Peričeva 21
1000 Ljubljana

ELABORAT
ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	**Poslovno-stanovanjska stavba – Novogradnja in odstranitev objekta**
lokacija stavbe:	Zg. Leskovec 8, 2285 Zgornji Leskovec
investitor:	Prostovoljno gasilsko društvo Zg. Leskovec, Zg. Leskovec 8, 2285 Zgornji Leskovec
projektant:	Arhitekturni biro Marinič d.o.o. Mlinska ulica 32, 2000 Maribor
odgovorni vodja projekta:	Božidar Marinič, univ. dipl. inž. arh. ZAPS 0474 PA PPN
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-114-10/23
izvod:	*elektronski izvod*
datum izdelave elaborata:	oktober 2023

Vsebina

1. Izhodišča in mejne vrednosti 2
1.1. Tehnični in zakonski normativi 2
1.2. Mejne ravni zunanjega hrupa 2
1.3. Mejne ravni notranjega hrupa 3
1.4. Mejne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ notranjih ločilnih elementov 3
2. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom 4
2.1. Zvočna izolirnost fasade 4
3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku 6
3.1. Opečna stena med prostori različnih uporabnikov 6
3.2. Suhomontažna stena med stanovanji 8
3.3. Medetažna konstrukcija med stanovanjem in tehničnim prostorom 9
3.4. Vrata v stanovanja 11
4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom 11
4.1. Medetažna konstrukcija med stanovanjem in tehničnim prostorom 11
4.2. Medetažna konstrukcija strojnice 12
5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme 13
6. Obvladovanje odmevnega hrupa 14
7. Glavne ugotovitve in splošne smernice 15
8. Izkaz o zaščiti pred hrupom 17
9. Literatura 17

1. Izhodišča in mejne vrednosti

Elaborat upošteva strokovna dognanja s področja gradbene akustike in temelji na računskih postopkih, ki so v stroki ustaljeni. Predlagane rešitve so celovite in zagotovo dosežejo svoj namen samo, če so izvedene skladno z danimi navodili - v primeru odstopanj pri izvedbi potrebna ponovna strokovna ocena načrtovanih posegov.

Osnova za izdelavo elaborata je projektna dokumentacija (načrti, sestave konstrukcij in drugi podatki o objektu), posredovana s strani odgovornega projektanta. Elaborat je izdelan skladno s tehnično smernico *TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah* (v nadaljevanju: tehnična smernica), področnimi standardi ter normativi.

Obravnavan objekt je opredeljen pod sledečo CC-SI klasifikacijo:
- 12740 Druge stavbe, ki niso uvrščene drugje – Gasilski domovi in skupni prostori
- 11210 Dvostanovanjske stavbe – Stanovanja
- 12302 Sejemske dvorane – Večnamenska dvorana
- 12203 Druge poslovne stavbe – Pisarne

Predmet elaborata je dvoetažni objekt (P+M). Konstrukcija objekta je armirano betonska in jeklena z opečnimi in suhomontažnimi stenami. V pritličju objekta so predvideni prostori gasilskega doma in poslovni prostori, v mansardi pa dve stanovanjski enoti ter dodatni prostori gasilskega doma.

1.1. Tehnični in zakonski normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:
- SIST EN 12354-1, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- SIST EN 12354-2, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- SIST EN 12354-3, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanjosti,
- SIST EN 12354-6, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih,
- DIN 4109, Sound insulation in buildings; requirements and testing
- Tehnična smernica TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah.

Elaborat smiselno upošteva sledeče zakonske normative:
- Gradbeni zakon (GZ-1) (Uradni list RS, št. 199/21 in 105/22 - ZZNŠPP)
- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18 in 59/19),
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1),
- Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ).

1.2. Mejne ravni zunanjega hrupa

Objekt je umeščen v področje za katerega ni meritev o obremenjenosti s hrupom in ni računskih ocen o obremenjenosti s hrupom. Posledično za potrebe izračunov upoštevamo splošne okoljske mejne ravni hrupa, kot jih podaja preglednica 1 priloge 1 *Uredbe o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju* (Tabela 1).

Tabela 1: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dan} za posamezna območja varstva pred hrupom.

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ [dB(A)]	L_{dan} [dB(A)]
IV. območje	65	75
III. območje	50	60
II. območje	45	55
I. območje	40	50

Delovne aktivnosti v objektu so vezane na dan, so v Tabeli 1 relevantne vrednosti L_{dan}. Ker obravnavani objekt spada v III. varstveno območje, privzamemo raven zunanjega hrupa **L_{dan} = 60 dB(A).**

1.3. Mejne ravni notranjega hrupa

Mejne vrednosti ekvivalentne ravni notranjega hrupa L_{Aeq} so določene glede na namembnost prostora in del dneva v tehnični smernici in so zapisane v tabeli 2.

Tabela 2: Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} glede na namembnost prostora.

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} [dB(A)]		
	dan	večer	noč
Prostori v stanovanjih	35	33	30
Prenočitvene enote v stavbah za nastanitev (hotelih, motelih, penzionih ipd.) ter sobe v stanovanjskih stavbah za posebne namene (domovi za starejše, dijaški domovi, internati ipd.)	35	33	30
Bolniške sobe	30	30	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35	35	35
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	35	35	35

Namembnost prostorov obravnavanega objekta sodi med prostore v stanovanjih, zato kot mejno vrednost notranjega hrupa upoštevamo **$L_{Aeq,večer}$ = 33 dB(A)**.

1.4. Mejne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ notranjih ločilnih elementov

Upoštevajoč namembnost prostorov so v preglednicah 4 in 7 tehnične smernice podane zahteve za zvočno izolirnost (R_w') in maksimalno raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L_{n,w}'$) notranjih ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

Tabela 3: Merodajne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ za obravnavan objekt.

4.1	Stena med stanovanjema ali oskrbovanima stanovanjema	$R_w' \geq 52$ dB
4.3	Stena brez vrat med stanovanjem in skupnim stopniščem ali hodnikom	$R_w' \geq 52$ dB
4.12	Stena, v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje	$R_w' \geq 52$ dB
4.13	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje s predprostorom	$R_w' \geq 27$ dB

4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim	$R_w' \geq 52$ dB $L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.17	Stopnišča, podesti, hodniki	$L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.18	Medetažna konstrukcije med stanovanjem in nestanovanjskim delom stavbe pod njim	$R_w' \geq 57$ dB $L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in manj hrupno strojnico pod njim	$R_w' \geq 57$ dB $L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.28	Podna konstrukcija manj hrupne strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja ali pod njim	$L_{n,w}' \leq 43$ dB
7.1	Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov	$R_w' \geq 52$ dB
7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižicami ter drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 48$ dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 46$ dB

2. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom

Zvočno zaščito objekta pred vdorom zunanjega hrupa preverimo za merodajno konstrukcijo stavbnega ovoja, kjer, zaradi geometrijskih karakteristik prostorov in lastnosti ločilnih konstrukcij, pričakujemo najnižjo raven zvočne zaščite in posledično največje prehajanje hrupa v objekt. Morebitne zahteve (npr. minimalna zvočna izolirnost elementov fasade, minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na celoten objekt, razen če je specificirano drugače.

Za vsako obravnavano ločilno konstrukcijo najprej ločeno določimo zvočno izolirnost vsakega od elementov obravnavane ločilne konstrukcije in nato izračunamo skupno zvočno izolirnost ločilne konstrukcije. Na podlagi podatkov o zunanjem hrupu, zvočni izolirnosti konstrukcije, ter ob poznavanju velikosti ločilne konstrukcije in volumna prostora lahko tako izračunamo pričakovano raven zvočnega tlaka v prostoru, kot posledico vdora zunanjega hrupa v objekt.

2.1. Zvočna izolirnost fasade

Izračun naredimo za merodajni prostor, in sicer **SE2_Soba** v mansardi, saj je to eden izmed prostorov z največjim deležem zasteklitev, skozi katero pričakujemo največje prehajanje hrupa v objekt.

Elementi ločilne konstrukcije

Obravnavano ločilno konstrukcijo sestavlja opečna fasadna stena in stavbno pohištvo (okno).

Po projektu je predvidena sledeča sestava fasadne stene:
- 2,5 cm / omet ($\rho \geq 1800$ kg/m^3)
- 30 cm / opečna stena – modularni blok ($\rho \geq 750$ kg/m^3)
- 15 cm / toplotna izolacija – mineralna volna ($s_D \leq 30$ MN/m^3)
- 1 cm / kontaktna fasadna obloga ($\rho \geq 1800$ kg/m^3)

Ker stavbno pohištvo predstavlja merodajen element stavbnega ovoja, v sklopu elaborata določimo minimalno zahtevano zvočno izolirnost elementov (Tabela 4). Pri tem je nujno upoštevati spektralni popravek za hrup prometa C_{tr}, minimalne vrednosti zvočne izolirnosti elementov stavbnega pohištva tako podamo v obliki $R_w + C_{tr}$. Zahteva velja za celoten element stavbnega pohištva, torej za krilo s polnilom (zasteklitvijo) in okvir z okovjem.

Zvočna izolirnost ločilne konstrukcije

Vrednosti zvočne izolirnosti posameznih elementov in skupna zvočna izolirnost stavbnega ovoja je navedena v tabeli 4.

Tabela 4: Površina in vrednosti zvočne izolirnosti elementov stavbnega ovoja.

element	S_i [m²]	R_w [dB]	ΔR_w [dB]	C, C_{tr} [dB]	$R_w + C_{tr}$ [dB]	ΔR_{Tf} [dB]	ΔR_{LAB} [dB]	R'_w [dB]
polna fasada	7,0	49	/	-6	43	-2	/	/
okna	1,8	/	/	/	28	/	-2	
skupaj	8,8	/						**32**

Za fasadno steno izračunamo zvočno izolirnost (R_w) po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1 in spektralni popravek za hrup prometa (C_{tr}) po enačbi B.6 istega standarda. Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja (ΔR_w) določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. /ali/ Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja (ΔR_w) ne upoštevamo. Skladno s točko 4.3 standarda ISO 12354-3 upoštevamo popravek zaradi stranskega prenosa (ΔR_{Tf}).

Za stavbno pohištvo določimo mejno minimalno zvočno izolirnost z upoštevanjem spektralnega popravka ($Rw + C_{tr}$). Skladno s tehnično smernico upoštevamo popravek za laboratorijsko določene vrednosti (ΔR_{LAB}).

Za vsak element stavbnega ovoja nato določimo zvočno prevodnost po enačbi (15) standarda ISO 12354-3, na podlagi katere nato določimo skupno izolirnost ločilne konstrukcije (enačba (10) standarda ISO 12354-3), ki znaša **R'_w = 32 dB.**

Raven hrupa v prostoru

Raven zvočnega tlaka v prostoru izračunamo po spodnji enačbi (str. 15, TSG-1-005:2012), pri čemer upoštevamo vhodne podatke iz tabele 5.

$$L_{notri} = L_{zunaj} - R'_w + 10 \log_{10}\left(\frac{S}{A}\right) - \Delta L_{fs} = 26\ dB(A)$$

Tabela 5: Vhodni podatki za izračun predvidene ravni zvočnega tlaka v prostoru.

L_{zunaj} =	60	dB(A)	… raven hrupa zunaj
R'_w =	32	dB	… zvočna izolirnost stavbnega ovoja
S =	8,8	m²	… površina stavbnega ovoja
L_{fs} =	0	dB	… popravek zaradi oblike fasade
A =	12,8	m²	… ekvivalentna absorpcijska površina (enačba tehnične smernice (str. 15)
V =	39,3	m³	… volumen prostora

IZRAČUNANA RAVEN HRUPA		MEJNA RAVEN HRUPA
26 dB (A)	≤	33 dB (A)
Zasnova zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, mora celoten sistem zunanjega stavbnega pohištva dosegati zvočno izolirnost ***vsaj $R_w + C_{tr}$= 31 dB,*** *polni elementi stavbnega ovoja pa* ***vsaj $R_w + C_{tr}$ = 34 dB.***
Priporočamo vgradnjo zasteklitev z dvema različnima debelinama stekel.
Navedene zahteve se nanašajo na celotni fasadni ovoj objekta.

3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

V tem razdelku računsko preverimo ustrezanje zahtevam zvočne izolirnosti notranjih ločilnih konstrukcij (poglavje 1.4), ki se nanašajo na obravnavani objekt. Računsko preverimo ločilne stene oz. medetažne konstrukcije katere, zaradi geometrijskih karakteristik, sestav mejne in stranskih konstrukcij ter zahtev tehnične smernice, definiramo kot merodajne.

Morebitne zahteve (npr. minimalna zvočna izolirnost konstrukcij/konstrukcijskih elementov, minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na notranje konstrukcije enakega tipa celotnega objekta, razen če je specificirano drugače. Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

3.1. Opečna stena med prostori različnih uporabnikov

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

7.1	Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov	$R_w' \geq 52$ dB
7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižicami ter drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 48$ dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 46$ dB

Ker je sestava sten, ki se pojavljajo na objektu enaka, naredimo izračun za ločilno konstrukcijo, kjer je zahteva najvišja (**$R'_w \geq 52$ dB**) in kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo steno med pisarno DU in pisarno gasilci v pritličju, dimenzij 4,6 m x 5,0 m. Obravnavana konstrukcija je debeline 30 cm s sestavo:
- 2,5 cm / omet ($\rho \geq 1800$ kg/m^3)
- 25 cm / opečna stena – modularni blok ($\rho \geq 750$ kg/m^3)
- 2,5 cm / omet ($\rho \geq 1800$ kg/m^3)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Za mejno konstrukcijo izvočno izolirnost (R_w) pridobimo iz poročila meritev [1].

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 6.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 6) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 7) po računskem postopku opisanem v točki 4.4.1 standarda ISO 12354-1. Za določitev faktorjev dušenja vibracij uporabimo izračune po dodatku E istega standarda.

Tabela 6: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	stena	stena 1	stena 2	tla	strop	stena 1'	stena 2'	tla'	strop'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m²]	315	315	315	840	576	315	315	840	576
$R_{i,w}$	[dB]	54	54	54	68	62	54	54	68	62
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 7: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	54	70	67	80	77	70	67	74	73	70	67	74	73

Ob tem velja, da je m_i masa i-tega elementa, $R_{i,w}$ zvočna izolirnost i-te stranske ali mejne konstrukcije in $\Delta R_{i,w}$ dodatno izboljšanje izolirnosti i-te stranske ali mejne konstrukcije zaradi dodatnega sloja.

Za izračun izolirnosti ločilne konstrukcije ob upoštevanju stranskega prenosa uporabimo enačbo (26) standarda ISO 12354-1:

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{53\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
53 dB	≥	52 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti je pomembna pravilna izvedba prebojev in križanj z drugimi konstrukcijami, pri čemer naj se sledi priporočilom poglavja 7.

3.2. Suhomontažna stena med stanovanji

Preglednica 4 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.1	Stena med stanovanjema ali oskrbovanima stanovanjema	$R_w' \geq 52$ dB
4.3	Stena brez vrat med stanovanjem in skupnim stopniščem ali hodnikom	$R_w' \geq 52$ dB
4.12	Stena, v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje	$R_w' \geq 52$ dB

Ker je zahteva za minimalno zvočno izolirnost enaka za vse tipe konstrukcij, izračun naredimo za ločilno konstrukcijo, kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo suhomontažno steno med stanovanjema v mansardi, površine 35,7 m^2. Obravnavana konstrukcija je debeline 21,5 cm s sestavo:

- 2,5 cm / dvoslojna obloga iz mavčnih plošč (2 x 1,25 cm)
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno
- 1,25 cm / obloga iz mavčnih plošč
- 0,25 cm / zračni prostor
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno
- 2,5 cm / dvoslojna obloga iz mavčnih plošč (2 x 1,25 cm)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Predvidena sestava je primerljiva sestavi po sistemu W115W proizvajalca Knauf, debeline 21,5 cm (požarne plošče). Zvočna izolirnost konstrukcije je tako pridobljena iz tehničnega lista [2].

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 8.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 8) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 9) po računskem postopku opisanem v točki 4.4.1 standarda ISO 12354-1. Za določitev faktorjev dušenja vibracij uporabimo izračune po dodatku E istega standarda.

Tabela 8: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	stena	stena 1	stena 2	tla	strop	stena 1'	stena 2'	tla'	strop'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	57	315	45	576	34	315	45	576	34
$R_{i,w}$	[dB]	70	54	54	62	49	54	54	62	49
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 9: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	70	63	66	66	61	85	75	87	73	85	75	87	73

Ob tem velja, da je m_i masa i-tega elementa, $R_{i,w}$ zvočna izolirnost i-te stranske ali mejne konstrukcije in $\Delta R_{i,w}$ dodatno izboljšanje izolirnosti i-te stranske ali mejne konstrukcije zaradi dodatnega sloja.

Za izračun izolirnosti ločilne konstrukcije ob upoštevanju stranskega prenosa uporabimo enačbo (26) standarda ISO 12354-1:

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{57\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
57 dB	≥	52 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti je pomembna pravilna izvedba prebojev in križanj z drugimi konstrukcijami, pri čemer naj se sledi priporočilom poglavja 7.

3.3. Medetažna konstrukcija med stanovanjem in tehničnim prostorom

Preglednica 4 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim	$R_w' \geq 52$ dB
4.18	Medetažna konstrukcije med stanovanjem in nestanovanjskim delom stavbe pod njim	$R_w' \geq 57$ dB
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in manj hrupno strojnico pod njim	$R_w' \geq 57$ dB

Ker je sestava medetažnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu enaka, naredimo izračun za ločilno konstrukcijo, kjer je zahteva najvišja (**$R'_w \geq 57$ dB**) in kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo medetažno konstrukcijo med spalnico v mansardi in tehničnim prostorom v pritličju, dimenzij 3,8 m x 2,25 m. Obravnavana konstrukcija je debeline 44 cm s sestavo:

- 1,5 cm / finalni tlak - keramika
- 4,5 cm / betonski estrih ($\rho \geq 2000$ kg/m^3)
- 4 cm / sistemska plošča za talno gretje
- 2 cm / zvočna izolacija EPS ($s_D \leq 30$ MN/m^3)
- 8 cm / sloj za razvod instalacij – EPS
- 24 cm / AB plošča ($\rho \geq 2400$ kg/m^3)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Za mejno konstrukcijo izračunamo zvočno izolirnost (R_w) po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1. Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja (ΔR_w) določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo površinsko maso dodatnega sloja m'_2 = 90 kg/m^2 in dinamično togost sloja zvočne izolacije $s_D \leq 30$ MN/m^3.

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij podobno izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 10.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 10) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 11) po računskem postopku opisanem v točki 4.4.1 standarda ISO 12354-1. Za določitev faktorjev dušenja vibracij uporabimo izračune po dodatku E istega standarda.

Tabela 10: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	med. konst.	stena 1	stena 2	stena 3	stena 4	stena 1'	stena 2'	stena 3'	stena 4'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	576	315	45	315	45	315	315	315	315
$R_{i,w}$	[dB]	62	54	54	54	54	54	54	54	54
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	9	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 11: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	70	63	61	65	63	76	76	78	78	76	91	78	93

Ob tem velja, da je m_i masa i-tega elementa, $R_{i,w}$ zvočna izolirnost i-te stranske ali mejne konstrukcije in $\Delta R_{i,w}$ dodatno izboljšanje izolirnosti i-te stranske ali mejne konstrukcije zaradi dodatnega sloja.

Za izračun izolirnosti ločilne konstrukcije ob upoštevanju stranskega prenosa uporabimo enačbo (26) standarda ISO 12354-1:

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{56\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
56 dB	≥	52 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije je pomembna pravilna izvedba plavajočega poda (glej priporočila poglavja 7).

3.4. Vrata v stanovanja

V preglednici 4 tehnične smernice je podana zahteva za zvočno izolirnost vhodnih vrat, ki se pojavljajo na objektu:

4.13	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje s predprostorom	$R_w' \geq 27$ dB

Pri tem skladno s tehnično smernico upoštevamo popravek za vrednost pridobljeno z laboratorijskimi meritvami (ΔR_{LAB}), ki za vrata znaša najmanj 5 dB. Tako je *minimalna zvočna izolirnost vseh vrat, ki vodijo iz skupnega hodnika v stanovanja* ***vsaj R_w= 32 dB****. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in okvirja z ločilno konstrukcijo in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.*

4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom

V nadaljevanju preverimo ustrezanje zahtevam glede največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka obravnavanih medetažnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu (poglavje 1.4). Izračune izdelamo za medetažne konstrukcije katere, zaradi geometrijskih karakteristik, sestav mejne in stranskih konstrukcij ter zahtev tehnične smernice, definiramo kot merodajne.

Morebitne zahteve (npr. minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, dinamična togost sloja zvočne izolacije ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na notranje konstrukcije enakega tipa celotnega objekta, razen če je specificirano drugače. Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

4.1. Medetažna konstrukcija med stanovanjem in tehničnim prostorom

Preglednica 4 tehnične smernice podaja zahteve za največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, za ločilne konstrukcije, ki se pojavljajo na objektu:

4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim	$L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.18	Medetažna konstrukcije med stanovanjem in nestanovanjskim delom stavbe pod njim	$L_{n,w}' \leq 58$ dB
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in manj hrupno strojnico pod njim	$L_{n,w}' \leq 58$ dB

Izračun naredimo za medetažno konstrukcijo med med spalnico v mansardi in tehničnim prostorom v pritličju, kjer je možnost prehoda udarnega zvoka največja.

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:
- 1,5 cm / finalni tlak - keramika
- 4,5 cm / betonski estrih ($\rho \geq 2000$ kg/m^3)
- 4 cm / sistemska plošča za talno gretje
- 2 cm / zvočna izolacija EPS ($s_D \leq 30$ MN/m^3)
- 8 cm / sloj za razvod instalacij – EPS
- 24 cm / AB plošča ($\rho \geq 2400$ kg/m^3)

Za izračun direktne komponente ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,d,w}$) uporabimo enačbo (15) standarda ISO 12354-2, pri čemer upoštevamo vhodne podatke iz tabele 12.

Tabela 12: Lastnosti mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	stranske konstrukcije			
	naziv	med.k.	stena 1'	stena 2'	stena 3'	stena 4'
	oznaka	(Dd)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	576	315	315	315	315
$R_{w,i}$	[dB]	62	54	54	54	54
$\Delta R_{w,i}$	[dB]	9	/	/	/	/
s'	MN/m^3	30	/	/	/	/
m'_2	kg/m^2	90	/	/	/	/

Z uporabo enačbe (16) istega standarda izračunamo vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka stranskih konstrukcij ($L'_{n,ij,w}$) in s tem upoštevamo vpliv stranskega prenosa na vrednost udarnega zvoka. Vhodni podatki za izračun posameznih vrednosti $L'_{n,ij,w}$ so navedeni v tabeli 12, pri čemer faktorje dušenja vibracij določimo skladno s postopkom opisanim v dodatku E standarda ISO 12354-1.

Ovrednoteno normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka tako izračunamo po enačbi (18) standarda ISO 12354-2:

$$L'_{n,w} = 10 \log\left(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,ij,,w}/10}\right) dB = \mathbf{45\ dB}$$

IZRAČUNANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA		ZAHTEVANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA
45 dB	≤	58 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije je pomembna pravilna izvedba plavajočega poda (glej priporočila poglavja 7).

4.2. Medetažna konstrukcija strojnice

Preglednica 4 tehnične smernice podaja zahteve za največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, za ločilne konstrukcije, ki se pojavljajo na objektu:

4.28	Podna konstrukcija manj hrupne strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja ali pod njim	$L'_{n,w} \leq 43$ dB

Obvladovanje udarnega zvoka, ki nastane kot posledica obratovalnih naprav se zagotavlja z umestitvijo ustreznih antivibracijskih podstavkov/podloge pod posamezne naprave. Antivibracijski sloj mora biti dimenzioniran ob upoštevanju frekvenčnega spektra delovanja vgrajene naprave ter mase naprave in morebitnega podstavka naprave. Pri tem je pomembno, da se doseže lastna frekvenca celotnega sistema po 10 Hz.

5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za objekte obravnavane namembnosti tehnična smernica določa mejno raven hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema pri L_{AFmax} = 30 dB(A). Za doseganje mejnih vrednosti je potrebna ustrezna izvedba strojnih inštalacij na objektu.

Izbira obratovalne opreme in zasnova tehničnih prostorov

Primarni ukrepi za varovanje pred hrupom obratovalne opreme je izbira čim tišjih naprav, kar je ključno predvsem pri izbiri prezračevalnih naprav oz. klimatov, ventilatorskih konvektorjev, toplotnih črpalk, hladilnih agregatov in druge hrupne obratovalne opreme. Sekundarni ukrepi se nanašajo na pravilno umestitev in zasnovo tehničnih prostorov znotraj objekta ter preprečevanje širjenja hrupa iz le-teh v druge – varovane prostore.

Tehnični prostori (strojnice) objekta ne smejo mejiti na tihe prostore, mejne konstrukcije le-teh naj so masivne in visoko zvočno izolirne (vsaj R_w = 57 dB). Pomembno je, da so tehnični prostori zadostne velikosti glede na predvideno obratovalno opremo, razvode instalacij, morebitne dušilne elemente in druge akustične ukrepe (npr. umestitev zvočno absorpcijskih oblog in antivibracijskih elementov). Dostop v tehnične prostore naj se izvede preko ločenega hodnika oz. zvokolova – direkten dostop v tehnične prostore iz varovanih prostorov objekta se odsvetuje. V vsakem primeru je pomembno zagotoviti kvalitetno stavno pohištvo z ustreznim tesnjenjem vratnega krila z okvirjem ter tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže. Jaški za dvigala in instalacijske povezave morajo biti prav tako izvedene iz visoko zvočno izolirne konstrukcije ($R_w' \geq$ 57 dB).

Skupen hrup obratovalne opreme znotraj tehničnih prostorov ne sme presegati 80 dB(A). Raven hrupa znotraj tehničnih prostorov lahko nekoliko znižamo z umestitvijo protihrupnega ohišja za naprave in z umestitvijo ustreznih zvočno absorpcijskih oblog. Zvočno absorpcijske obloge naj so enakomerno razporejene po prostoru in umeščene tako na področje sten kot tudi stropa. Priporočljivo je, da se v prostor vnese zvočno absorpcijske obloge vsaj v površini tlorisne površine prostora. Običajna debelina akustičnih oblog je vsaj 10 cm.

V primeru, da so hrupne obratovalne naprave umeščene na zunanje površine ob objektu oziroma na območje strehe se po potrebi izvede protihrupna pregrada ustrezne sestave in dimenzij, katere se določi glede na karakteristike tehnične opreme in bližino okoliških objektov. V primeru prezračevalnih naprav se po potrebi umesti dušilne elemente na kanale za zajem in izpih zraka.

Poleg obvladovanja hrupa, ki se širi po zraku je pomembno tudi obvladovanje hrupa, ki se širi po konstrukciji. Naprave morajo biti zato umeščene na ustrezne antivibracijske podstavke oziroma namensko vibracijsko ločene konstrukcije.

Razvod instalacij po objektu

Za zmanjšanje prenosa hrupa med varovanimi prostori preko prebojev razvodov je ključna ustrezna zasnova instalacij. Razvodi naj potekajo ločeno do vsakega varovanega prostora, po možnosti po prostorih z manjšim oziroma nadzorovanim hrupom.

Instalacijske vertikale/jaški naj ne mejijo na varovane prostore. V primeru, da takšna zasnova ni mogoča, morajo biti jaški izvedeni iz masivnega in visoko zvočno izolirnega materiala, v ločilni konstrukciji vertikale naj se izvede čim manjše število prebojev, ki so ustrezno zatesnjeni, na steni s preboji iz varovanega prostora v vertikale pa naj se izvede dodatna instalacijska ravnina. Vsi jaški in vertikale imajo praviloma tudi revizijske ali osebne dostope, katerih lokacija in izvedba mora biti prilagojena zahtevam zvočne zaščite ločilne konstrukcije, kjer se ti stavbni elementi nahajajo.

Instalacijski preboji izrazito poslabšajo zvočno izolirnost, zato je ključna kvalitetna izvedba le-teh. Vsi preboji morajo biti zato ustrezno zatesnjeni z masivnim ($\rho \geq 1000$ kg/m^3) in trajno elastičnim materialom. Lokalne razvode instalacij naj se izvaja v sklopu instalacijskih ravnin oz. spuščenih stropov. Preboji elektro instalacij (vtičnice, stikala) naj se ne nahajajo na enakih mestih na obeh straneh stene, vendar naj so vedno zamaknjeni. Preboje v konstrukcijah z instalacijsko polico ali parapetnim kanalom se odsvetuje.

Prezračevalni sistem mora biti zasnovan na način, ki ne povzroča dodatnega hrupa v prostoru in ne omogoča prenosa hrupa iz enega v drug prostor:

- Za zmanjšanje prenosa hrupa med varovanimi prostori preko prebojev prezračevalnih kanalov naj kanali potekajo ločeno do vsakega varovanega prostora, oz. naj se na prehod med prostore umesti dušilni element.
- Na kanalske razvode je potrebno umestiti ustrezne zvočno dušilne elemente, prilagojene karakteristikam hrupa na kanalu in zahtevam glede maksimalne ravni zvočnega tlaka v varovanih prostorih. Po potrebi se izvede dodatna zvočno izolirna obloga dušilnega elementa in priključenega kanala, za preprečevanje prehoda hrupa preko sten kanala/dušilca.
- Stike med elementi preboja in konstrukcijo se zatesni z masivnim ($\rho \geq 1000$ kg/m^3) in trajno elastičnim materialom.
- Razvode naj se izvede znotraj spuščenega stropa oz. instalacijske ravnine z namenom zmanjševanja prenosa hrupa preko samih kanalov in prebojev.
- Kanalski razvod naj se na distribucijske elemente v prostoru priključi preko fleksibilnega zvočno absorpcijskega - dušilnega elementa.
- Z namenom zmanjševanja aerodinamičnega hrupa naj bo hitrost zraka čim nižja in konstantna, pri zasnovi instalacijskih razvodov pa se je potrebno izogibati nenadnim spremembam smeri in preseka.
- V primeru objektov, kjer je zahtevana izredno visoka raven zvočne zaščite med prostori oz. je pričakovana visoka raven hrupa prezračevanja znotraj kanalov je priporočljivo, da se kanalske razvode na konstrukcijo pritrjuje preko mehkih – antivibracijskih elementov, ki preprečujejo prenos zvoka in vibracij tudi po konstrukciji.

Vsi ukrepi se nanašajo tako na dovodni kot tudi odvodni kanal, po potrebi pa se dušilne elemente predvidi tudi za kanalih za zajem in izpih.

V primeru cevnih razvodov (vodovod, kanalizacija…) je, poleg že opisanih ukrepov za razvode in prehode, za preprečevanje širjenja hrupa po konstrukciji objekta (strukturni hrup) običajno zadovoljiv ukrep umestitev elementov razvoda iz ustreznega materiala (npr. plastika), po katerem prenos vibracij ni tako izrazit. Po potrebi se na cevne razvode (na prehodih v varovane prostore) umesti tudi fleksibilne/antivibracijske elemente, na konstrukcijo pa se jih lahko pritrjuje preko mehkih – antivibracijskih spojev.

6. Obvladovanje odmevnega hrupa

Tehnična smernica ne podaja zahtev za optimalno vrednost odmevnega časa za obravnavano namembnost prostorov. Kljub temu svetujemo, da se zagotovi primerno akustično okolje v **bivalnih prostorih**, saj lahko odmevni hrup neugodno vpliva na počutje in zdravje uporabnikov prostora. Priporočamo, da se z vnosom zvočno absorpcijskega materiala, kot npr. zvočno absorpcijskih stropnih ali stenskih oblog, oblazinjenega

pohištva, gosto tkanih zaves ali preprog zagotovi zaščita pred odmevnim hrupom in ustrezno akustično okolje v obravnavanih prostorih.

Za večnamensko dvorano priporočamo izdelavo ločenega predloga akustične ureditve.

7. Glavne ugotovitve in splošne smernice

V sklopu poglavja so povzete glavne ugotovitve elaborata zaščite pred hrupom. Poleg le-teh je potrebno slediti tudi priporočilom tehnične smernice.

Zaščita pred zunanjim hrupom in zasteklitev

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti fasadnega ovoja, mora vgrajeno stavbno pohištvo dosegati zvočno izolirnost $R_w + C_{tr} \geq 28$ dB. Pri tem je pomembna kvalitetna vgradnja oken; zagotovljeno mora biti dobro tesnjenje samega elementa kot tudi tesnjenje elementov stavbnega pohištva s preostalo fasadno konstrukcijo oz. drugimi elementi fasade. Tesnjenje mora biti zagotovljeno z masivnim materialom ($\rho \geq 1000$ kg/m^3 - lahki penasti materiali niso primerna rešitev). Le tako bodo dosežene najvišje ravni zvočne izolirnosti, ki omogočajo mirno okolje v notranjih prostorih.
Priporočamo vgradnjo zasteklitev z različnimi debelinami stekel.

Polni deli fasadnega ovoja morajo dosegati zvočno izolirnost $R_w + C_{tr} \geq 34$ dB.

Horizontalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi horizontalnih ločilnih konstrukcij je nujna izvedba plavajočega poda. Pravilno izveden plavajoči pod je ključen za doseganje visoke ravni zvočne izolirnosti proti udarnemu zvoku in tudi zvoku v zraku. Pri izbiri sloja zvočne izolacije je pomembno, da ima le-ta čim manjšo dinamično togost, pri sloju estriha pa stremimo k čim višji masi. Tako so suhi estrihi običajno slabše zvočno izolirni.
Za doseganje zahtevane ravni zvočne izolirnosti proti udarnemu hrupu mora imeti vgrajena zvočna izolacija dinamično togost $S_D \leq 30$ MN/m^3.
Estrih mora biti nujno ločen od vse nosilne konstrukcije, saj s stikom omogočimo prenos zvoka po objektu. Ob stiku z vertikalno konstrukcijo naj bo nameščen elastični sloj, ki preprečuje prenos zvoka. Togi stik estriha s horizontalno nosilno konstrukcijo se lahko pojavi zaradi razvodov inštalacij znotraj sloja zvočne izolacije, Sloj zvočne izolacije naj bo zato vedno nekaj centimetrov višji od morebitnih inštalacij (cevi), da se prepreči prenos zvoka po horizontalni nosilni konstrukciji.

Plavajoči pod naj bo prekinjen med prostori – pri izvedbi lahkih sten na estrihu, se zvočna izolirnost izrazito poslabša v primerjavi z izvedbo predelne stene do nosilne konstrukcije, zato izvedba sten na estrihu ni ustrezna rešitev za doseganje visoke zvočne izolirnosti.

Vertikalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi predelnih sten je pomembna pravilna izvedba stika s preostalimi konstrukcijami, še posebej v primeru lahkih (suhomontažnih) ločilnih konstrukcij. Vertikalni in horizontalni stiki predelnih sten naj bodo zrakotesno zaprti in izvedeni po navodilih proizvajalca. Pri tem je pomembna ustrezna identifikacija varovanih prostorov in izvedba ustreznih detajlov stikov, z namenom zagotavljanja zahtevane zvočne zaščite in preprečevanja stranskega prenosa.

V primeru stika s horizontalnimi konstrukcijami morajo vertikalne ločilne konstrukcije potekati do masivne nosilne konstrukcije – spuščeni strop in plavajoči pod mora biti med prostori prekinjena.

Suhomontažne predelne stene izvedene z mavčnimi ploščami naj so vedno dvoslojne, vsak sloj mora biti zakitan in bandažiran, da se ustvari zrakotesna zapora.
Pri suhomontažnih stenah z dodatno vmesno ploščo, mora biti le-ta prav tako zakitana in bandažirana, izvedena do nosilne konstrukcije obodnih konstrukcij (tla, strop, stene) in brez prebojev ali drugih zračnih rež.

Pri izvedbi zidanih sten je ključna kvalitetna izvedba – vsi stiki morajo biti dobro zapolnjeni, saj vsaka zračna reža predstavlja oslabitev zvočne izolirnosti celotne konstrukcije. Priporočamo, da so stene vedno obojestransko ometane z vsaj 2 cm ometa.

Stene v mansardi se morajo zaključiti na špirovcu (ko potekajo vzporedno s špirovci), oziroma morajo biti na drug način zaprte v nivoju strešne konstrukcije (npr. z izdelavo suhomontažne zapore v ravnini špirovcev nad obravnavano steno), da se prepreči prehajanje zvoka med bivalnimi enotami oz. bivalnimi enotami in hodnikom. Pomembno je, da na stikih ni zračnih rež in da so ločilne konstrukcije proti varovanim prostorom zrakotesno izvedene.

Vrata

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v stanovanja dosegati zvočno izolirnost $R_w \geq 32$ dB. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.
Dodatno svetujemo umestitev visoko zvočno izolirnih vhodnih vrat v tehnične prostore.

Preboji

Preboji (instalacije, prezračevalni kanali…) skozi predelne stene in medetažne konstrukcije izrazito poslabšajo zvočno izolirnost, zato se jih praviloma izogibamo. Če so preboji nujni, naj bodo le-ti čim manjši, poleg tega pa je potrebno zagotoviti elastičen in zrakotesen stik med steno in elementom preboja (kanal, cev..), ki zmanjšuje prenos zvoka in ne prenaša vibracij. Kanali, ki vodijo v prostore naj so zvočno izolirani tudi v prostoru (npr. znotraj spuščenega stropa in po potrebi z dodatno oblogo) saj se tudi po njih lahko zvok širi iz prostora v prostor. Preboji za električne instalacije (vtičnice, stikala…) naj niso na istih lokacijah na obeh straneh stene - v primeru lahkih vertikalnih konstrukcij morajo biti tudi tovrstni manjši preboji ustrezno detajlno obdelani in zatesnjeni, da se prepreči prenos zvoka.

Vertikalne komunikacije

Zmanjšanje udarnega hrupa na stopniščih na zahtevano vrednost $L'_{n,w} \leq 58$ dB je mogoče doseči z različnimi ukrepi:

- v celoti ločeno konstrukcijo stopnišča, ki ni v kontaktu z vertikalno ali horizontalno konstrukcijo objekta,
- izvedbo zvočno izolirnih priključkov med elementi stopnišča (stopniščna rama, podest) in konstrukcijo objekta,
- izvedbo plavajočega poda na podestih, izvedbo zračne reže med stopniščno ramo in vertikalno konstrukcijo objekta in zvočno izolirnega priključka med stopniščno ramo in horizontalno konstrukcijo objekta,
- umestitvijo talne obloge (npr. tapison), ki učinkovito zmanjšuje raven udarnega zvoka
- kombinacijo zgoraj naštetih ukrepov.

Hrup dvigal se najbolj učinkovito obvladuje z ustrezno izbiro same naprave. Kljub temu mora biti jašek dvigala izveden iz masivne konstrukcije, ki preprečuje prenos zvoka in vibracij v sosednje prostore. Izhod iz dvigala naj bo izveden v hodnik oziroma predprostor in ne direktno v bivalne oziroma delovne prostore.

Odmevni hrup

Odmevni hrup lahko neugodno vpliva na počutje in zdravje uporabnikov prostora, vpliva na dvig ravni hrupa v prostoru in prenos hrupa med prostori zato svetujemo, da se z vnosom zvočno absorpcijskega materiala, kot npr. oblazinjenega pohištva, gosto tkanih zaves ali preprog, perforiranih akustičnih oblog, akustičnega

spuščenega stropu…) zagotovi zaščita pred odmevnim hrupom in ustrezno akustično okolje v obravnavanih prostorih.

8. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

9. Literatura

[1] Zavod za gradbeništvo Slovenije, 2015, Poročilo št. 593/15-520-1 Meritve zvočne izolirnosti obojestransko ometane stene iz opečnih blokov POROTHERM 25 AKU.

[2] Knauf Tehnični list: W11 Knauf pregradne stene, 12/2015, Knauf Ljubljana d.o.o.