Kaks välisseina 240 mm müüritisega, mahukaal 1800 kg/m³, 10 mm si-sekrohv massiga pinnaühiku kohta $m' = 0,24 \text{ m} \cdot 1800 \text{ kg/m}^3 + 10 \text{ kg/m}^2 \text{ krohv} = 442 \text{ kg/m}^2$
 - Kaks siseseina 175 mm tellismüüritisega, mahukaal 1400 kg/m³, mõlemal küljel 10 mm sisekrohv, mass pinnaühiku kohta $m' = 0,175 \text{ m} \cdot 1400 \text{ kg/m}^3 + 20 \text{ kg/m}^2 \text{ krohv} = 265 \text{ kg/m}^2$
 - Seinte keskmine mass pinnaühiku kohta $m'_{keskm} = (2 \cdot 442 \text{ kg/m}^2 + 2 \cdot 265) / 4 = 353,5 \text{ kg/m}^2$

1. Ekvivalentse arvutusliku taandatud löögimürataseme indeksi $L_{n,eq,0,w}$ määramine joonise BT. 1 kohaselt
 $L_{n,eq,0,w} \approx 69 \text{ dB}$
2. Ujuvate tsementmört-valukihtide kaudu saavutatava arvutusliku löögimüra vähenemise määramine joonise BT. 2 kohaselt
 $\Delta L_w \approx 29 \text{ dB}$
3. Parandustegur K lae kaudu müra edasikandumise arvessevõtmiseks tabeli BT. 2 kohaselt
 $K = 0 \text{ dB}$
4. (14) $L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K$
 $L'_{n,w} = 69 \text{ dB} - 29 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$

Kontrollarvutuse tegemine

Nõue laele tarindi paigaldatud olekus

- Miinimumnõue massiivlagedele standardi DIN 4109-1:2018 kohaselt:
lub. $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$
- Rangem nõue standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt
lub. $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$

Võrdlus miinimumnõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

$$40 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 50 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Võrdlus rangema nõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

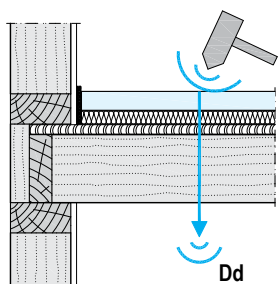
$$40 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 46 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Taandatud löögimürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus puidust ehitiste korral

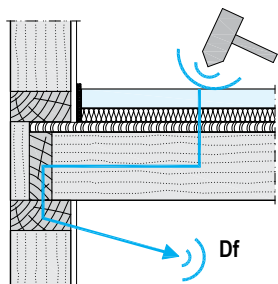
Puitehitiste korral tuleb löögimüra edasikandumisel standardi DIN 4109-2:2018 kohaselt arvestada kolme heli edasikandumise teega.

- Müra otsene edasikandumine vahelae kaudu (heli edasikandumise tee Dd). Tunnussuurus on lae taandatud löögimürataseme indeks $L'_{n,w}$. Selle väärtused saab võtta vihikust SS05.de.
- Löögimüra edasikandumine kandva laekonstruktsiooni ja selle all paikneva seina kaudu (heli edasikandumise tee Df). Tunnussuurus on parandustegur K_1 .
- Löögimüra edasikandumine põranda tasanduskihi servaliitekoha ja selle all paikneva seina kaudu (heli edasikandumise tee DFf). Tunnussuurus on parandustegur K_2 .

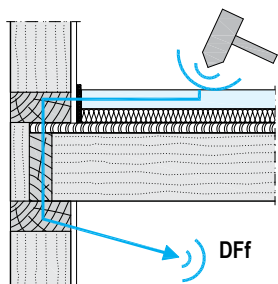
Joonis. BT. 5: Löögimüra otsene edasikandumine läbi lae



Joonis. BT. 6: Heli edasikandumine läbi laekonstruktsiooni



Joonis. BT. 7: Heli edasikandumine läbi põranda servaliitekoha



Kui kasutate seda meetodit taandatud löögimürataseme indeksi $L'_{n,w}$ määramiseks, tuleb tarindite kaudu edasikandumist arvestades märkida, et arvesse ei tohi võtta selliseid lahutamismetmeid nagu seinte voodrikihid või elastomeersed kihid üksikute tarindite kaudu edasikandumise teede all. See toob kaasa asjaolu, et parandustegur K_1 eeldab ripplae kahekordse plaatkatte korral oluliselt suuremaid väärtusi kui ühekordne plaatkate, sest seinte kaudu on heli edasikandumine domineerivam ning lisandväärtuse saamine puitlagede täiendamisel teise plaadikihiga ja lahutamismetmed tarindite kaudu edasikandumise teedel õnnestuvad vaid mõõdukalt. Seda lünka on kavas lisauuringutega täita.

Seega on olemasolev prognoosimismeetod lihtne tööriist taandatud löögimürataseme indeksi $L'_{n,w}$ kiireks hindamiseks. Siiski ei saa veel arvesse võtta muudatusi, mis vähendavad heli edasikandumist tarindite kaudu. See võib kaasa tuua laekonstruktsiooni üledimensioneerimise, kui vastavustõendamine tehakse selle meetodi kohaselt.

Arvutus

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2 \quad (16)$$

kus:

$L'_{n,w}$ = Arvutuslik taandatud löögimürataseme indeks tarindite paigaldatud olekus, võttes arvesse heli edasikandumist tarindite kaudu

$L_{n,w}$ = Lae arvutuslik taandatud löögimürataseme indeks

K_1 = Parandustegur, et võtta arvesse heli edasikandumist tee Df kaudu

K_2 = Parandustegur, et võtta arvesse heli edasikandumist tee DFf kaudu

Kontrollarvutuse tegemine

$$L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w} \quad (15)$$

kus:

$\text{lub. } L'_{n,w}$ = Nõue laekonstruktsioonile tarindi paigaldatud olekus

u_{prog} = Prognoosi määramatus. Lael paušaalselt 3 dB

Tabel. BT. 3: Parandustegur K_1 , et võtta arvesse löögmüra edasikandumist teel Df standardi DIN 4109-2:2018-01 kohaselt

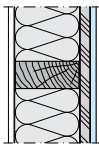
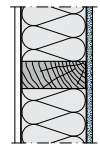
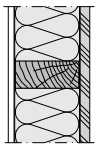

Seina konstruktsioon vastuvõturuumis ER	Rippplae konstruktsioon					Rida
Seina konstruktsioon 1	$K_1 = 6 \text{ dB}$	$K_1 = 3 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$			1
Seina konstruktsioon 2	$K_1 = 7 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$	$K_1 = 1 \text{ dB}$			2
Seina konstruktsioon 3	$K_1 = 9 \text{ dB}$	$K_1 = 5 \text{ dB}$	$K_1 = 4 \text{ dB}$			3
Seina konstruktsioon 4						4

1) 13 kuni 22 mm puitplaat, mahukaal $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$, mehaaniliselt liidetud

Tabel. BT. 4: Parandustegur K_2 löögmüra edasikandumise arvessevõtmiseks teel Df standardi DIN 4109-2:2018-01 kohaselt

Seina konstruktsioon vastuvõturuumis ER	Põranda konstruktsioon	Löögmüra edasikandumine teel Dd + DF																						L _{n,DFf,w}	Rida
		L _{n,w} + K ₁ dB																							
		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	> 55	dB	
Seina konstruktsioon 1	A	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	44	1	
või	B	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	40	2	
Seina konstruktsioon 2	C	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	38	3	
Seina konstruktsioon 3	A	11	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	46	4
või	B	10	10	9	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	45	5
Seina konstruktsioon 4	C	8	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	42	6

Tabel. BT. 5: Selgitused tabelitele BT. 3 ja 4 standardi DIN 4109-2:2018-01 kohaselt

Selgitused					
Seina konstruktsioon vastuvõturuumis ER					
1		<ul style="list-style-type: none">■ 13 kuni 22 mm puitlaastplaat, mahukaal $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$, mehaaniliselt liidetud■ 9,5 kuni 12,5 mm kipsplaat mahukaaluga $\geq 680 \text{ kg/m}^3$	2		<ul style="list-style-type: none">■ 12,5 kuni 15 mm kipskiudplaat standardi DIN EN 15283-2 kohane, mahukaal $\rho \geq 1100 \text{ kg/m}^3$, mehaaniliselt liidetud
3		<ul style="list-style-type: none">■ 13 kuni 22 mm puitlaastplaat, mahukaal $\rho \geq 650 \text{ kg/m}^3$, mehaaniliselt liidetud	4		<ul style="list-style-type: none">■ Täispuitelemendid või 80 kuni 100 mm puitplaadid $m' \geq 50 \text{ g/m}^2$
Põranda konstruktsioon					
A	Mineraalne tasanduskiht pehmest puitkiust löögmüra isolatsiooniplaatidel, servaisolatsiooni ribad: mineraalvillast või PE-vahust $> 5 \text{ mm}$				
	Valuasfalt-tasanduskiht pehmest puitkiust löögmüra isolatsiooniplaatidel, servaisolatsiooni ribad: mineraalvillast $> 5 \text{ mm}$				
B	Mineraalne tasanduskiht mineraalvillast või EPS-ist löögmüra isolatsiooniplaatidel, servaisolatsiooni ribad: mineraalvillast või PE-vahust $> 5 \text{ mm}$				
	Valuasfalt-tasanduskiht vahtperliidil/mineraalvillal, servaisolatsiooni ribad: mineraalvillast $> 5 \text{ mm}$				
C	Valmiselementidest põrand mineraalvilla-, EPS- või puitkiust löögmüra isolatsiooniplaatidel, servaisolatsiooni ribad: mineraalvillast või PE-vahust $> 5 \text{ mm}$				

Kontrollarvutuse tegemine

Nõuded lagedele tarindi paigaldatud olekus

- Standardile DIN 4109-1:2018 vastav miinimumnõue puitlagedele

$$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$$

Märkus:

miinimumnõue 53 dB standardi DIN 4109-33:2016-07 kohases tarindite kataloogis klassifitseeritud lagede kohta (puit-, kerg- ja kipsplaatkonstruktsiooniga laed) kehtib tõenäoliselt ainult kuni standardi DIN 4109 järgmise redaktsioonini, tõenäoliselt kuni 2021. aastani. Seejärel võrdsustatakse miinimumnõue massiivehitusele kehtestatud nõudega ja võrdub väärtusega $L'_{n,w} = 50 \text{ dB}$.

- Rangem nõue standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt

$$L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$$

Nõue on täidetud, kui järgitakse alljärgnevat tingimust:

$$L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w} \quad (15)$$

kus:

lub. $L'_{n,w}$ = Nõue laekonstruktsioonile tarindi paigaldatud olekus

u_{prog} = Prognoosi määramatus. Lael paušaalselt 3 dB

Arvutusnäide

Konstruktsioon

- Puitvahelagi

- Põranda konstruktsioon, 35 mm Knauf FE50
15 mm paksusel lõõgimüra isolatsiooniplaadil TP 15-5 koos koormus-
jaotusplaadiga
- Puittala 80 × 240 mm
- Mineraalvill 120 mm laeõõnesruumis
- Ripplagi, 2 × 18 mm GKF U-ripitiga puitlatil

Lae arvutuslik taandatud lõõgimürataseme indeks $L_{n,w} = 40,6 \text{ dB}$

- Seinad ümberringi puitkarkassiga koos 13 mm puitlaastplaadiga
+ 12,5 mm kipsplaat sisevoodriks.

- Väärtuse K_1 määramine tabelimeetodil tabeli BT. 3 kohaselt
 $K_1 = 6 \text{ dB}$
- Lae taandatud lõõgimürataseme indeks + K_1
 $40,6 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 46,6 \text{ dB}$
- Väärtus ümardatakse täisdetsibellideks ja loetakse tabelist BT. 4.
 $K_2 = 1 \text{ dB}$
- (16)** $L'_{n,w} = L_{n,w} + K_1 + K_2$
 $L'_{n,w} = 40,6 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 47,6 \text{ dB}$

Kontrollarvutuse tegemine

Võrdlus miinimumnõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

$$47,6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 53 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Võrdlus rangema nõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

$$47,6 \text{ dB} + 3 \text{ dB} \leq 46 \text{ dB} \text{ täidetud}$$

Puitlagede taandatud löögmürataseme indeksi määramine tarindite paigaldatud olekus massiivsete seinte korral

Puitvahelagete löögmüra isolatsiooni prognoositavate väärtuste määramiseks tarindite paigaldatud olekus $L'_{n,w}$ tuleb peale lae arvutusliku taandatud löögmürataseme indeksi kasutada ka parandustegurit, et võtta arvesse löögmüra edasikandumist külgmiste tarindite, st massiivseinte kaudu.

Parandussumma K_L oleneb seejuures kahest tegurist:

- Lae arvutuslik taandatud löögmürataseme indeks
- Massiivseinte keskmine mass pinnaühiku kohta

Kui seinad on kaetud elastsete voodriktidega, ei pea neid parandussummas arvesse võtma.

Knaufi kontrollimeetodi korral on prognoosi usaldusväärsuse suurendamiseks soovitatav kasutada prognoosimääramatust 4 dB.

Sellest tuleneb alljärgnev seos:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K_L \quad (17)$$

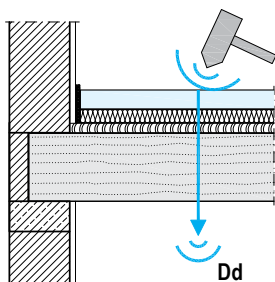
kus:

$L'_{n,w}$ = Arvutuslik taandatud löögmürataseme indeks tarindite paigaldatud olekus, võttes arvesse heli edasikandumist külgmiste tarindite kaudu

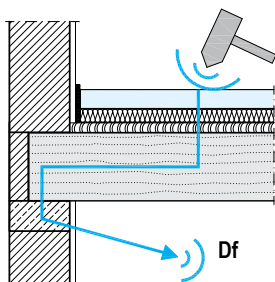
$L_{n,w}$ = Lae arvutuslik taandatud löögmürataseme indeks

K_L = Parandustegur, et võtta arvesse heli edasikandumist massiivsete seinte kaudu

Joonis. BT. 8: Löögmüra otsene kandumine läbi lae



Joonis. BT. 9: Löögmüra edasikandumine massiivseinte kaudu



Tabel. BT. 6: Külgsuunalise ülekande parandustegurid K_L

Olemasolev taandatud löögmürataseme indeks $L_{n,w}$	Parandussumma K_L seintel keskmise massiga pinnaühiku kohta			Rida
	$\geq 150 \text{ kg/m}^2$	$\geq 300 \text{ kg/m}^2$	$\geq 500 \text{ kg/m}^2$	
$\leq 55 \text{ dB}$	1 dB	1 dB	0 dB	1
$\leq 50 \text{ dB}$	2 dB	2 dB	0 dB	2
$\leq 45 \text{ dB}$	5 dB	2 dB	1 dB	3
$\leq 40 \text{ dB}$	7 dB	3 dB	2 dB	4
$\leq 35 \text{ dB}$	10 dB	5 dB	2 dB	5

Kontrollarvutuste tegemine

Nõue lae paigaldatud olekus

- Standardile DIN 4109-1:2018 vastav miinimumnõue puitlagedele $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$

Märkus:

miinimumnõue 53 dB standardi DIN 4109-33:2016-07 kohases tarindite kataloogis klassifitseeritud lagede kohta (puit-, kerg- ja kipsplaatkonstruktsiooniga laed) kehtib tõenäoliselt ainult kuni standardi DIN 4109 järgmise redaktsioonini, tõenäoliselt kuni 2021. aastani. Seejärel võrdsustatakse miinimumnõue massiivehitusele kehtestatud nõuetega ja võrdub väärtusega $L'_{n,w} = 50 \text{ dB}$.

- Rangem nõue standardi DIN 4109:1989 lisa 2 kohaselt $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$

Nõue on täidetud, kui järgitakse alljärgnevat tingimust:

$$L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w} \quad (15)$$

kus:

lub. $L'_{n,w}$ = Nõue laekonstruktsioonile tarindi paigaldatud olekus

u_{prog} = Prognoosimääramatus.

Sellele Knaufi kontrollimeetodile kehtib paušaalne määramatus 4 dB

Arvutusnäide

Konstruktsioon

- Puitlagi
 - Põranda konstruktsioon, valmiselementidest Brio 18 WF
 - Ripplagi, isekandev D131.de 2 x 12,5 mm Diamant 60 mm mineraalvillakihiga

Lae arvutuslik taandatud löögmürataseme indeks $L_{n,w} = 38 \text{ dB}$

- Ümbritsevad massiivkonstruktsiooniga seinad
Keskmine mass pinnaühiku kohta $m' = 300 \text{ kg/m}^2$

- Lae arvutuslik taandatud löögmürataseme indeks $L_{n,w} = 38 \text{ dB}$
- Parandussumma K_L $L_{n,w} = 38 \text{ dB}$ ja $m'_{\text{massiivseinad}} = 300 \text{ kg/m}^2$
 $K_L = 3 \text{ dB}$ (tabeli BT. 6 kohaselt)
- (17) $L'_{n,w} = L_{n,w} + K_L$
 $L'_{n,w} = 38 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$

Kontrollarvutus

Võrdlus miinimumnõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

41 dB + 4 dB \leq 53 dB täidetud

Võrdlus rangema nõudega

$$(15) L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{lub. } L'_{n,w}$$

45 dB \leq 46 dB täidetud

Arvutusmeetod

Massiivsete, ühekihiliste tarindite õhuheliisolatsiooniindeksi oleneb peamiselt konstruktsiooni massist. Mida raskem on konstruktsioon, seda suurem on heliisolatsiooniindeks.

Heliisolatsiooniindeksi arvutamiseks tuleb kindlaks määrata mass pinnaühiku kohta m' (vastab 1 m² pinna massile).

Müürimördita homogeensete plaadikujuliste konstruktsioonide mass pinnaühiku kohta määratakse konstruktsiooni paksuse d ja mahukaalu ρ järgi.

$$m' = d \cdot \rho \quad (18)$$

kus:

m' = Mass pinnaühiku kohta, kg/m²

d = Massiivse ühekihilise konstruktsiooni paksus, m

ρ = Mahukaal, kg/m³

Mörtvuukidega müüritise korral määratakse mahukaal massi arvutamiseks pinnaühiku kohta olenevalt mördi tüübist.

Konstruktsiooni mahukaalu määramine

Tabel. EL. 1: Konstruktsiooni mahukaal olenevalt mördi tüübist ja mahukaalu klassist (MKK)

Tavamördiga müüritis	Rida
$\rho_w = 900 \cdot MK + 100$ (0,35 ≤ MKK ≤ 2,2)	1
Kergmördiga müüritis	
$\rho_w = 900 \cdot MKK + 50$ (0,35 ≤ MKK ≤ 1,0)	2
Õhukesekihilise mördiga müüritis	
$\rho_w = 1000 \cdot MKK - 100$ (MKK > 1,0)	3
$\rho_w = 1000 \cdot MKK - 50$ (MKK klassi laius 100 kg/m ³ ja MKK ≤ 1,0)	4
$\rho_w = 1000 \cdot MKK - 25$ (MKK klassi laius 50 kg/m ³ ja MKK ≤ 1,0)	5

Täitekidest, raketisekidest ja muudest seinakonstruktsioonidest valmistatud müüritise mahukaalu andmeid saab asjakohaselt tootjalt.

kus:

MKK = Mahukaalu klass

Tabel. EL. 2: Levinumate ehitusmaterjalide mahukaalud

Ehitusmaterjalid	Mahukaal, kg/m ³	Rida
Sarrustamata tavabeton	2350	1
Raudbetoon	2400	2
Kergbetoon	800–2000	3
Tellised	500–2400	4
Silikaattellis	1200–2400	5
Poorbetoon	200–800	6

Peale seina massi pinnaühiku kohta (mördiga või ilma mördita) tuleb arvesse võtta ka krohvi massi pinnaühiku kohta.

$$m'_{ges.} = m'_{sein} + m'_{krohv} \quad (19)$$

kus:

$m'_{ges.}$ = Põhikonstruktsiooni ja krohvi mass pinnaühiku kohta, kg/m²

m'_{sein} = Põhikonstruktsiooni mass pinnaühiku kohta, kg/m²

m'_{krohv} = Krohvi mass pinnaühiku kohta, kg/m² (ühel pool / mõlemal pool)

Krohvide mass pinnaühiku kohta määratakse konkreetse krohvi mahukaalu ja krohvi paksuse järgi.

$$m'_{krohv} = d_{krohv} \cdot \rho_{krohv} \quad (20)$$

kus:

d_{krohv} = Krohvi kihi nimipaksus, m

ρ_{krohv} = Krohvi kihi mahukaal, kg/m³

Tabel. EL. 3: Valitud krohvide mahukaalud

Krohv	Mahukaal	Rida
Kipskrohv ja õhukesekihiline krohv	1000 kg/m ³	1
Lubi- ja lubitsemmentkrohv	1600 kg/m ³	2
Kergkrohv	900 kg/m ³	3
Soojusisolatsioonikrohv	250 kg/m ³	4

Massiivsete, ühekihiliste konstruktsioonide õhumüra isolatsiooni indeksi arvutamisel eristatakse erinevaid aluseina materjale.

Arvutuslik heliisolatsiooniindeks R_w betoonist, betoonkivist, silikaattelistest, müüritelistest ja täitekidest konstruktsioonidele arvutatakse järgmiselt:

$$R_w = 30,9 \lg \left(\frac{m'_{ges.}}{m'_0} \right) - 22,2 \quad (21)$$

kus:

$m'_{ges.}$ = Põhikonstruktsiooni, sealhulgas krohvi mass pinnaühiku kohta 65 kg/m² ≤ $m'_{ges.}$ ≤ 720 kg/m²

m'_0 = Baassuurus $m'_0 = 1$ kg/m²

Kergbetoonist konstruktsioonidele arvutatakse heliisolatsiooniindeks R_w :

$$R_w = 30,9 \lg \left(\frac{m'_{ges.}}{m'_0} \right) - 20,2 \quad (22)$$

kus:

$m'_{ges.}$ = Põhikonstruktsiooni, sealhulgas krohvi mass pinnaühiku kohta 140 kg/m² ≤ $m'_{ges.}$ ≤ 482 kg/m²

m'_0 = Baassuurus $m'_0 = 1$ kg/m²

Poorbetoonist konstruktsioonide kasutamisel tuleb eristada ka pinnaühikule arvestatava massi kaht vahemikku.

$$R_w = 32,6 \lg \left(\frac{m'_{ges.}}{m'_0} \right) - 22,5 \quad (23)$$

$$50 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{ges.} < 150 \text{ kg/m}^2$$

ja

$$R_w = 21,6 \lg \left(\frac{m'_{ges.}}{m'_0} \right) - 8,4 \quad (24)$$

$$150 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{ges.} \leq 300 \text{ kg/m}^2$$

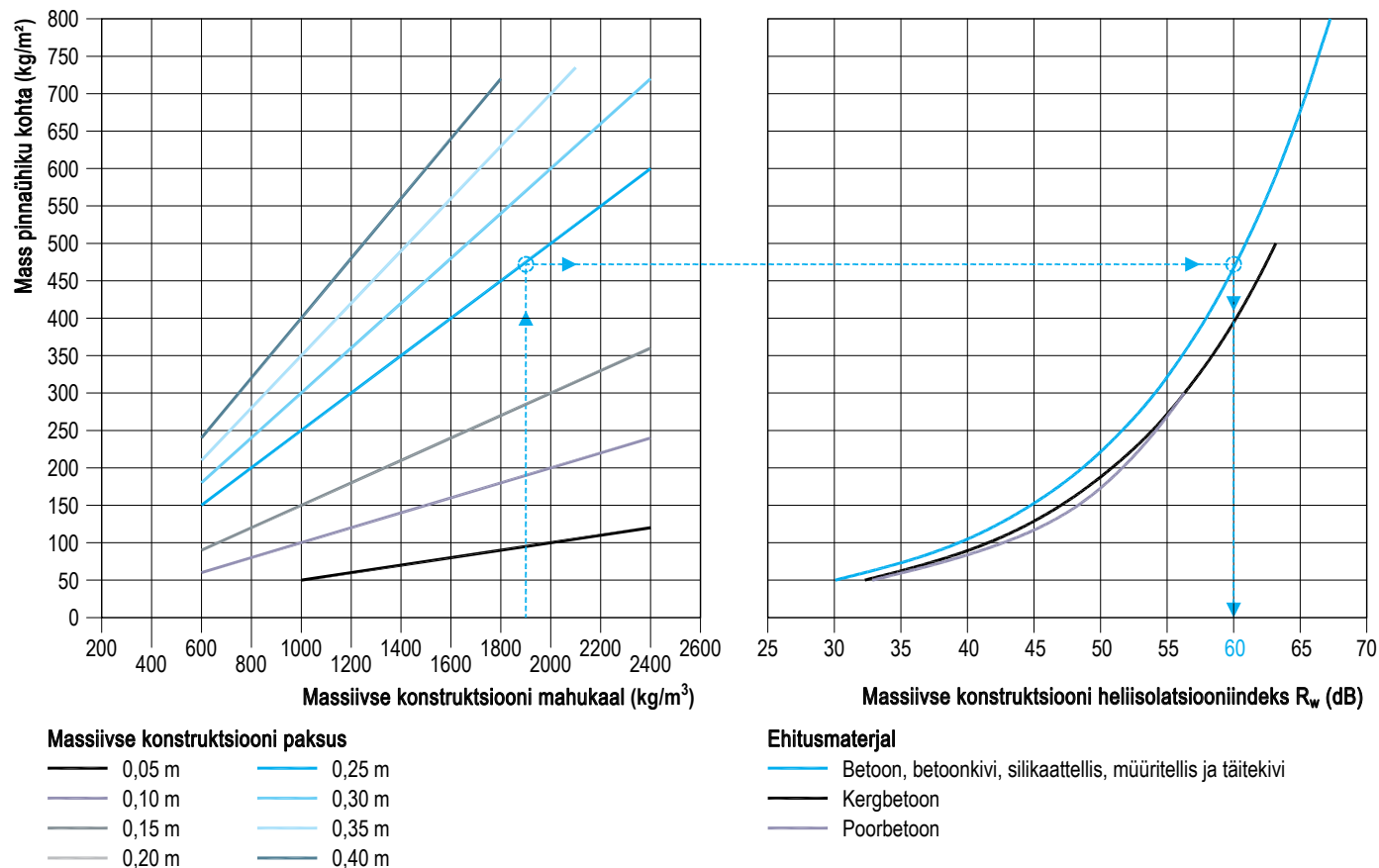
kus:

m'_0 = Baassuurus $m'_0 = 1$ kg/m²

Diagrammimeetod

Standardite DIN 4109-2:2018 ja DIN 4109-32:2016 kohase arvutusmeetodi alusel töötati välja alljärgnev diagrammimeetod, et oleks võimalik kindlaks määrata massiivsete konstruktsioonide (sh lagede) heliisolatsiooniindeks. Krohvikihide massi ei võeta arvesse, mis tähendab, et hinnangus on kindluse mõttes oodatavat heliisolatsiooniindeksit veidi alahinnatud.

Joonis. EL. 1: Diagrammimeetod massiivsete konstruktsioonide (ka lagede) heliisolatsiooniindeksi määramiseks standardi DIN 4109-2:2018 kohaselt



Arvutusnäide:

Õhukesekihilisel mördil silikaatkivi-vahesein

■ Seina mahukaalu klass 2,0

Seina mahukaal

■ $\rho_w = 1000 \cdot 2,0 - 100 = 1900 \text{ kg/m}^3$ (tabeli EL 1 kohaselt)

Diagrammi abil määrati massiivse seina heliisolatsiooniindeks $R_w = 60 \text{ dB}$

Standardi DIN 4109 osa 34 kohaselt

Teostusviisid

Standardi DIN 4109-34:2016 kohaselt eristatakse kaht teostusviisi.

- Vooderkonstruktsioonid, mis on isolatsioonikihi kaudu otse põhitarindiga ühendatud, nt:
 - Ujuvpõrandad isolatsioonikihil
 - Plaatmaterjalist ja isolatsioonikihist koosnevad liitelemendid



- Vooderkatted, mis on kinnitatud või elastselt põhiseinaga ühendatud. Heliisolatsiooni katkestuse vähendamiseks resonantsi tõttu tuleb põhiseina ja vooderkatte vaheline pikisuunaline õõnsus vähemalt 70% ulatuses täita sobiva isolatsioonimaterjaliga, mille õhuvoolu takistus r on $5 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2 \leq r \leq 50 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$.

Sellekohane näide on esitatud dokumendis: W623.ee



Arvutusmeetod

Isolatsiooni paranemine vooderkonstruktsioonide kaudu oleneb põhitarindi massist pinnaühiku kohta m'_1 , voodrikihi massist pinnaühiku kohta m'_2 ja vooderkonstruktsioonide korral, mis on vahetult ühendatud põhitarindiga, isolatsioonimaterjali dünaamilisest jäikusest s' või vooderkonstruktsioonide korral, mis on eraldiseisvad või põhitarindist elastselt lahutatud, õõnsuse sügavusest d .

Nende parameetrite abil saab arvutada süsteemi resonantssageduse f_0 , mis on isolatsiooni parandamisel määrav.

1. Resonantssageduse arvutamine vooderkonstruktsioonidele, mis on otse põhitarindiga ühendatud

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz} \quad (25)$$

Näide:

- 200 mm raudbetoonlagi mahukaaluga $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
 $m'_1 = 0,20 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$
- 60 mm põranda kaltsiumsulfaat-ujuvtasanduskiht FE 50 mahukaaluga $\rho \approx 2000 \text{ kg/m}^3$
 $m'_2 = 0,06 \text{ m} \cdot 2000 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ kg/m}^2$
- Löögimüra isolatsiooniplaat Knauf Insulation TPT 01 30-5, $s' \leq 8 \text{ MN/m}^3$

$$f_0 = 160 \sqrt{8 \text{ MN/m}^3 \left(\frac{1}{480 \text{ kg/m}^2} + \frac{1}{120 \text{ kg/m}^2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 46 \text{ Hz}$$

2. Resonantssageduse arvutamine vooderkonstruktsioonidele, mis on ühendamata või elastselt põhitarindiga ühendatud

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz} \quad (26)$$

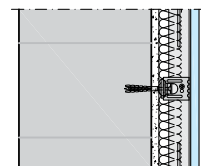
Näide:

- 175 mm tellismüüritis mahukaaluga $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$
 $m'_1 = 0,175 \text{ m} \cdot 1400 \text{ kg/m}^3 = 245 \text{ kg/m}^2$
- Elastselt kinnitatud vooderkate, nt W623.de
 $2 \times 12,5 \text{ mm}$ Diamant-plaadiga, mille mass pinnaühiku kohta on $12,5 \text{ kg/m}^2$
 $m'_2 = 2 \cdot 12,5 \text{ kg/m}^2 = 25 \text{ kg/m}^2$
- Õõnesruumi sügavus $d = 0,05 \text{ m}$

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{0,05 \text{ m}} \left(\frac{1}{245 \text{ kg/m}^2} + \frac{1}{25 \text{ kg/m}^2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 43 \text{ Hz}$$

Müüritise ühele küljele paigaldatud vooderkonstruktsiooni abil otsese heliisolatsiooni paranemise arvutamine



Märkus. Vooderkonstruktsioonide abil saab õhumüra isolatsiooni indeksit tunduvalt parandada. Ent parameetrite s' , m'_2 ja d valesti dimensioneerimisel on võimalik ka põhitarindi heliisolatsiooni oluliselt halvendada.

Rusikareeglina kehtib järgmine:

Mida väiksem on isolatsioonikihi dünaamiline jäikus, seda suurem on vooderkonstruktsiooni mass pinnaühiku kohta, ja mida sügavam on õõnsus, seda suurem on isolatsiooni paranemine vooderkonstruktsiooni abil.

Olenevalt arvutatud resonantssagedusest ja põhitarindi heliisolatsioonist R_w saab ühele küljele paigaldatud vooderkonstruktsiooni korral arvutada otsese heliisolatsiooni paranemise.

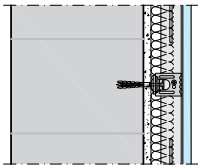
Tabel. EL. 4: Otsese heliisolatsiooni arvutuslik paranemine vooderkonstruktsioonide abil olenevalt resonantssagedusest f_0 standardi DIN 4109-34:2016-07 kohaselt

Vooderkonstruktsiooni resonantssagedus f_0 Hz	ΔR_w dB	Rida
$30 \leq f_0 \leq 160$	$\max \left\{ \begin{array}{l} 74,4 - 20 \lg f_0 - 0,5 R_w \\ 0 \end{array} \right.$	1
200	-1	2
250	-3	3
315	-5	4
400	-7	5
500	-9	6
630–1600	-10	7
$> 1600 \leq 5000$	-5	8

Väärtuste vahel võib lineaarselt interpoleerida.

Tabelist EL. 4 tuleneb selgelt, et heliisolatsiooniindeks võib valesti arvutatud vooderkonstruktsiooni tõttu halveneda. Sellega on tegemist, kui resonantssagedus ületab 160 Hz.

Põhiseinast ühele poole paigaldatud vooderkonstruktsioonist tulenev heliisolatsiooniindeks



$$R_{w,res} = R_w + \Delta R_w \quad (27)$$

Arvutusnäide ühele poole paigaldatud vooderkonstruktsioonist

Põhisein:

- 175 mm õõnestellis
- Õhukesel vukimismeetodil müürivuuk
- Ühelt poolt krohvitud 15 mm krohviga Knauf MP 75
- Mahukaal koos müürivuugititega 1220 kg/m³

Pinnaühiku kohta tuleva massi ja heliisolatsiooniindeksi arvutamine analoogselt jaotisele „Massiivseinte ja -lagede heliisolatsiooniindeks“

$$m' = 1220 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,175 \text{ m} = 213,5 \text{ kg/m}^2$$

$$R_w = 30,9 \cdot \lg(213,5) - 22,2 = 49,8 \text{ dB}$$

Vooderkate W623.de:

- 1 × 12,5 mm Silentboard-plaat m' u. 17,5 kg/m²
- 40 mm õõnsus
- 30 mm mineraalvill, nt Knauf Insulation TP 120 A

Resonantssageduse arvutamine:

$$(26) f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{0,04 \text{ m}} \left(\frac{1}{213,5 \text{ kg/m}^2} + \frac{1}{17,5 \text{ kg/m}^2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 56 \text{ Hz}$$

Õhumära isolatsiooni paranemise arvutamine:

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \lg f_0 - 0,5 R_w$$

$$\Delta R_w = 14,5 \text{ dB}$$

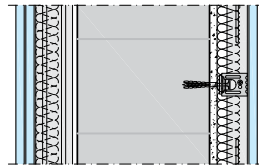
Tulenev heliisolatsiooniindeks põhiseina + vooderkonstruktsiooni korral:

$$(27) R_{w,res} = R_w + \Delta R_w$$

$$R_{w,res} = 49,8 \text{ dB} + 14,5 \text{ dB}$$

$$R_{w,res} = 64,3 \text{ dB}$$

Põhiseinast mõlemale poole paigaldatud vooderkonstruktsioonidest tulenev heliisolatsiooniindeks



Kui tarindi mõlemal küljel on vooderkonstruktsioonid, tuleb parandusväärtus ΔR_w arvutada mõlema poole jaoks eraldi. Kahe vooderkonstruktsiooni suurem parandusväärtus lisatakse põhitarindi heliisolatsiooniindeksile osakaaluga 100%, väiksem parandusväärtus osakaaluga 50%.

$$R_{w,res} = R_w + \Delta R_{w,1} + 0,5 \Delta R_{w,2} \quad (28)$$

$$\Delta R_{w,1} \geq \Delta R_{w,2}$$

või

$$R_{w,res} = R_w + 0,5 \Delta R_{w,1} + \Delta R_{w,2} \quad (29)$$

$$\Delta R_{w,1} < \Delta R_{w,2}$$

kus:

$R_{w,res}$ = Kahe vooderkonstruktsiooniga põhitarindi õhumära isolatsiooni indeks

R_w = Ilma vooderkonstruktsioonita põhitarindi õhumära isolatsioon

$\Delta R_{w,1}$ = Parandusväärtus vooderkonstruktsioonile 1

$\Delta R_{w,2}$ = Parandusväärtus tänu vooderkonstruktsioonile 2

Arvutusnäide mõlemale poole paigaldatud vooderkonstruktsioonidest

Põhisein ja vooderkonstruktsioon 1 analoogselt eelmisele arvutusnäitele:

$$R_w = 49,8 \text{ dB}$$

$$\Delta R_{w,1} = 14,5 \text{ dB}$$

Vooderkate 2 W626.de:

- 2 × 12,5 mm Silentboard-plaat m' u. 2 × 17,5 kg/m²
- 55 mm õõnsus
- 30 mm mineraalvill, nt Knauf Insulation TP 120 A

Resonantssageduse arvutamine:

$$(26) f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{0,055 \text{ m}} \left(\frac{1}{213,5 \text{ kg/m}^2} + \frac{1}{35,0 \text{ kg/m}^2} \right)} \text{ Hz}$$

$$f_0 = 35 \text{ Hz}$$

Õhumära isolatsiooni paranemise arvutamine:

$$\Delta R_{w,2} = 74,4 - 20 \lg f_0 - 0,5 R_w$$

$$\Delta R_{w,2} = 18,6 \text{ dB}$$

Tulenev heliisolatsiooniindeks põhiseina + vooderkonstruktsioonide korral:

$\Delta R_{w,1} < \Delta R_{w,2}$ korral kehtib:

$$(29) R_{w,res} = R_w + 0,5 \Delta R_{w,1} + \Delta R_{w,2}$$

$$R_{w,res} = 49,8 \text{ dB} + 0,5 \cdot 14,5 \text{ dB} + 18,6 \text{ dB}$$

$$R_{w,res} = 75,6 \text{ dB}$$

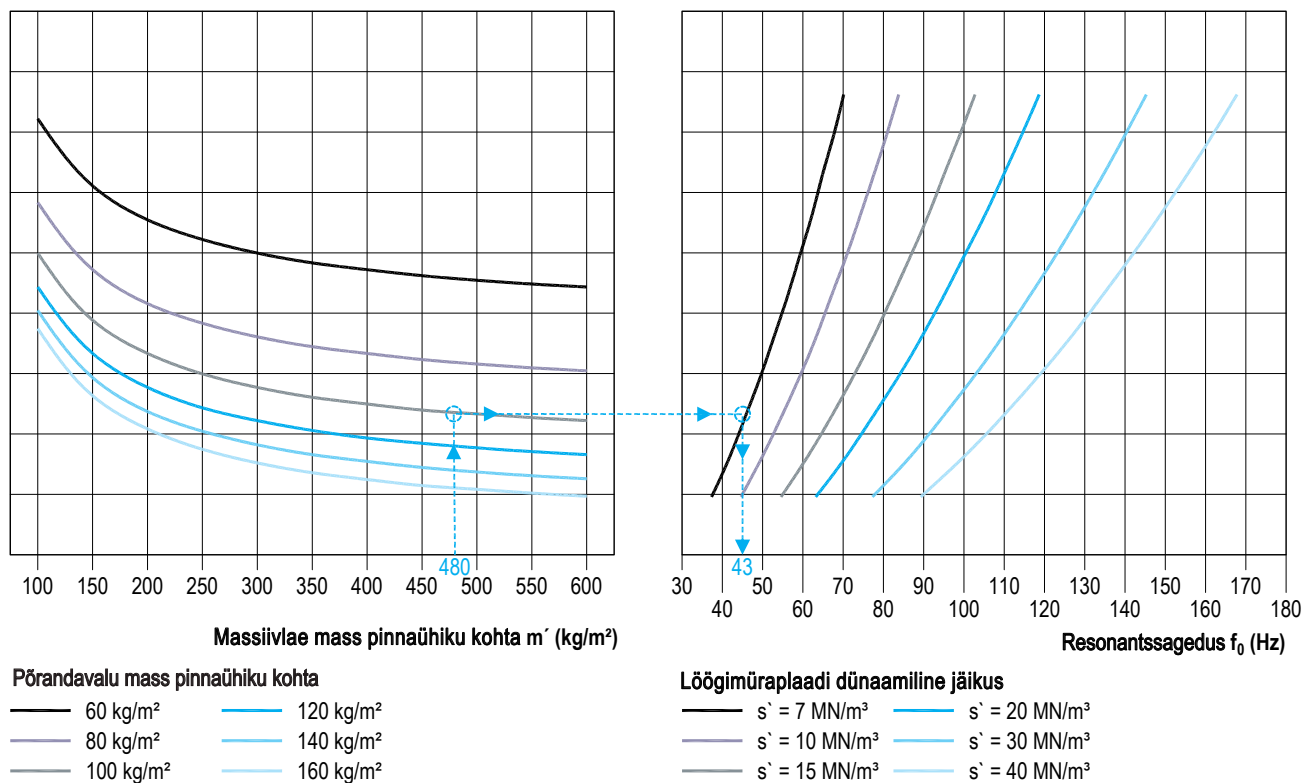
Diagrammimeetod

Alljärgnevat standardil DIN 4109-34:2016 põhinevat diagrammimeetodit saab kasutada vooderkonstruktsioonide kaudu õhumüra isolatsiooni parandusväärtuse kiireks hindamiseks.

1. Resonantssageduse arvutamine

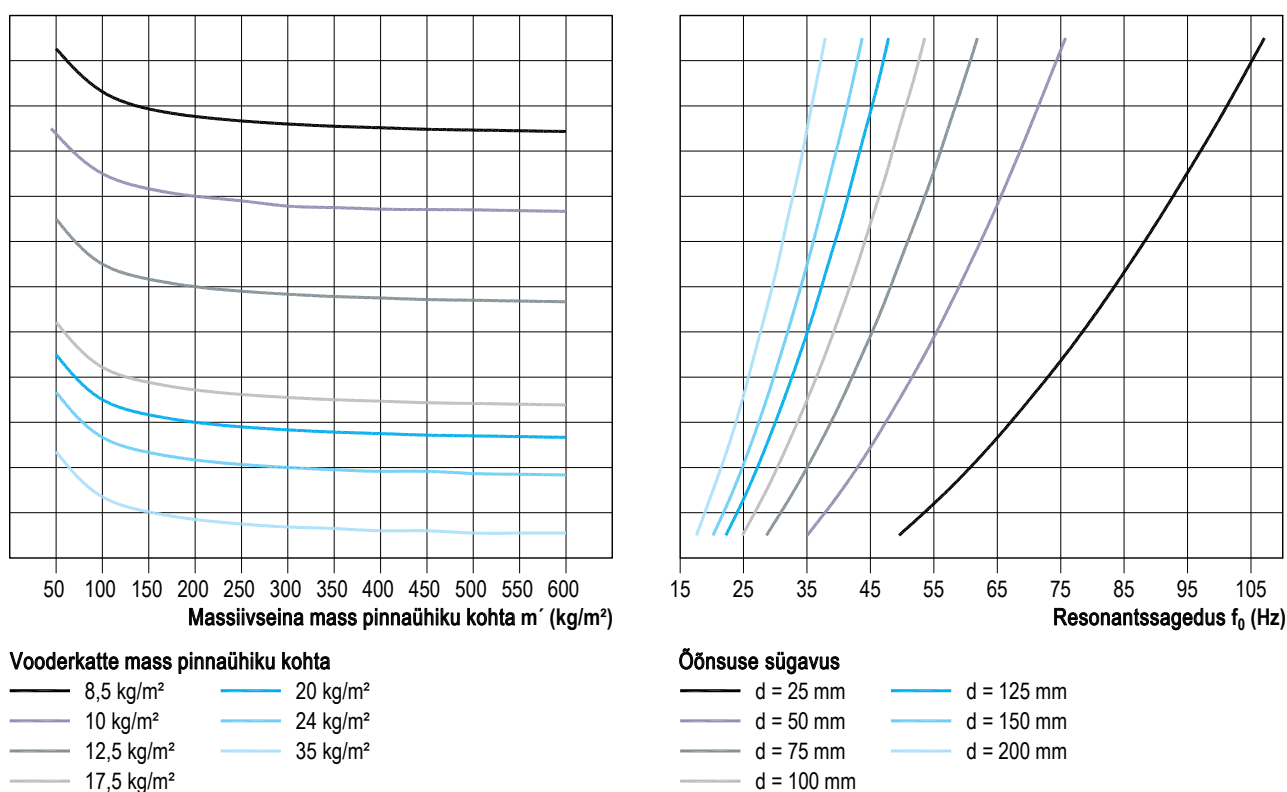
1.1 Ujuv valupõrand massiivlael

Joonis. EL. 2: Diagramm resonantssageduse määramiseks ujuva valupõrandaga massiivlael



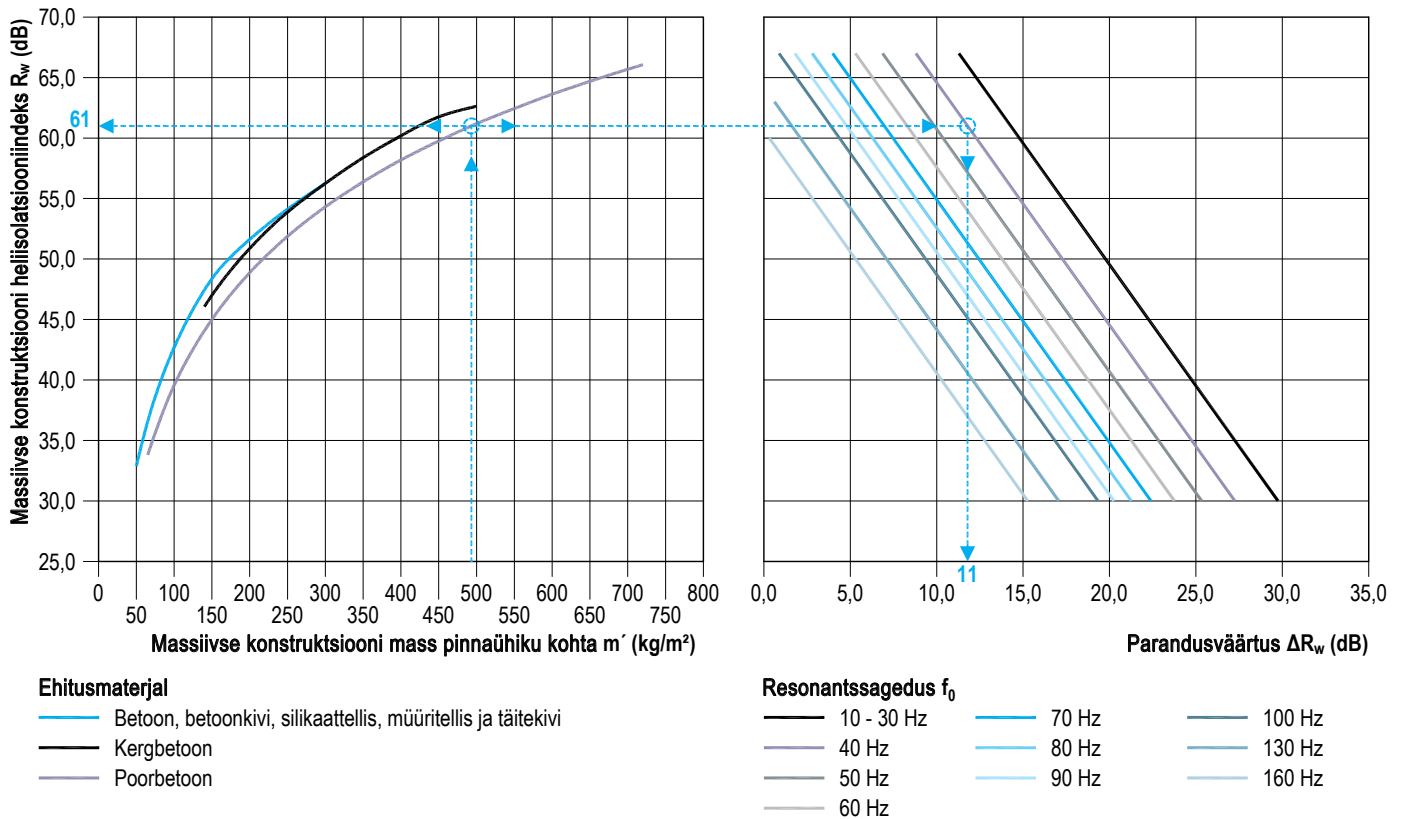
1.2 Knaufi vooderkatted W623.de/W625.de/W626.de massiivseinte ees

Joonis. EL. 3: Diagramm resonantssageduse määramiseks massiivseinte vooderkatetele



2. Massiivtarindi heliisolatsiooniindeksi ja parandusväärtuse määramine vooderkatete kasutamisel olenevalt resonantssagedusest

Joonis. EL. 4: Massiivtarindi heliisolatsiooniindeksi ja parandusväärtuse määramine vooderkonstruktsioonide kasutamisel



Kui massiivse põhiseina mõlemal küljel on vooderkonstruktsioonid, tuleb arvutused teha analoogselt toimingutega, mis on esitatud leheküljel Seite 27. Teise vooderkonstruktsiooni parandusväärtuse saab määrata analoogselt selles peatükis käsitletud ühepoolse vooderkonstruktsiooni toimingutega.

Ujuva valupõrandaga massiivlae arvutusnäide

Lagi:

- 200 mm raudbetoonlagi
- Mahukaal 2400 kg/m³

Mass pinnaühiku kohta $m' = 0,20 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$

Ujuv põrand:

- 60 mm kaltsiumsulfaat-põrandavalu, nt FE 50 LARGO
- Mahukaal u. 2000 kg/m³

Kihi mass pinnaühiku kohta $m' = 0,06 \text{ m} \cdot 2000 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ kg/m}^2$

Löögimära isolatsiooniplaat:

- 35 mm mineraalkiust löögimära isolatsiooniplaat $s' < 7 \text{ MN/m}^2$, nt Knauf Insulation TPT 01 35-5

Resonantssagedus

joonise EL. 2 kohaselt

f_0 u. 43 Hz

Heliisolatsiooniindeks ja heliisolatsiooni parandusväärtus

joonise EL. 4 kohaselt

R_w u. 61 dB

ΔR_w u. 11 dB

Tulenev heliisolatsiooniindeks

Raudbetoonlagi + ujuvpõrand

$R_{w, \text{res}} = 61 \text{ dB} + 11 \text{ dB}$

$R_{w, \text{res}} = 72 \text{ dB}$

Liitkonstruktsioonide heliisolatsiooniindeksi määramine

Sageli on vaja kindlaks määrata mitmest elemendist koosneva tarindi heliisolatsiooniindeks $R_{w,res}$. Välisseina heliisolatsiooniindeks võib hõlmata näiteks seina ennast, aknaid ja klaase ning uksi. Sama kehtib näiteks kitsendustega metallkarkass-seinte ja/või klaasseinte kohta.

Üksikute tarindite summaarne heliisolatsiooniindeks oleneb kahest tegurist:

- Pindade osakaalud
- Arvutuslik heliisolatsiooniindeks

Tulenev heliisolatsiooniindeks $R_{w,res}$ arvutatakse analoogselt standardile DIN 4109-2:2018-01 alljärgneva valemiga:

$$R_{w,res} = -10 \lg \left[\frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-\frac{R_{i,w}}{10}} \right] \text{ dB} \quad (30)$$

kus:

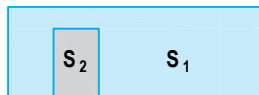
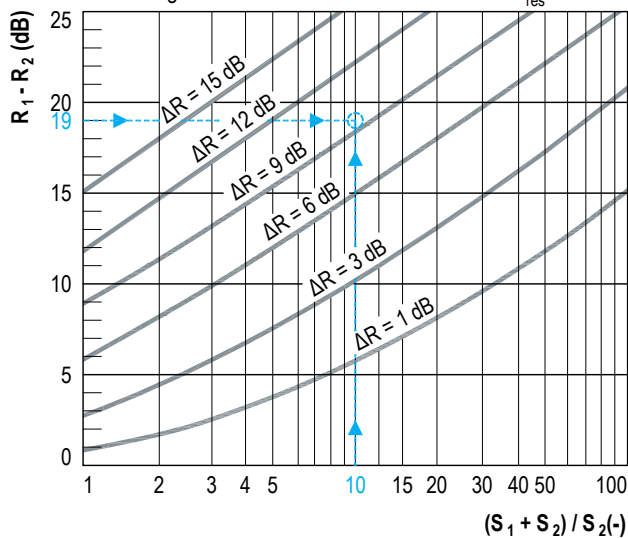
S_{ges} = Konstruktsiooni vaadeldav kogupindala, m²

S_i = Vaadeldavate üksiktarindite pindala, m²

$R_{i,w}$ = Vaadeldavate üksiktarindite arvutuslik heliisolatsiooniindeks, dB

Kui konstruktsioon koosneb ainult kahest tarindist, näiteks vaheseinast ja uksest, võib kasutada joonisele EL. 5 vastavat diagrammimeetodit.

Joonis. EL. 5: Nomogramm liittarindite heliisolatsiooniindeksi $R_{w,res}$ määramiseks



$$R_{w,res} = R_1 - \Delta R$$

R_1 : Parema pinna heliisolatsioon, dB

R_2 : Halvema pinna heliisolatsioon, dB

$S_1 + S_2$: Üldpindala, m²

S_1 : Parema heliisolatsiooniga tarindi pindala, m²

S_2 : Halvema heliisolatsiooniga tarindi pindala, m²

ΔR : Parema pinna heliisolatsiooniindeksi vähenemine, dB

Arvutusnäide

■ Vahesein

W112.de Metallkarkass-sein – lihtpostidega

CW 75, 2 × 12,5 mm Diamant

$R_1 = 61,5$ dB

Vaheseina pindala $S_1 = 13,5$ m²

■ Monoplokkaken FlatWin

$R_2 = 42,5$ dB

FlatWin-pindala $S_2 = 1,5$ m²

Pindalasuhte määramine:

$$(S_1 + S_2) / S_2$$

$$(13,5 \text{ m}^2 + 1,5 \text{ m}^2) / 1,5 \text{ m}^2 = 10$$

Heliisolatsiooniindeksi vahe määramine

$$R_1 - R_2$$

$$61,5 \text{ dB} - 42,5 \text{ dB} = 19 \text{ dB}$$

Heliisolatsiooni vähenemise ΔR lugemine

vastavalt joonisele EL. 5

$$\Delta R = 10 \text{ dB}$$

Tuleneva heliisolatsiooniindeksi $R_{w,res}$ arvutamine

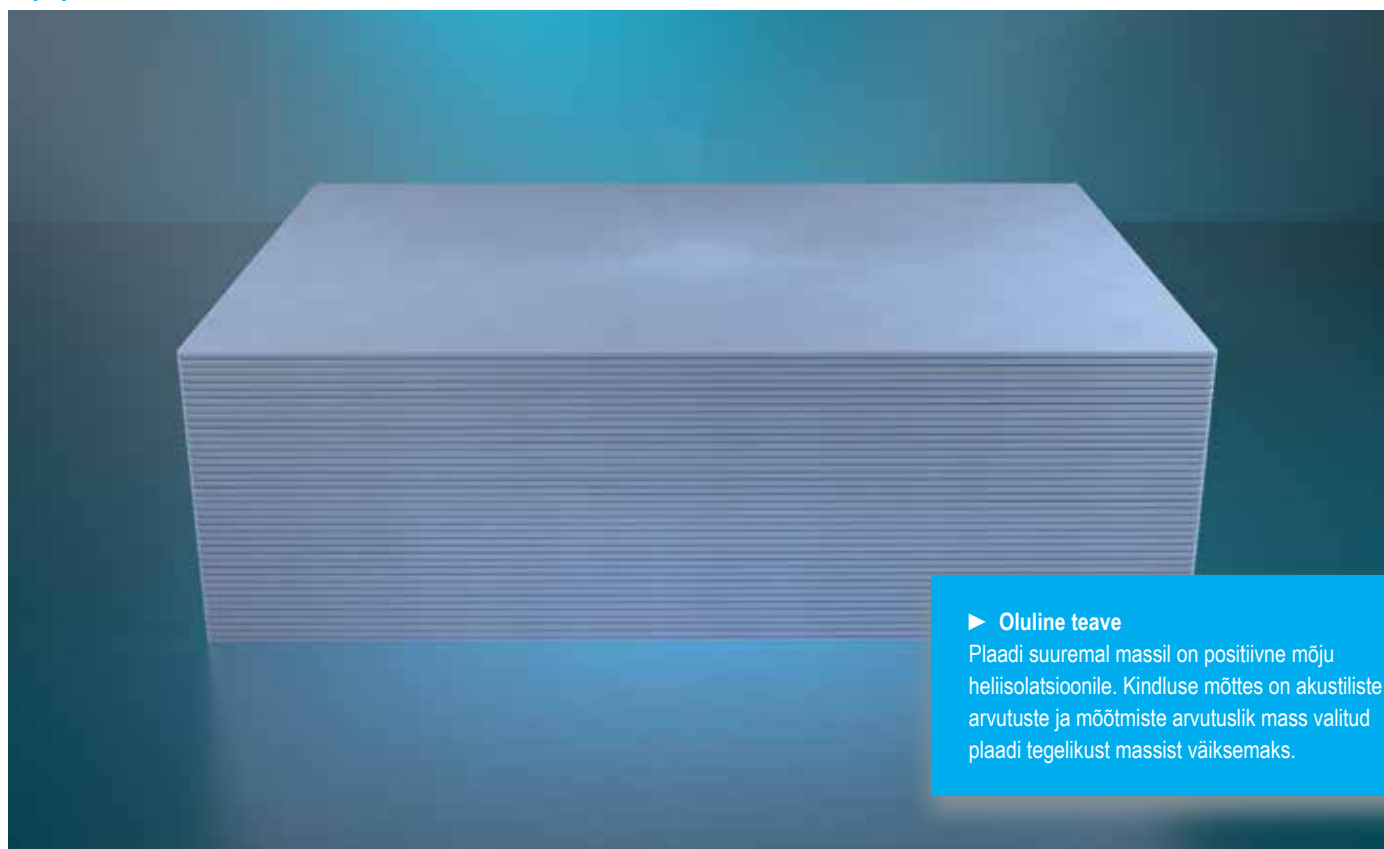
$$R_{w,res} = 61,5 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = 51,5 \text{ dB}$$





Sisendandmed

Kipsplaatide kaalud heliisolatsiooni arvutamiseks



► Oluline teave

Plaadi suuremal massil on positiivne mõju heliisolatsioonile. Kindluse mõttes on akustiliste arvutuste ja mõõtmiste arvutuslik mass valitud plaadi tegelikust massist väiksemaks.

Tabel. BG. 1: Knaufi plaatide arvutuslikud massid

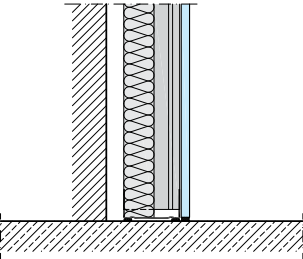
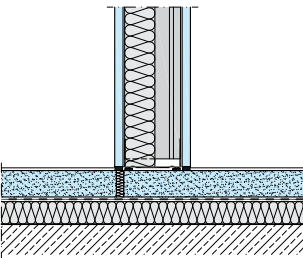
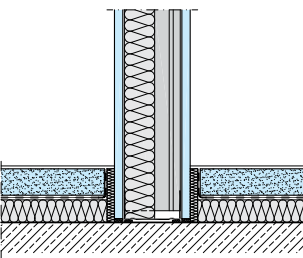
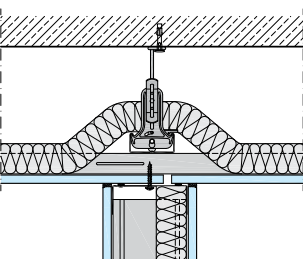
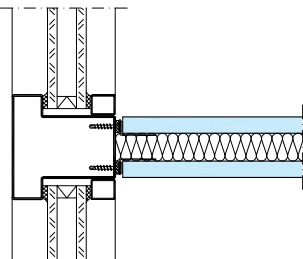
Toode	Paksus mm	Arvutuslik mass kg/m ²	Rida
Alusplaadid			
Ehitusplaat GKB	9,5	6,50	1
Ehitusplaat GKB / GKBI / GKF	12,5	8,50	2
Ehitusplaat GKB	9,5	6,50	3
Ehitusplaat GKB / GKBI	12,5	8,50	4
Tuletõkkeplaat Knauf Piano GKF / GKFI	12,5	10,00	5
Tuletõkkeplaat GKF / GKFI	15	12,00	6
Tuletõkkeplaat GKF	18	14,40	7
Massiivkipsplaat GKF / GKFI	20	17,10	8
Massiivkipsplaat GKF / GKFI	25	20,40	9
Funktsionaalsed plaadid			
Diamant GKFI / Diamant X GKFI	12,5	12,50	10
Diamant GKFI / Diamant X GKFI	15	15,00	11
Diamant GKFI / Diamant X GKFI	18	18,00	12
Silentboard GKF	12,5	17,50	13
Fireboard	12,5	10,00	14
Fireboard	15	12,00	15
Fireboard	20	16,00	16
Fireboard	25	20,00	17
Fireboard	30	24,00	18

Pikisuunalise heliisolatsiooni indeks

Praktikas alahinnatakse sageli külgnevate tarindite mõju. Tabelis FB. 1 on esitatud mõned kriitilised tarindid ja nende heliisolatsiooni parandamise võimalused. Loomulikult on üksikute tarindite heliisolatsiooni vajalik parandamine alati kogu konstruktsiooni soovitud heliisolatsioonitasemest. Alljärgnevates tabelites on toodud eri tarindite kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahed. Väärtused põhinevad DIN 4109:1989, DIN 4109-33 lisa 1 andmetel ja meie enda mõõtmistel/uuringutel.

Kriitilised külgnevad tarindid

Tabel. FB. 1: Mõned heliisolatsiooni seisukohast kriitilised külgnevad tarindid ja nende parandamise võimalused

Skemaatilised joonised	Külgnev sein	Võimalikud lahendused	Rida
	Kerged massiivseinad Kerged massiivlaed	<ul style="list-style-type: none"> Kui külgneva tarindi heliisolatsiooniindeks on ebapiisav, saab massiivset tarindit tühustada vooderkonstruktsiooni või ripplaega. 	1
	Ujuvapõrandad	<ul style="list-style-type: none"> Põranda katkestamine vaheseina all 	2
	Kergseinad Puitvahelaed Vaheseinad Katuslaed	<ul style="list-style-type: none"> Vaheseina toetamine aluspõrandale Plaatkatte katkestamine vaheseina teljel (vt joonist FB. 1, FB. 3) Täitke külgneva seina sisemus kiudisolatsioonimaterjaliga vähemalt kogu seinte kõrguse ulatuses (helisummutav täide) Vaheseina alustamine külgneva seina seest (vt joonist FB. 2) 	3
	Ripplaed	<ul style="list-style-type: none"> Plaatkatte katkestamine vaheseina teljel Isolatsioonimaterjali asetamine ripplaele kogu pinna ulatuses Suuremate riputuskõrguste korral tuleb vaheseina teljele paigutada helisummutav täide (kiudisolatsioonimaterjal; $b \geq 300$ mm) Esmalt ühendage vahesein kandvalaega, seejärel paigaldage ripplagi ja ühendage see vaheseinaga 	4
	Kergfassaadid (metall, klaas jne)	<ul style="list-style-type: none"> Tähelepanu! Standardi DIN 4109:1989 lisa 1 kohaselt võib kasutada külgneva tarindi helirõhutasemete vahet $D_{nf,w} = 52$ dB. Kui on olemas tootja andmed, tuleb kasutada neid. Konstruktsioonide abil mõjutamine on ehitusplatsil raske (nt kombineerituna seinakitsendustega) 	5

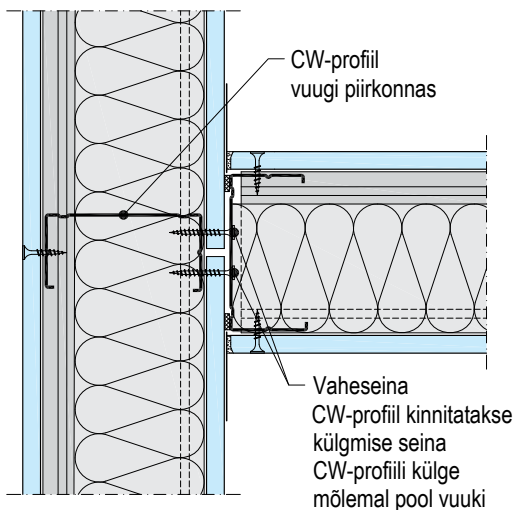
Kipsplaatseintevahelised ühendussõlmed

Knaufi ehitusplaatidest ehitatud vaheseinte mõõtmist on kirjeldatud standardi DIN 4109:2016 normatiivses osas 33 maksimaalse külgsuunalise helirõhutase-mete vahega 65 dB. Kui neid standardikavandi väärtusi kasutatakse heliisolatsiooni töendamiseks, saab töendada heliisolatsiooni maksimaalset kvaliteeti paigaldatud olekus $R'_w < 65$ dB. Ilma rangete heliisolatsiooninõueteta ehitistel võib see olla juba piisav. Kui aga kehtivad rangemad heliisolatsiooninõuded, tuleb muuta standardseid konstruktsioone (plaatide kinnitamine, postide jaotus, plaadi kvaliteet).

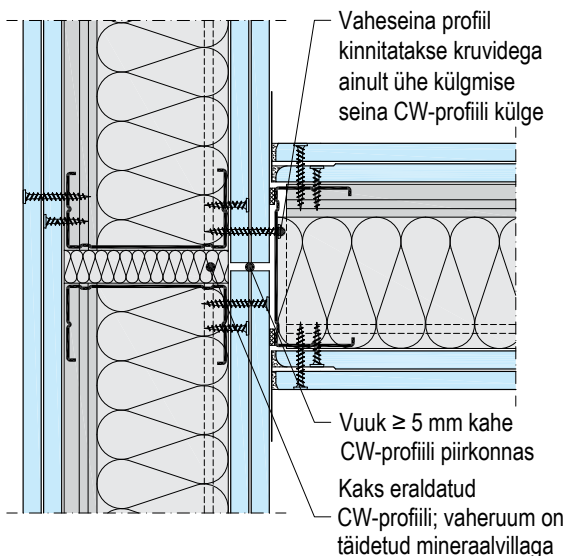
Modifikatsioonid või konstruktsiooni üksikasjad võib võtta joonistelt FB. 1 kuni FB. 4. Tabelis FB.2 on esitatud standardkonstruktsioonide külgsuunalise kaalutud standarditud helirõhutase vahed. Modifitseeritud teostusvariantide külgsuunalise heli leviku kaalutud standarditud helirõhutase vahed võib võtta tabelist FB.3.

Skemaatilised joonised

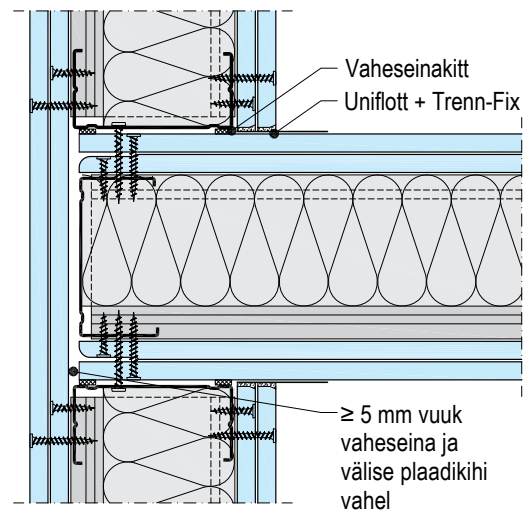
Joonis. FB.1: Kujutis standardi DIN 4109-33 kohaselt



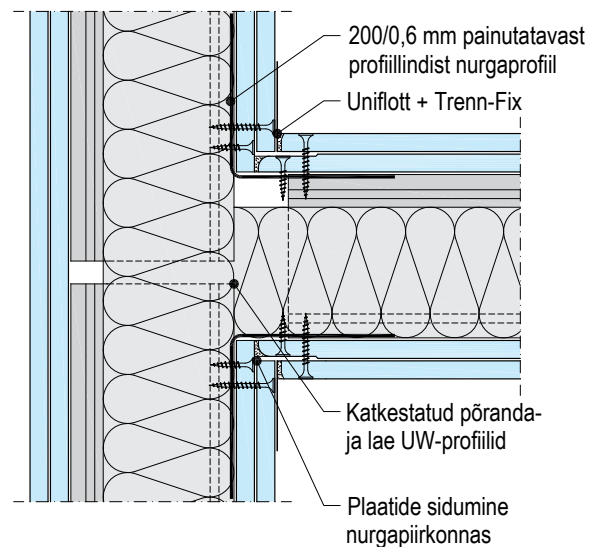
Joonis. FB.3: Knaufi katsekonstruktsiooni kujutis
Külgnevat plaatkatet läbiv vuuk



Joonis. FB.2: Knaufi katsekonstruktsiooni kujutis
Vahesein on süvistatud külgmise seina sisse

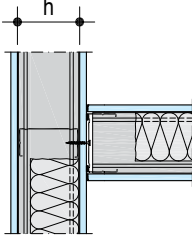
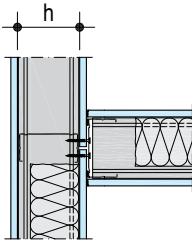
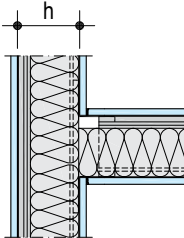


Joonis. FB.4: Knaufi katsekonstruktsiooni kujutis
Seina paksuselt katkestatud plaatkate



Külgnevad seinad – metallkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed standardi DIN 4109-33:2016 kohaselt

Tabel. FB. 2: Külgnevate metallkarkassvaheseinte kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed.

Teostusnäited Knaufi süsteem W111.ee, W112.ee		Plaatkate külgneva sein siseküljel	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$		Rida
		Minimaalne paksus mm	$h = 50 \text{ mm}$ dB	$h = 100 \text{ mm}$ dB	
Läbiv plaatkate Plaatkate on ühtlane, vahesein on selle külge kinnitatud ilma vuukideta		Ühekihiline $\geq 12,5$ Knaufi ehitusplaat	53	55	1
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Knaufi ehitusplaat	56	59	2
Vuugiga Külgneva sein ruumipoolne plaatkate on katkestatud vuugiga ($\geq 3 \text{ mm}$)		Ühekihiline $\geq 12,5$ Knaufi ehitusplaat	57	59	3
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Knaufi ehitusplaat	60	61	4
Katkestatud Ruumipoolne plaatkate on katkestatud vaheseina laiuselt		Ühekihiline $\geq 12,5$ Knaufi ehitusplaat	–	65	5

Külgnevad seinad – metallkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 3: Külgnevate metallkarkassvaheseinte kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed.

Teostusnäited Knaufi süsteem W111.ee, W112.ee		Plaatkate Külgneva seina siseküljel Minimaalne paksus mm	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ $h = 100$ mm dB	Rida
Vuugiga Külgneva seina ruumipoolne plaatkate on katkestatud vuugiga (≥ 3 mm)		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Knaufi ehitusplaat	70	1
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	73	2
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Silentboard	74	3
Vuugiga Külgneva seina ruumipoolne plaatkate on katkestatud vuugiga (≥ 5 mm)		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Knaufi ehitusplaat	72	4
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	75	5
Katkestatud Ruumipoolne plaatkate on katkestatud vaheseina laiuselt aluskonstruktsioon eraldatud		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	75	6
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Silentboard	76	7
Süvistatud Katkestatud ruumipoolne vooder, välimine vooder läbiv		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	75	6
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Silentboard	76	7
Süvistatud Ruumipoolne plaatkate on katkestatud vaheseina laiuselt		Kahekihiline $\geq 1 \times 12,5$ Silentboard + $\geq 1 \times 18$ Diamant	80	8

Külgnevad seinad – vooderkonstruktsioonide pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 4: Kipsplaat-vooderkatetega massiivseinte kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed.

Teostusnäited Knaufi süsteem W625.de, W626.de		Mass pinnaühiku kohta Massiiv sein kg/m ²	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ dB	Rida
Kuivkrohv sisselõigatud vuugiga		100	55	1
		200	59	2
		250	59	3
		300	60	4
		400	60	5
Vabalt seisev, kattesein, plaatkate vaheseina kohal läbiva vuugiga.		≥ 100	65	6
Vabalt seisev, kattesein, mis on katkestatud vaheseinaga		≥ 100	≥ 70	7

Selgitused:

- 1 Vahesein standardi DIN18183-1 kohase liht- või topeltpostidega või puidust aluskonstruktsiooniga, mis on kinnitatud vooderkonstruktsiooni külge.
- 2 Massiivsein
- 3 Massiivseinale kinnituskipsiga kinnitatud liitkipsplaat $m' \geq 10 \text{ kg/m}^2$ ja vähemalt 40 mm mineraalvillaga, dünaamilise jäikusega $s' \leq 6 \text{ MN/m}^2$; vaheseinaühenduse all kipsplaati sisselõigatud vuugiga.
- 4 Kattesein, nt kipsplaadist, metallist aluskonstruktsiooniga standardi DIN18183-1 kohaselt, plaatkate mass pinnaühiku kohta $\geq 8,5 \text{ kg/m}^2$, isolatsioonimaterjaliks mineraalvill MW; plaatkate katkestatud vuugiga, vabalt seisev massiivseina ees.
- 5 Vooderkonstruktsiooni plaatkate vuugiga vaheseina kohal, nt sisselõigatud vuuk $\geq 3 \text{ mm}$.

Tabel. FB. 5: Külgnevate massiivseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed standardi DIN 4109:1989 lisa 1 tabeli 25 kohaselt

Külgmiste seinte mass pinnaühiku kohta kg/m ²	$D_{n,f,w}$ dB	Rida
100	45	1
200	55	2
300	60	3
350	62	4
400	64	5
500	67	6

► Oluline teave

Vabalt seisvate katteseinte asemel võib alternatiivina kasutada kindlates punktides ühendatud vooderkonstruktsioone.

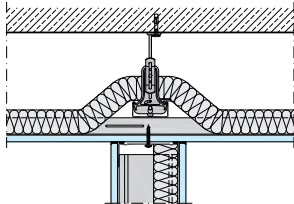
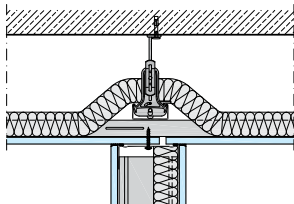
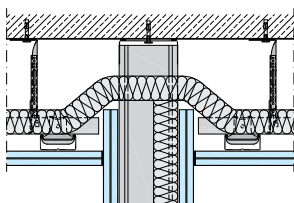
Külgnevad seinad – puitkarkassvaheseinte pikisuunalise helirõhutasemete vahed standardi DIN 4109:1989 lisa 1 ja standardi DIN 4109-33 kohaselt

Tabel. FB. 6: Külgnervate puitkarkassvaheseinte kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed.

Teostusnäited Knaufi süsteem W121.de, W122.de, W555.de		Plaatkate külgmise seina siseküljel Minimaalne paksus mm	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ dB	Rida
Ilma isolatsioonimaterjalita seksioonis		Ühekihiline $\geq 12,5$	50	1
Isolatsioonimaterjaliga seksioonis		Ühekihiline $\geq 12,5$	52	2
Läbiv plaatkate		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$	56	3
Ühenduspiirkonnas katkestatud ruumipoolne kipsplaat		Ühekihiline $\geq 12,5$	56	4
Külgnev sein on seinte ristumikohas katkestatud. Vuugid elastoplastselt suletud		Ühekihiline $\geq 12,5$	56	5
Külgnev sein on ühendus- piirkonnas katkestatud Vuugid isolatsiooni- materjaliga täidetud ja elastoplastselt suletud		Ühekihiline $\geq 12,5$	64	6
Külgnev sein koos vooder- kattega (27 mm akustilisel mütsprofiilil või puitlattelidel, täidetud isolatsiooniga), ruumipoolne vahesein on läbi vooderkatte		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	≥ 68	7
Külgnev sein koos vooder- kattega (27 mm akustilisel mütsprofiilil või puitlattelidel, täidetud isolatsiooniga), ruumipoolne plaatkate on tervelt läbiv		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	≥ 50	8

Külgnevad vahelaed – kipsplaatlagedega massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 7: Ripplagedega massiivlagede kaalutud standarditud helirõhutasemete vahed

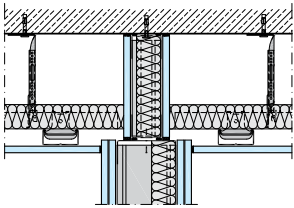
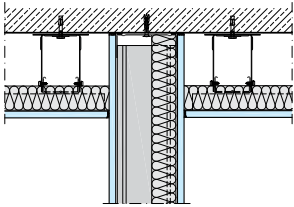
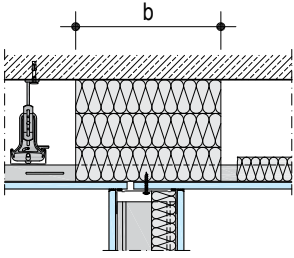
Teostusnäited Knaufi süsteem D112.de		Plaatkate	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$			Rida
Riputuskõrgus 400 mm		Minimaalne paksus mm	Ilma mineraalvillata dB	Kogu pinda katva mineraalvillaga ≥ 50 mm dB ≥ 80 mm dB		
Vaheseina ühendus ripplaega Läbiv kipsplaat		Ühekihiline $\geq 12,5$	48	49	50	1
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$	55	56	56	2
Vaheseina ühendus ripplaega Kipsplaat on katkestatud vuugiga		Ühekihiline $\geq 12,5$	50	54	56	3
		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$	57	59	59	4
Vaheseina ühendus massiivlaega Kipsplaatlagi on katkestatud vaheseinaga		Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$	57	65	–	5

Tabelile FB.7 vastavaid väärtusi saab kasutada kuni riputuskõrguseni 400 mm. Riputuskõrgusel üle 400 mm tuleb väärtusi 1 dB võrra vähendada.

Vaheseinaga saab kipsplaatlae pikisuunalise helirõhutasemete vahet suurendada 20 dB, kuid maksimaalselt kuni 67 dB.

Külgnevad vahelaed – kipsplaatlagedega massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 8: Ripplagedega massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Teostusnäited Knaufi süsteem D112.de Riputuskõrgus 400 mm		Plaatkate	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Kogu pinda katva mineraalvillaga ≥ 40 mm dB	Rida
Lae õõnesruumi isolatsioon Plaatvaheseina abil		Ühekihiline $\geq 12,5$	67	1
Vaheseina ühendus massiivlaega Kipsplaadid, mis on paigaldatud kuni massiivlaeni, toimivad laeõõnsuse isolatsioonina		Ühekihiline $\geq 12,5$	67	2
Vaheseina ühendus ripplaega Vaheseina kohal lae kipsplaat vuugiga ja lagede vahe täidetud mineraalvillaga 1) tabeli FB. 10 kohaselt, $b = 300$ mm		Ühekihiline $\geq 12,5$	62	3

1) Mineraalvill standardile EN 13162 vastav, pikisuunaline õhuvoolu takistus $r \geq 8 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$

Tabel. FB. 9: Massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahe standardi DIN 4109:1989 lisa 1 tabeli 25 kohaselt

Lae ¹⁾ mass pinnaühiku kohta kg/m^2	$D_{n,f,w}$ dB	Rida
100	43	1
200	53	2
300	58	3
350	60	4
400	62	5
500	65	6

Sinised väärtused tähistavad Knaufi andmeid

1) Mass pinnaühiku kohta koos võimaliku liittasanduskihiga

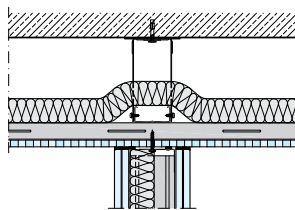
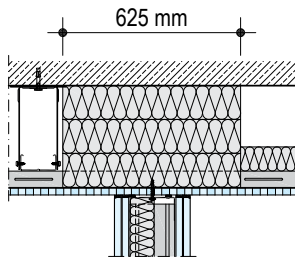
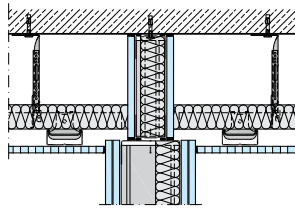
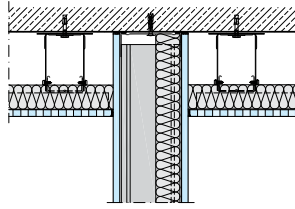
Tabel. FB. 10: Ripplagede arvutusliku pikisuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ parandusväärtused tabelite FB.7 ja FB.8 kohase mineraalvillast täite kaudu heli horisontaalse edasikandumise kohta

Mineraalvillast täite minimaalne laius b mm	Parandusväärtus dB	Rida
300	12	1
400	14	2
500	15	3
600	17	4
800	20	5
1000	22	6

- Täite standardile EN 13162 vastavast mineraalvillast, mille pikisuunaline õhuvoolu takistus on $r \geq 8 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$
- Maksimaalne väärtus tabelist FB.7 ja parandusväärtus tohib moodustada maksimaalselt 62 dB.

Cleaneo laed – perforeeritud kipsplaatlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 11: Akustilistest plaatidest lagede arvutuslik pikisuunalise helirõhutasemete vahed

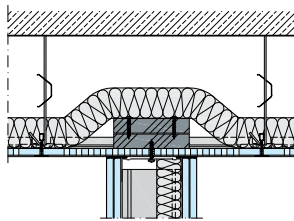
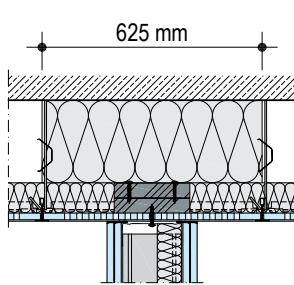
Teostusnäited Knaufi süsteem D127.ee		Plaatkate Cleaneo Classic	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Ilma mineraal- villast katteta				Rida
Riputuskõrgus 200 mm		Minimaalne paksus mm		≥ 20 mm dB	≤ 40 mm dB	≥ 80 mm dB	
Vaheseina ühendus ripplae külge Läbiv plaatkate		≥ 12,5 Sirge ruutperforatsioon 12/25 Q	22,4	37,4	35,9	46,2	1
		≥ 12,5 Sirge ümarperforatsioon 8/18 R	27,6	37,5	42,4	45,9	2
		≥ 12,5 Hajaperforatsioon 8/15/20 R	27,7	39,7	42,8	50,0	3
Vaheseina ühendus ripplae külge Läbiv plaatkate minraalvillast täitega ¹⁾ ≥ 625 mm		≥ 12,5 Sirge ruutperforatsioon 12/25 Q	–	53,0	–	–	4
		≥ 12,5 Sirge ümarperforatsioon 8/18 R	–	51,7	–	–	5
		≥ 12,5 Hajaperforatsioon 8/15/20 R	–	50,2	–	–	6
Standardis DIN 4109-33:2016-07							
Lae õõnesruumi isolatsioon Rippseina abil		≥ 12,5 Perforeeritud plaat	–	–	67	–	7
Vaheseina ühendus massiivlae külge Kipsplaadid, mis on paigaldatud kuni massiivlaeni, toimivad laeõõnsuse isolatsioonina		≥ 12,5 Perforeeritud plaat	–	–	67	–	8

Sinised väärtused tähistavad Knaufi andmeid

1) Standardile EN 13162 vastav mineraalvill, mille pikisuunaline õhuvoolu takistus $r = 5 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 1152) 20 mm mineraalvill pikisuunalise õhuvoolu takistusega $r = 11 \text{ kPa s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 120 A40 mm ja 80 mm mineraalvill pikisuunalise õhuvoolu takistusega $r = 5 \text{ kPa s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 115

Danoline laed – perforeeritud kipsplaatlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 12: Akustilistest moodulplaatidest lagede pikisuunalise helirõhutasemete vahe

Teostusnäited Knaufi süsteem D14.ee	Plaatkate Danoline	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$			Rida	
		Ilma mineraalvillata	Kogu pinda katva mineraalvillaga ²⁾			
Riputuskõrgus 200 mm	Minimaalne paksus mm	dB	≥ 50 mm dB	≥ 80 mm dB		
Vaheseina ühendus ripplae külge Läbiv plaatkate		≥ 12,5 Unity 9 Serv A+	24,2	42,4	44,5	1
		≥ 12,5 Quadril 12 × 12 Serv A+	21,9	40,3	42,2	2
Vaheseina ühendus ripplae külge Läbiv plaatkate mineraalvillast täitega ¹⁾ ≥ 625 mm		≥ 12,5 Unity 9 Serv A+	–	54,5	–	3
		≥ 12,5 Quadril 12 × 12 Serv A+	–	52,9	–	4

 1) Standardile EN 13162 vastav mineraalvill, mille pikisuunaline õhuvoolu takistus $r = 5 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 115

 2) 50 mm mineraalvill pikisuunalise õhuvoolu takistusega $r = 11 \text{ kPa s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 440 A
 80 mm mineraalvill pikisuunalise õhuvoolu takistusega $r = 5 \text{ kPa s/m}^2$, nt Knauf Insulation TP 115

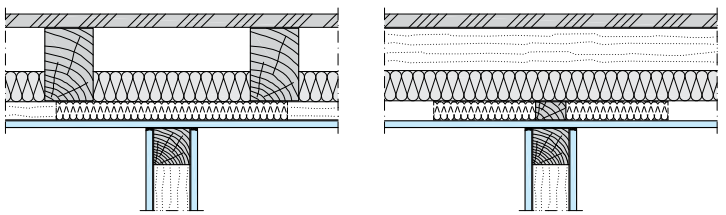
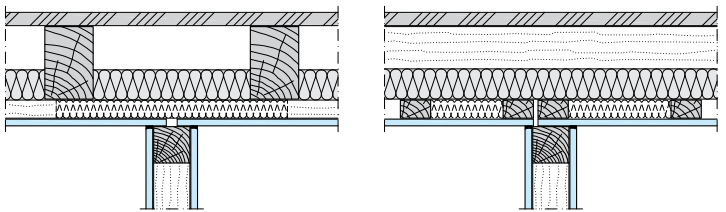
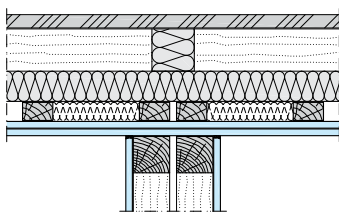
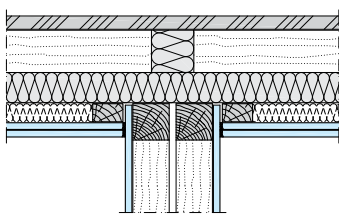
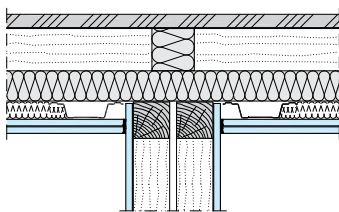
Külgnevad vahelaed – ujuva valupõrandaga massiivlagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 13: Eralduskihil tasanduskihiga / ujuva valupõrandaga massiivlagede arvutuslik pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Teostusnäited Knaufi süsteem F221.ee, F231.ee		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$			Rida
Massiivlae mass pinnaühiku kohta $\geq 300 \text{ kg/m}^2$		Kips-, tsement-, anhidriit- või magneesium-põrand	Valuasfalt-põrand	Valmis-elementidest põrand	
		dB	dB	dB	
Läbiv tasanduskiht eralduskihil		44 kuni 48	50 kuni 52	–	1
Läbiv valupõrand Mineraalvillal/kiudisolatsioonil		40	46	–	2
Põrandavalu eraldusvuugiga mineraalvilla-/kiud- isolatsioonikihil		57	57	–	3
Valupõrand on vaheseinaga konstruktsiooniliselt eraldatud ■ Valupõrand: ▪ Kihi paksus $\geq 35 \text{ mm}$ ▪ Löögimüra isolatsiooniplaat dünaamilise jäikusega $\leq 30 \text{ MN/m}^3$ ■ Valmiselementidest Brio 18 WF		64	64	64	4
Valupõrand on vaheseinaga konstruktsiooniliselt eraldatud ■ Valupõrand: ▪ Kihi paksus $\geq 60 \text{ mm}$ ▪ Löögimüra isolatsiooniplaat dünaamilise jäikusega $\leq 10 \text{ MN/m}^3$ ■ Valmiselementidest: ▪ 2 x Brio 23 ▪ Löögimüra isolatsiooniplaat Knauf Insulation TP-GP 20 mm		73	73	73	5

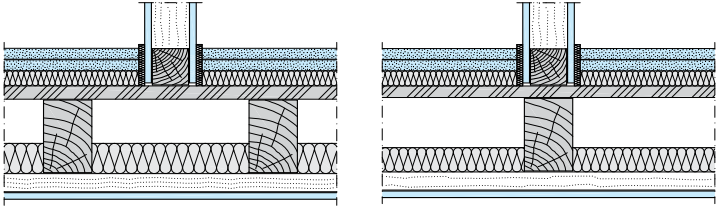
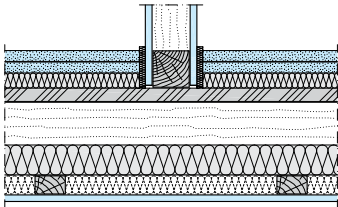
Külgnevad vahelaed – kipsplaatlaega puitvahelagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 14: Puitvahelagede arvutusliku pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Teostusnäited Knaufi süsteem D151.ee, D152.ee	Plaatkate Minimaalne paksus mm	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Kogu pinda katva mineraalvillaga ≥ 50 mm dB	Rida
Läbiv laeplaatkate; laetaladega paralleelselt või täisnurga all paiknev vahesein 	Ühekihiline $\geq 12,5$ Knaufi ehitusplaat	52	1
Vaheseina ühenduspiirkonnas katkestatud laeplaat; laetaladega paralleelselt või täisnurga all paiknev vahesein 	Ühekihiline $\geq 12,5$ Knaufi ehitusplaat	54	2
Läbiv laeplaat; laetaladega täisnurga all paiknev vahesein  <ul style="list-style-type: none"> ■ Talade vahed või sektsioon täielikult täidetud mineraalvillaga 	Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Knaufi ehitusplaat	60	3
Puitlattidel kipsplaatlagi on eraldatud vaheseinaga; vahesein on ühendatud laetala suhtes täisnurga all  <ul style="list-style-type: none"> ■ Talade vahed või sektsioon täielikult täidetud mineraalvillaga 	Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	61	4
Akustiliste mütsprofiiliga kipsplaatlagi on katkestatud vaheseinaga; vahesein on ühendatud laetala suhtes täisnurga all  <ul style="list-style-type: none"> ■ Talade vahed või sektsioon täielikult täidetud mineraalvillaga 	Kahekihiline $\geq 2 \times 12,5$ Diamant	67	5

Külgnevad vahelaed – ujuvate põrandaelementidest puitvahelagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 15: Puitvahelagede arvutuslik pikisuunalise helirõhutasemete vahed

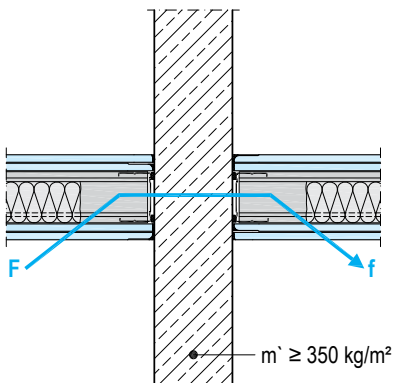
<p>Teostusnäited Knaufi süsteem F127.ee</p>	<p>Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Kogu pinda katva mineraalvillaga ≥ 25 mm dB</p>	<p>Rida</p>
<p>Valmiselementidest ujuvpõrand on vaheseinaga eraldatud Vahesein paikneb laetalaga paralleelselt</p> 	<p>67</p>	<p>1</p>
<p>Valmiselementidest ujuvpõrand on vaheseinaga eraldatud Vahesein paikneb laetalaga paralleelselt</p> 	<p>67</p>	<p>2</p>

Segaehitusmeetodil rajatud ehitustarindite külgsuunalise helirõhutasemete vahe horisontaal- ja vertikaalsuunas

Heli edasikandumise puhul metallkarkass-seintel massiivse vaheseinaosa kaudu, mille mass pinnaühiku kohta on $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$, saab kasutada kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahet $D_{n,f,w} = 76 \text{ dB}$.

Heli edasikandumine horisontaal- ja vertikaalsuunas

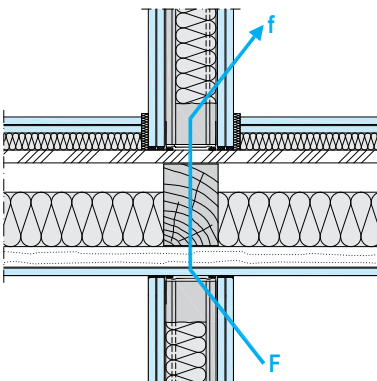
Joonis. FB.5: Horisontaalsuunas edasikandumine läbi vaheseina $m' \geq 350 \text{ kg/m}^2$



Metallkarkass-seinte puhul, mida katkestab vahelagi (puittala- või täispuittalgi), kehtib **vertikaalsuunas** edasikandumise kohta $D_{n,f,w} = 67 \text{ dB}$.

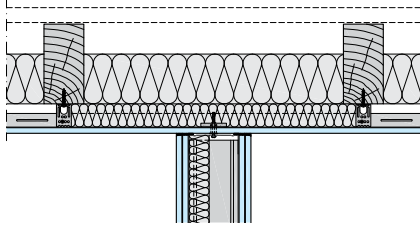
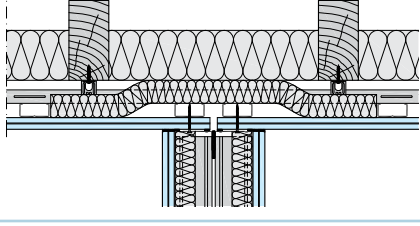
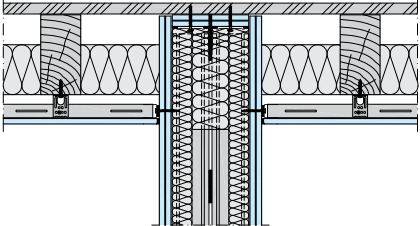
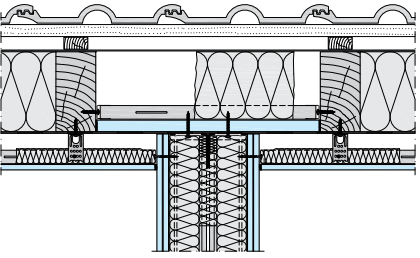
Heli edasikandumine vertikaalsuunas

Joonis. FB.6: Heli vertikaalsuunas edasikandumine läbi vahelae



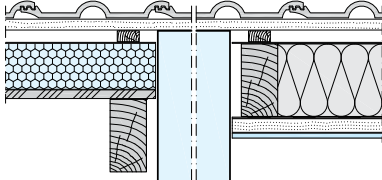
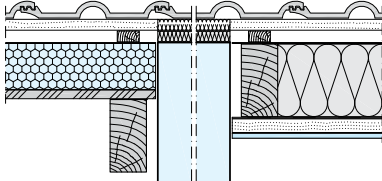
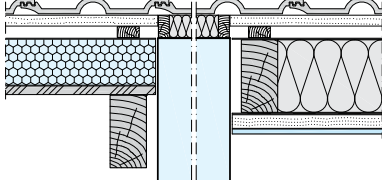
Külgnevad katuslaed – korterelamute sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 16: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Teostusnäited Knaufi süsteem D612.00		Plaatkate	Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete $D_{n,f,w}$ Kogu pinda katva mineraalvillaga ≥ 100 mm dB	Rida
Läbiv tarind Läbiv plaatkate	<p>Katuse hüdroisolatsioonikiht</p> 	$\geq 12,5$	55	1
		$\geq 2 \times 12,5$	56	2
Vuugiga Vaheseina ühenduspiirkonnas vuugiga katkestatud kipsplaat	<p>Katuse hüdroisolatsioonikiht</p> 	$\geq 12,5$	57	3
		$\geq 2 \times 12,5$	59	4
		2×20 või $25 + 18$	62	5
Isolatsioon laeõõnesruumis Puitlaastplaadist või laudisest kate sarikate peal		$\geq 12,5$	≥ 67	6
		$\geq 2 \times 12,5$	≥ 72	7
Isolatsioon laeõõnesruumis Ilma plaatidest katteta		$\geq 12,5$	≥ 67	8
		$\geq 2 \times 12,5$	≥ 72	9

Külgnevad katuslaed – ridaelamute ja paarismajade sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 17: Vaheseina katuseühendused standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 30 kohaselt

Vaheseina ühenduse skemaatilised joonised Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata	Rida
Katusekonstruktsioon on vaheseinaga katkestatud : Latid ja soojusisolatsioon on eraldatud.	 <div data-bbox="1453 465 1493 499">A</div>
Katusekonstruktsioon on vaheseinaga katkestatud ja seina ning roovituse vahel summutatud : Lisameetmed katusekatte ja vaheseina vahelise õõnsuse summutamiseks. Latid ja soojusisolatsioon on eraldatud.	 <div data-bbox="1453 685 1493 719">B</div>
Katusekonstruktsioon on vaheseinaga katkestatud ning seina kohal summutatud ja isoleeritud : Katusekatte ja vaheseina vaheline õõnsus on isoleeritud (nt kinni müüritud soojusisolatsioonikividega; katusekivid mördiga; kahekihilise müüritise vahel summutav soojusisolatsioon; katuselatid eraldatud).	 <div data-bbox="1453 904 1493 938">C</div>

■ Näidatud katusetarindid võivad massiivkonstruktsioonis vaheseinaga olla ühe- või kahekihilised või puit-, kerg- ja kipsplaatkonstruktsiooniga.

Külgnevad katuslaed – ridaelamute ja paarismajade sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 18: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed $D_{n,f,w}$ sarikapealse jäigast vahust isolatsiooniga standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 31 kohaselt

Katusekonstruktsioon		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Katuseühendus vastavalt tabelile FB. 17			Rida
Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata		A	B	C	
Konstruktsiooni üksikasjad		dB	dB	dB	
Aluskonstruktsioon					
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastulatid ≥ 100 mm jäik vahtplaat¹⁾ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid 		53 ⁵⁾	58 ⁵⁾	65	1
Täiendav koormusolukord					
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastulatid ≥ 100 mm jäik vahtplaat¹⁾ Täiendav koormusolukord²⁾ ühekihiline $m' \geq 10$ kg/m² ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid 		56 ⁵⁾	60	69	2
Täiendav isolatsioonikiht					
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastulatid ≥ 100 mm jäik vahtplaat¹⁾ ≥ 20 mm lisaisolatsioon allpool³⁾ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid 		53 ⁵⁾	> 60	72	3
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastulatid ≥ 20 mm lisaisolatsioon allpool⁴⁾ ≥ 100 mm jäik vahtplaat¹⁾ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid 		60 ⁵⁾	66	73	4

1) Jäigad vahtplaadid EPS, XPS või PUR kasutusvaldkonnaga DAD.

2) Täiendav koormusolukord, ühe- või mitmekihiline, koosnedes näiteks alljärgnevatest materjalidest: bituumen-rullmaterjal ($d \geq 4$ mm, raske), kipsplaat, kipskiudplaat, tsementsideainega puitlaastplaat.

3) Alumine lisaisolatsioon mineraalvillast MW kasutusvaldkonnaga DES-sm või elastifitseeritud, jäik polüstüroolvaht EPS kasutusvaldkonnaga DES-sm.

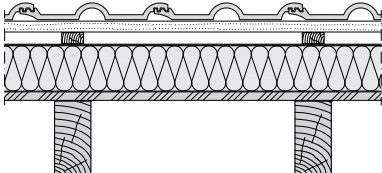
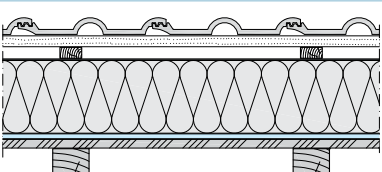
4) Ülemine lisaisolatsioon mineraalvillast MW kasutusvaldkonnaga DAD-dm, puitvill-kergehitusplaat WW kasutusvaldkonnaga DAD-dh või jäik vahtplaat EPS, XPS või PUR kasutusvaldkonnaga DAD.

5) Konstruktsiooni muutmisel tuleb alljärgnevad parandustegurid $\Delta D_{n,f,w}$ liita juurde tarindi pikisuunalise helirõhutasemete vahele $D_{n,f,w}$:

- Read 1–4, veerg 3: läbiv varikatus; ei sobi elamuehituseks
- Rida 1, veerg 3: läbiv jäigast vahust isolatsioonikiht vaheseina kohal: $\Delta D_{n,f,w} = -5$ dB
- Rida 1, veerg 4: täiendav kipsplaatidest aluskiht isolatsiooniga sarikate vahel või all: $\Delta D_{n,f,w} \geq +8$ dB

Külgnevad katuslaed – ridaelamute ja paarismajade sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 19: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed $D_{n,f,w}$ sarikapealse mineraalvillast isolatsiooniga standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 32 kohaselt

Katusekonstruktsioon		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$			Rida
Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata		Katuseühendus vastavalt tabelile FB. 17			
Konstruktsiooni üksikasjad		A	B	C	
		dB	dB	dB	
<ul style="list-style-type: none">■ Katusekate■ Latid, vastulatid■ 100 kuni 140 mm mineraalvillaplaat MW¹⁾■ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid		65 ³⁾	68	> 75	1
<ul style="list-style-type: none">■ Katusekate■ Latid, vastulatid■ ≥ 160 mm mineraalvillaplaat MW¹⁾■ Täiendav koormusolukord²⁾ ühekihiline m' ≥ 10 kg/m²■ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid		69	> 70	> 75	2

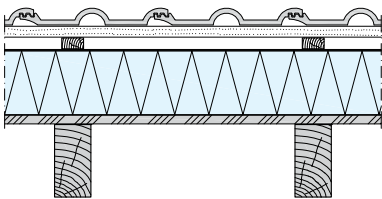
1) MW mineraalvillaplaat kasutusvaldkonnaga DAD-dm.

2) Täiendav koormusolukord, ühe- või mitmekihiline, koosnedes näiteks alljärgnevatest materjalidest: bituumen-rullmaterjal ($d \geq 4$ mm, raske), kipsplaat, kipskiudplaat, tsementsideainega puitlaastplaat.

3) Konstruktsiooni muutmisel tuleb alljärgnevad parandustegurid $\Delta D_{n,f,w}$ liita juurde tarindi pikisuunalise helirõhutasemete vahele $D_{n,f,w}$:

- Rida 1, veerg 3: läbiv isolatsioonikiht vaheseina kohal $\Delta D_{n,f,w} = -9$ dB

Tabel. FB. 20: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed $D_{n,f,w}$ sarikapealse puitkiudmaterjalist isolatsiooniga¹⁾ standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 33 kohaselt

Katusekonstruktsioon		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$			Rida
Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata		Katuseühendus vastavalt tabelile FB. 17			
Konstruktsiooni üksikasjad		A	B	C	
		dB	dB	dB	
<ul style="list-style-type: none">■ Katusekate■ Latid, vastulatid■ ≥ 140 mm puitkiust isolatsiooniplaat WF²⁾■ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid		63	65 ³⁾	> 75	1
<ul style="list-style-type: none">■ Katusekate■ Latid, vastulatid■ ≥ 240 mm puitkiust isolatsiooniplaat WF²⁾■ ≥ 19 mm punnsoonega laudis või puitlaastplaadid		69 ³⁾	> 70 ³⁾	> 75	2

1) Väärtused kehtivad, kui katuselatid on kinnitatud vähese survejõuga

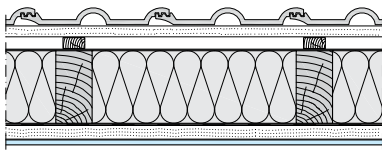
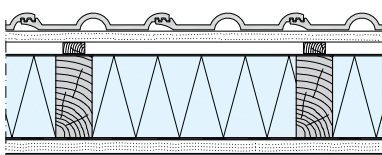
2) WF puitkiust isolatsiooniplaat kasutusvaldkonnaga DAD-dm.

3) Konstruktsiooni muutmisel tuleb alljärgnevad parandustegurid $\Delta D_{n,f,w}$ liita juurde tarindi pikisuunalise helirõhutasemete vahele $D_{n,f,w}$:

- Rida 1 veerg 4: lisaisolatsioon 1. sarikatest vaheseinani paremal ja vasakul: $\Delta D_{n,f,w} \geq +3$ dB
- Rida 2, veerg 3: suur kinnitustugevus: $\Delta D_{n,f,w} \geq -5$ dB
- Rida 2, veerg 4: suur kinnitustugevus; (65 kuni 68): $D_{n,f,w} = 67$ dB

Külgnevad katuslaed – ridaelamute ja paarismajade sarikatega katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed

Tabel. FB. 21: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed $D_{n,f,w}$ sarikatevahelise (osalise või täieliku) isolatsiooniga standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 34 kohaselt

Katusekonstruktsioon		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Katuseühendus vastavalt tabelile FB. 17			Rida
Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata		A dB	B dB	C dB	
Konstruktsiooni üksikasjad					
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastuladid 120 kuni 180 mm sarikatevaheline isolatsioon¹⁾ Aluslatid 12,5 mm kipsplaadid 		75 ³⁾	–	–	1
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastuladid ≥ 180 mm sarikatevaheline isolatsioon²⁾ Aluslatid 12,5 mm kipsplaadid 		79	–	–	2

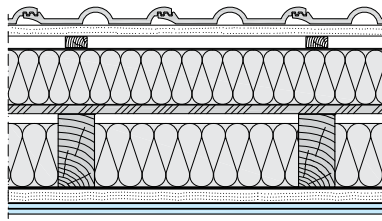
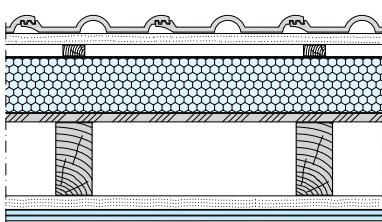
1) Sarikatevaheline isolatsioon mineraalvillast MW või puitkiudmaterjalist WF, kasutusvaldkond DZ.

2) Puitkiudmaterjal WF, kasutusvaldkond DZ.

3) Konstruktsiooni muutmisel tuleb alljärgnevad parandustegurid $\Delta D_{n,f,w}$ liita juurde tarindi pikisuunalise helirõhutasemete vahele $D_{n,f,w}$:

- Rida 1, veerg 3: ühekihiline sein vaheseinana: $\Delta D_{n,f,w} = -5$ dB
- Rida 1, veerg 3: läbivad aluslatid: $\Delta D_{n,f,w} = -10$ dB
- Rida 1, veerg 3: läbivad roovtalad ja aluslatid: $\Delta D_{n,f,w} = -20$ dB

Tabel. FB. 22: Katuslagede pikisuunalise helirõhutasemete vahed $D_{n,f,w}$ sarikapealse ja -vahelise isolatsiooniga standardi DIN 4109-33:2016-07 tabeli 35 kohaselt

Katusekonstruktsioon		Kaalutud standarditud külgsuunalise helirõhutasemete vahe $D_{n,f,w}$ Katuseühendus vastavalt tabelile FB. 17			Rida
Kujutised ilma soojus- ja niiskustehnilisi nõudeid arvesse võtmata		A dB	B dB	C dB	
Konstruktsiooni üksikasjad					
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastuladid ≥ 120 mm sarikapealne isolatsioon¹⁾²⁾ Punnsoonega laudis ≥ 140 mm sarikatevaheline isolatsioon¹⁾ Aluslatid 2 × 12,5 mm kipsplaadid 		> 75 ³⁾	–	–	1
<ul style="list-style-type: none"> Katusekate Latid, vastuladid ≥ 120 mm sarikapealne isolatsioon²⁾ Sarikad/õhuruum Aluslatid 2 × 12,5 mm kipsplaadid 		> 70 ³⁾	72 ³⁾	75 ³⁾	2

1) MW mineraalvill või WF puitkiudmaterjal kasutusvaldkonnaga DZ (sarikate vahel), kasutusvaldkonnaga DAD (sarikate peal).

2) Jäigad vahtplaadid EPS, XPS või PU kasutusvaldkonnaga DAD.

3) Aluslatid eraldatud. Isolatsioon sarikate ja vaheseina vahel katkestatud.

Vahesein kuni soojusisolatsioonini üles tõstetud.

Jäiga vahu korral on isolatsioon vaheseina kohal katkestatud.

$$\log(xy) = \log x + \log y$$

Laiendatud arvutused

Üheaegsuse piirsageduse arvutamine

Üheaegsuse piirsagedus (lühidalt piirsagedus) kirjeldab komponentide heliisolatsiooni süvapunkti heli esinemise sagedusel.

Nagu on juba kirjeldatud peatüki „Alused“ punktis „Otsene heliisolatsioon“, on üheaegsuse piirsagedus f_g konkreetse materjali:

- konstruktsiooni paksusest
- elastsusmoodulist
- mahukaalust
- paindejäikusest.

Sellest tuleneb alljärgnev valemiseos:

$$f_g = \frac{c_L^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m'}{B'}} \text{ Hz} \quad (31)$$

kus:

c_L = Helikiirus õhus m/s (temperatuuril 20 °C, 343 m/s)

m' = Konstruktsiooni mass pinnaühiku kohta, kg/m²

B' = Laiusega seotud paindejäikus, MNm

Alljärgnevatel, osaliselt lihtsustatud eeldustel võib valemi kirjutada ka alljärgneval viisil:

$$f_g \approx \frac{60}{d} \sqrt{\frac{\rho}{E_{dyn}}} \text{ Hz} \quad (32)$$

kus:

d = Konstruktsiooni paksus, m

ρ = Mahukaal, kg/m³

E_{dyn} = Dünaamiline elastsusmoodul, MN/m²

Alljärgnev tabel EB.1 pakub erinevate ehitusmaterjalide elastsusmooduli ja mahukaalu ligikaudseid võrdlusväärtusi üheaegsuse piirsageduse asukoha arvutamiseks.

Tab. EB. 1: Mahukaalu ja elastsusmooduli võrdlusväärtused [1 ja 2]

Ehitusmaterjalid	Mahukaal kg/m ³	Elastsusmoodul MN/m ²	Rida
Vineer	600–800	5000 – 12 000	1
Silikaattellis	1200–2000	3000 – 15 000	2
Tellismüüritis	1400–2000	3000 – 16 000	3
Kergetoon	700–1400	1500 – 13 000	4
	1300–1600	900 – 30 000	
Poorbetoon	500–1000	500–4000	5
Raskebetoon	2000–2500	25 000 – 40 000	6
Kipsplaat	650–1450	2500–3800	7
Tsement-tasanduskiht	2200	30 000	8
Teras	7800	190 000 – 210 000	9

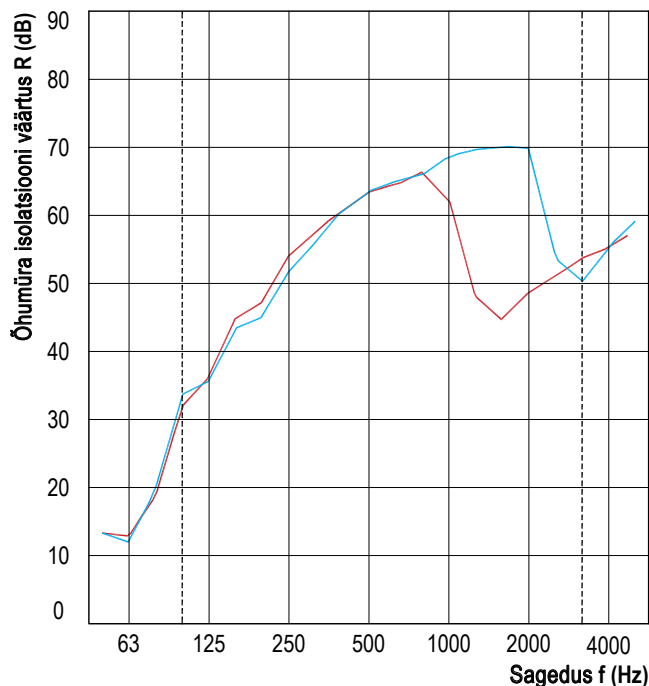
Vihikus

„Alused SS01.de“ on joonisel GS.17 olenevalt konstruktsiooni paksusest esitatud erinevate materjalide üheaegsuse piirsagedused.

Joonise EB. 1 põhjal on hästi näha üheaegsuse piirsageduse mõju heliisolatsioonindeksile. Joonisel näidatud plaatide mass on mõlemal metallpostidega seinal ligikaudu võrdne. Plaatide paksus ja arv on siiski erinev. See on muu hulgas üks põhjus, miks tuleks akustilisest seisukohast eelistada kahekihilist õhukest plaatkatet ühekihilisele paksule plaadile.

Joonis. EB. 1: Karkassvaheseinte võrdlus:

Ühe- ja kahekihilised võrdse paksusega plaatkatted



Metallkarkassvaheseinad

W111.ee; CW 75; 25 mm massiivkipsplaat GKFI	R_w 51,4 dB
W112.ee; CW 75; 2 × 12,5 mm tuletõkkeplaat Knauf GKF	57,2 dB

Resonantssageduse arvutamine

Resonantssagedused võivad tekkida ainult mitmekihilistel süsteemidel. Resonantssageduse piirkonnas halveneb süsteemi heliisolatsioon märkimisväärselt. Resonantssageduse asukoht kirjeldab ainult halvenemise tippu. Alles alates tegurist $\sqrt{2}$ resonantssageduse f_0 tasemest kõrgemal toimub paranemine võrreldes ühekihilise süsteemiga.

Nagu on juba vihiku „Alused SS01.de“ punktis „Otsene heliisolatsioon“ kirjeldatud, oleneb resonantssageduse asukoht alljärgnevatest suurustest:

- Üksikute kihtide mass pinnaühiku kohta m' , kg/m²
- Kihtide vahekaugus d meetrites
- Isolatsioonikihi (või õhukihi) dünaamiline jäikus s' , MN/m³

Vooderkonstruktsioonide puhul, mis on elastse kihi / isolatsioonimaterjali kaudu põhikonstruktsiooniga ühendatud (nt ujuvpõrandad löögimüra isolatsiooniplaatidel, kuivkrohv-voodrikihid), on resonantssagedus järgmine:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz} \quad (33)$$

Paljude isolatsioonimaterjalide, eelkõige löögimüra isolatsiooniplaatide puhul on toote tehnilistes andmetes esitatud dünaamiline jäikus s' .

Alternatiivselt võib dünaamilist jäikust arvutada järgmiselt:

$$s' = \frac{E_{\text{dyn}}}{d} \text{ MN/m}^3 \quad (34)$$

Vooderkonstruktsioonide puhul, mis on põhitarindi ees vabalt seisvad või mis on eraldatud konstruktsioonimürast (nt U-riputite, akustiliste mütsprofiilidega),

ja õõnsus on vähemalt 70% ulatuses täidetud isolatsioonimaterjaliga, mille pikisuunaline õhuvoolu takistus on $5 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2 \leq r \leq 50 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, arvutatakse resonantssagedus järgmiselt:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,08}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ Hz} \quad (35)$$

Vihiku „Alused SS01.de“ punktis „Otsene heliisolatsioon“ joonisel GS. 21 on kirjeldatud kahekihiliste süsteemide võimalike konstruktsioonide kolme põhimõtet.

Põhimõte A:

Kaks rasket, jäika seina, mis on ühendatud elastsete kinnitustega.

Põhimõte B:

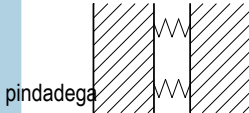
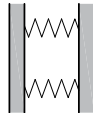
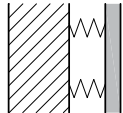
Kaks elastset plaatkatet, mis on ühendatud elastse kinnitusega.

Põhimõte C:

Kerge elastne plaatkate, mis on elastselt ühendatud massiivseinaga.

Olenevalt vaadeldud põhimõtetest ja profiili lahendusest saab resonantssageduse asukoha arvutada lihtsustatult tabeli EB. 2 järgi.

Tab. EB. 2: Kahekihiliste konstruktsioonide resonantssagedused olenevalt süsteemi konstruktsioonist

Profiilide lahendus	Põhimõte A	Põhimõte B	Põhimõte C
			
	Arvutused kehtivad		
	kahele ühesuguse raskusega pinnale		erineva raskusega pindadele
Kahe pinna vaheline õõnsus on (osaliselt või täielikult) täidetud isolatsioonimaterjaliga, mis ei ole ümbristega tugevasti ühendatud, nt kahekihilised massiivseinad, vooderkatted massiivseinte ees ja metallkarkassvaheseinad	$f_0 = \frac{340}{\sqrt{m' \cdot d}} \text{ Hz}$ m' ühe pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²	$f_0 = \frac{85}{\sqrt{m' \cdot d}} \text{ Hz}$ m' mõlema pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²	$f_0 = \frac{60}{\sqrt{m' \cdot d}} \text{ Hz}$ m' kergema pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²
Isolatsioonimaterjal on mõlema pinnaga tugevasti ühendatud, nt ujuv põrand, liimitud isolatsioonikihi kipsplaadid	$f_0 = 900 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$ m' ühe pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²	$f_0 = 255 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$ m' mõlema pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²	$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \text{ Hz}$ m' kergema pinna mass pinnaühiku kohta, kg/m ²

Märkus:

Erinevates kirjandusallikates on erinevad valemid resonantssageduste arvutamiseks, mis võivad anda erinevad tulemused. Vaidlusaluse ülesandepüstituse puhul tuleb lihtsustatud valemite kasutamisest tabelis EB. 2 loobuda.



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
seminaridega pakume teile värsked teadmisi nii
tänapäevaks kui ka homseks. Kasutage seda eelist
enda ja oma töötajate jaoks, sest haridus
on tulevik!

- > Tel (+372) 651 8697
- > info@knauf.ee



KNAUF DIGITAL

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

- > www.knauf.ee
- > www.youtube.com/knaufestti
- > www.twitter.com/knauf_presse

E-R 8–16

Tallinn UÜ
Järvevana tee 7B
10112 Tallinn

Knauf AMF
Laesüsteemid

Knauf Aquapanel
TecTem® 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