

ELABORAT

ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	DSO Jezerca Bovec
lokacija stavbe:	parc. št. 954, 955, 956, 957/1, 982, 983/2 in 991/4, vse k.o. Bovec
investitor:	Občina Bovec Trg golobarskih žrtev 8, 5230 Bovec
naročnik:	PROJEKT d.d. NOVA GORICA Kidričeva 9a, 5000 Nova Gorica
odgovorni vodja projekta:	Teja Savelli, univ. dipl. inž. arh. ZAPS 1389
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-048-11/21
izvod:	<i>Elektronski izvod</i>
datum izdelave elaborata:	januar 2022

Vsebina

1. Osnovni podatki.....	2
2. Tehnični in zakonski normativi.....	2
3. Zunanji hrup	3
3.1. Mejne ravni zunanjega hrupa	3
3.2. Mejne ravni notranjega hrupa	3
3.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom.....	4
4. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku	6
4.1. Stena med bivalnima enotama (suhomontažna)	6
4.2. Stena med bivalno enoto in tehničnim prostorom	8
4.3. Medetažna konstrukcija.....	10
4.4. Vhodna vrata v bivalne enote	12
5. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom	12
5.1. Medetažna konstrukcija med bivalnimi enotami	12
6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme	14
7. Obvladovanje odmevnega hrupa	14
8. Glavne ugotovitve in splošna priporočila	15
9. Izkaz o zaščiti pred hrupom	16

1. Osnovni podatki

Iz podjetja Projekt d.d. so posredovali načrte in druge informacije o objektu, kar je bila osnova za izdelavo elaborata, ki ga zahteva Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah.

Ta zahteva navedbo sledečih podatkov v elaboratu:

- CC-SI klasifikacija: 11302 - Stanovanjske stavbe za druge posebne družbene skupine
- Metodologija elaborata: izdelan skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012

Predmet elaborata je tri-etažen (P+2N) objekt doma starejših občanov Jezerca Bovec. Nosilna konstrukcija objekta je armirano betonska, predelne ločilne konstrukcije so predvidene v suhomontažni izvedbi. Centralni del objekta je namenjen skupnim prostorom (jedilnica, večnamenski prostori, fizioterapija, ambulanta...), v stranska trakta pa so umeščene bivalne enote oskrbovancev.

2. Tehnični in zakonski normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:

- SIST EN 12354-1:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- SIST EN 12354-2:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- SIST EN 12354-3:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanosti,
- SIST EN 12354-6:2004, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih,
- DIN 4109:1989, 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 (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17 – popr.)
- 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).

3. Zunanji hrup

3.1. 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 š 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).

3.2. Mejne ravni notranjega hrupa

Mejne vrednosti ekvivalentne ravni notranjega hrupa L_{Aeq} so določene glede na namembnost prostora in del dneva v Tehnični smernici TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah 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 sobe v domovih za starejše, zato kot mejno vrednost notranjega hrupa upoštevamo $L_{Aeq,večer} = 33 \text{ dB(A)}$.

3.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom

V nadaljevanju računsko preverimo ustrezno zvočno zaščito stavbe pred vdorom zunanjega hrupa. Pri ovrednotenju izolirnosti ločilnih elementov upoštevamo prometni spektralni popravek C_{tr} . Izračun naredimo za **eno izmed bivalnih enot** – vse bivalne enote no namreč enakih dimenzij z enakim deležem zasteklitev.

Za vsak tip konstrukcije najprej ločeno izračunamo pripadajočo zvočno izolirnost, nato pa izračunamo skupno zvočno izolirnost ločilne konstrukcije. Na podlagi podatkov o zunanjem hrupu in največjem dovoljenem notranjem hrupu, ter ob poznavanju velikosti ločilne konstrukcije in volumna prostora izračunamo najmanjšo zahtevano zvočno izolirnost fasade.

Stavbno pohoštvo

Točen tip stavbnega pohoštva še ni določen zato predpostavimo okna s sestavo 6-(6-16)-4 iz standarda ISO 12354-3 z zvočno izolirnostjo $R_w(C, C_{tr}) = 32 (-2, -4) \text{ dB}$. Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 odštejemo 2 dB od laboratorijsko določene vrednosti. Zaradi stranskega prenosa odštejemo 2 dB, kot je navedeno v standardu ISO 12354-3 in na koncu še upoštevamo spektralni popravek $C_{tr} = -4 \text{ dB}$. Tako upoštevamo izolirnost oken/vrat **24 dB**.

Fasada (ZZ-01)

Po projektu je predvidena sestava:

- 2 cm / omet ($\rho \geq 1800 \text{ kg/m}^3$)
- 20 cm / AB stena ($\rho \geq 2300 \text{ kg/m}^3$)
- 22 cm / toplotna izolacija EPS ($s_D \leq 30 \text{ MN/m}^3$)
- 1 cm / fasadni omet ($\rho \geq 1800 \text{ kg/m}^3$)

Za ometano AB steno debeline 20 cm izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 58 \text{ dB}$.

Spektralni popravek za hrup prometa določimo po enačbi B.6 istega standarda in znaša $C_{tr} = -8 \text{ dB}$.

Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1, ki se zniža za 2 dB. Skupna izolirnost fasade tako znaša **$R_w = 48 \text{ dB}$** .

Skladno s točko 4.3 standarda ISO 12354-3 zaradi stranskega prenosa dobljeno vrednost zmanjšamo za 2 dB. Upoštevamo izolirnost fasade:

$$48 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 46 \text{ dB}.$$

Skupna izolirnost ločilne konstrukcije

Skupno izolirnost ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo zvočne prevodnosti posameznega dela (enačba (15) standarda ISO 12354-3)

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}$$

kjer je S površina celotne ločilne konstrukcije, R_i izolirnost i-tega dela, S_i pa i-temu delu pripadajoča površina.

Površine znašajo 6,9 m² za zastekljene dele, 2,9 m² za AB fasado, skupaj 9,9 m².

Skupna izolirnost ločilne konstrukcije je določena z vsoto zvočnih prevodnosti (enačba (10) standarda ISO 12354-3)

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB}$$

kjer je n število delov, ki je v našem primeru 2, členi τ_f pa niso prisotni, ker smo ustrezne popravke stranskega prenosa že upoštevali.

Skupna izolirnost zunanje konstrukcije izračunana po zgornjih enačbah znaša

$$R'_w = 26 \text{ dB.}$$

Zahtevana izolirnost ločilne konstrukcije

Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 (15. stran - člen (4) poglavja 2.1) izračunamo zahtevano izolirnost ločilne konstrukcije s spodnjo enačbo

$$R'_{w,min} = L_{zunaj} - L_{notri,max} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - \Delta L_{fs} = 22 \text{ dB}$$

kjer je $L_{zunaj} = 60$ dB, $L_{notri,max} = 33$ dB, $S = 9,9$ m², L_{fs} pa popravek zaradi oblike fasade, katerega v našem primeru ni. $A = 20$ m² in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša 62 m³) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
26 dB	≥	22 dB
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, mora zunanje stavbno pohištvo dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w + C_{tr} = 28$ dB.

4. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

Glede na namembnost prostorov so v preglednici 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podane zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.4	Stena med bivalnima enotama v stanovanjskih stavbah za posebne družbene skupine	$R'_w \geq 46$ dB
4.10	Stena med stanovanjem in manj hrupno strojnico	$R'_w \geq 57$ dB
4.12	Stena, v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje	$R'_w \geq 52$ dB
4.14	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje z neposrednim vstopom v bivalni ali spalni del (brez predprostora)	$R'_w \geq 37$ dB
4.15	Medetažna konstrukcija med stanovanjema	$R'_w \geq 52$ dB $L'_{n,w} \leq 55$ 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

V razdelku 4 in 5 računsko preverimo ustrežanje zgoraj naštetim zahtevam, ki se nanašajo na obravnavani objekt.

4.1. Stena med bivalnima enotama (suhomontažna)

Preglednica 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.4	Stena med bivalnima enotama v stanovanjskih stavbah za posebne družbene skupine	$R'_w \geq 46$ dB
-----	---	-------------------

Izračun naredimo za del ločilne konstrukcije, kjer pričakujemo največji prehod hrupa in sicer za suhomontažno steno med bivalnima enotama.

Po projektu je predvidena sledeča konstrukcija

- 2,5 cm / mavčno kartonasta plošča 2x1.25 cm
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z izolacijo (mineralna volna)
- 1,25 cm / mavčno kartonasta plošča
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z izolacijo (mineralna volna)
- 2,5 cm / mavčno kartonasta plošča 2x1.25 cm
-

Zvočna izolirnost

Zvočno izolirnost primerljive konstrukcije po sistemu Knauf W115W debeline 21,5 cm v izvedbi z navadnimi ploščami Knauf proizvajalec navaja pri $R_w = 70$ dB [2].

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcijskih elementov (Tabela 3) in izračunamo zvočno izolirnost stranskih konstrukcij (Tabela 4) 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 3: Lastnosti ločilnega konstrukcijskega elementa in stranskih konstrukcijskih elementov.

element			m_i [kg/m ²]	$R_{w,i}$ [dB]	$\Delta R_{w,i}$ [dB]
pozicija	naziv	oznaka			
mejni el.	stena	(Dd)	57	70	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	460	58	0
	stena 2	(2)	460	58	0
	tla	(3)	625	63	4
	strop	(4)	625	63	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	460	58	0
	stena 2'	(2')	460	58	0
	tla'	(3')	625	63	4
	strop'	(4')	625	63	0

Tabela 4: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	70
1 → 1'	$R_{11',w}$	70
2 → 2'	$R_{22',w}$	70
3 → 3'	$R_{33',w}$	76
4 → 4'	$R_{44',w}$	70
D → 1'	$R_{D1',w}$	92
D → 2'	$R_{D2',w}$	92
D → 3'	$R_{D3',w}$	95
D → 4'	$R_{D4',w}$	91
1 → d	$R_{1d,w}$	92
2 → d	$R_{2d,w}$	92
3 → d	$R_{3d,w}$	95
4 → d	$R_{4d,w}$	91

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

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

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

$$= 64 \text{ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
64 dB	≥	46 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za preprečevanje prehoda hrupa preko instalacijske prebojev morajo biti suhomontažne stene izvedene z dodatno sredinsko mavčno ploščo.

4.2. Stena med bivalno enoto in tehničnim prostorom

Preglednica 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.4	Stena med bivalnima enotama v stanovanjskih stavbah za posebne družbene skupine	$R'_w \geq 46 \text{ dB}$
4.10	Stena med stanovanjem in manj hrupno strojnico	$R'_w \geq 57 \text{ dB}$
4.12	Stena, v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje	$R'_w \geq 52 \text{ dB}$

Ker je sestava ločilne konstrukcije enaka v vseh situacijah naredimo izračun za pozicijo, kjer je zahteva za zvočno izolirnost najvišja ($R'_w \geq 57 \text{ dB}$) torej med bivalno enoto in strojnico v pritličju objekta.

Po projektu je predvidena sledeča konstrukcija

- 0,5 cm / omet ($\rho \geq 1800 \text{ kg/m}^3$)
- 20 cm / AB stena ($\rho \geq 2300 \text{ kg/m}^3$)
- 0,5 cm / omet ($\rho \geq 1800 \text{ kg/m}^3$)

Zvočna izolirnost

Za ometano AB steno izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 58 \text{ dB}$.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcijskih elementov (Tabela 3) in izračunamo zvočno izolirnost stranskih konstrukcij (Tabela 4) 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 5: Lastnosti ločilnega konstrukcijskega elementa in stranskih konstrukcijskih elementov.

element			m_i [kg/m ²]	$R_{w,i}$ [dB]	$\Delta R_{w,i}$ [dB]
pozicija	naziv	oznaka			
mejni el.	stena	(Dd)	478	58	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	460	58	0
	stena 2	(2)	460	58	0
	tla	(3)	625	63	4
	strop	(4)	625	63	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	460	58	0
	stena 2'	(2')	460	58	0
	tla'	(3')	625	63	4
	strop'	(4')	625	63	0

Tabela 6: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	58
1 → 1'	$R_{11',w}$	73
2 → 2'	$R_{22',w}$	76
3 → 3'	$R_{33',w}$	82
4 → 4'	$R_{44',w}$	76
D → 1'	$R_{D1',w}$	73
D → 2'	$R_{D2',w}$	76
D → 3'	$R_{D3',w}$	78
D → 4'	$R_{D4',w}$	74
1 → d	$R_{1d,w}$	73
2 → d	$R_{2d,w}$	76
3 → d	$R_{3d,w}$	78
4 → d	$R_{4d,w}$	74

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

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

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

$$= 57 \text{ dB}$$

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

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti v steni naj ne bo instalacijskih ali drugih prebojev, stena mora biti obojestransko ometana z ometom minimalne debeline 0,5 cm.

4.3. Medetažna konstrukcija

Preglednica 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

4.15	Medetažna konstrukcija med stanovanjema	$R'_w \geq 52 \text{ dB}$
4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim	$R'_w \geq 52 \text{ dB}$
4.18	Medetažna konstrukcije med stanovanjem in nestanovanjskim delom stavbe pod njim	$R'_w \geq 57 \text{ dB}$
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in manj hrupno strojnico pod njim	$R'_w \geq 57 \text{ dB}$

Sestava medetažne konstrukcije je enaka na celotnem objektu za naredimo izračun za del ločilne konstrukcije, kjer je zahteva za zvočno izolirnost najvišja ($R'_w \geq 57 \text{ dB}$) in sicer za medetažno konstrukcijo med bivalno enoto v 1. nadstropju in delavnico v pritličju.

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 0,2 cm / PVC talna obloga
- 11,8 cm / betonski estrih ($\rho \geq 2000 \text{ kg/m}^3$)
- 3 cm / zvočna izolacija ($s_D \leq 30 \text{ MN/m}^3$)
- 25 cm / AB plošča ($\rho \geq 2500 \text{ kg/m}^3$)

Zvočna izolirnost

Za nosilni del konstrukcije (AB ploščo) izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 63 \text{ dB}$.

Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo maso dodatnega sloja $m'_{1/2} = 236 \text{ kg/m}^2$ in dinamično togost zvočne izolacije $s = 22 \text{ MN/m}^3$ [4]. Dodatni sloj izboljša izolativnost medetažne konstrukcije za 4 dB.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcijskih elementov (Tabela 7) in izračunamo zvočno izolirnost stranskih konstrukcij (Tabela 8) 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 7: Lastnosti ločilnega konstrukcijskega elementa in stranskih konstrukcijskih elementov.

element			m_i [kg/m ²]	$R_{w,i}$ [dB]	$\Delta R_{w,i}$ [dB]
pozicija	naziv	oznaka			
mejni el.	medetažna k.	(Dd)	625	63	4
oddajni prostor	stena 1	(1)	460	58	0
	stena 2	(2)	460	58	0
	stena 3	(3)	460	58	0
	stena 4	(4)	460	58	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	460	58	0
	stena 2'	(2')	460	58	0
	stena 3'	(3')	57	70	0
	stena 4'	(4')	460	58	0

Tabela 8: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	66
1 → 1'	$R_{11',w}$	72
2 → 2'	$R_{22',w}$	75
3 → 3'	$R_{33',w}$	78
4 → 4'	$R_{44',w}$	72
D → 1'	$R_{D1',w}$	78
D → 2'	$R_{D2',w}$	81
D → 3'	$R_{D3',w}$	90
D → 4'	$R_{D4',w}$	78
1 → d	$R_{1d,w}$	78
2 → d	$R_{2d,w}$	81
3 → d	$R_{3d,w}$	78
4 → d	$R_{4d,w}$	78

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

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

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

$$= 63 \text{ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
63 dB	≥	57 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

4.4. Vhodna vrata v bivalne enote

V preglednici 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 je podana zahteva za zvočno izolirnost vhodnih vrat, ki se pojavljajo na objektu:

- 4.14 Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje z $R'_w \geq 37 \text{ dB}$ neposrednim vstopom v bivalni ali spalni del (brez predprostora)

Pri tem tehnična smernica (TSG-1-005:2012) predpisuje, da: »mora biti zvočna izolirnost, izmerjena v laboratoriju (R_w), vrat kot notranjega ločilnega elementa, najmanj za 5 dB večja od vrednosti, ki jo morajo imeti vrata, vgrajena v stavbo (R'_w).«

Torej, za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v bivalne enote dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w = 42 \text{ dB}$. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.

5. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom

5.1. Medetažna konstrukcija med bivalnimi enotami

Preglednica 7 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, za ločilne konstrukcije, ki se pojavljajo na objektu:

- 4.15 Medetažna konstrukcija med stanovanjema $L'_{n,w} \leq 55 \text{ dB}$
- 4.16 Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod njim $L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$

4.17	Stopnišča, podesti, hodniki	$L'_{n,w} \leq 58$ 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 merodajno vrednost $L'_{n,w} \leq 55$ dB in sicer za medetažno konstrukcijo med bivalnima enotama.

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 0,2 cm / PVC talna obloga
- 11,8 cm / betonski estrih ($\rho \geq 2000$ kg/m³)
- 3 cm / zvočna izolacija ($s_D \leq 30$ MN/m³)
- 25 cm / AB plošča ($\rho \geq 2500$ kg/m³)

Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka se določi z enačbo (21) iz standarda ISO 12354-2

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

kjer je $L_{n,w,eq}$ ekvivalentna ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka, ΔL_w ovrednoteno znižanje ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi talne obloge in K korekcijski člen za stranski prenos.

Ekvivalentna ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka izračunamo po enačbi (B.5) istega standarda in dobimo $L_{n,w,eq} = 66$ dB.

Vrednost ovrednotenega znižanja ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi talne obloge izračunamo po standardu ISO 12354-2, na podlagi površinske gostote plavajočega poda (236 kg/m²) in dinamične togosti elastičnega sloja (22 MN/m³). Dobimo $\Delta L_w = 33$ dB.

Korekcijski člen za stranski prenos razberemo iz preglednice 1 v standardu ISO 12354-2 in sicer $K = 1$ dB.

Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka tako znaša

$$L'_{n,w} = (66 - 32 + 1) \text{ dB} = \mathbf{35 \text{ dB}}$$

IZRAČUNANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA		ZAHTEVANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA
35 dB	≤	55 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za prostore znotraj obravnavanega objekta tehnična smernica TSG-1-005:2012 določa različne mejne ravni hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema in sicer $L_{AFmax} \leq 30 \text{ dB(A)}$ za bivalne enote oskrbovancev, $L_{AFmax} \leq 35 \text{ dB(A)}$ za ambulate in $L_{AFmax} \leq 40 \text{ dB(A)}$ za pisarniške prostore. Za doseganje mejnih vrednosti je potrebna ustrezna izvedba strojnih inštalacij na objektu.

Primarni ukrepi za varovanje pred hrupom obratovalne opreme je ustrezna izbira obratovalnih naprav, kar je ključno predvsem pri izbiri klimatov, toplotnih črpalk 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 objekta ne smejo mejiti na tihe prostore, mejne konstrukcije le-teh naj so masivne in visoko zvočno izolativne. Hrup obratovalne opreme znotraj tehničnih prostorov ne sme presežati **80 dB(A)**. Raven hrupa znotraj tehničnih prostorov lahko nekoliko znižamo z umestitvijo protihrupnega ohišja za naprave in z umestitvijo ustreznih zvočno absorpcijskih oblog. 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 bližino okoliških objektov.

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, po potrebi pa se med prostore lahko umesti še dodatne dušilnike zvoka. Za preprečevanje širjenja hrupa same prezračevalne naprave v druge prostore naj se umesti ustrezen dušilnik zvoka na dovodni od odvodni kanal. Dodatno je priporočljiva umestitev dušilnih elementov (npr. zvočno absorpcijskih fleksibilnih cevi) na dovodne in odvodne kanale v posameznih varovanih prostorih, za nadaljnjo znižanje hrupa prezračevanja in preprečevanje prenosa hrupa med prostori po kanalih. Za preprečevanje širjenja hrupa prezračevalne naprave proti okolici se po potrebi dušilnike zvoka umesti tudi na kanala za zajem in izpuh 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.

Pri izvedbi vodovodnih inštalacij in kanalizacijskih odvodov je potrebno vgraditi ustrezne iztočne pipe, kolena in zagotoviti mehko pritrditev instalacijskih cevi. Pri izvedbi prebojev (prezračevalni kanali, inštalacije) je smiselno zagotoviti, da se zvok ne prenaša po zraku v prostore, ki so občutljivi na hrup.

7. Obvladovanje odmevnega hrupa

Obvladovanje odmevnega hrupa je obdelano v sklopu pripadajočega Elaborata prostorske akustike.

8. Glavne ugotovitve in splošna priporočila

V sklopu poglavja so povzete glavne ugotovitve elaborata zaščite pred hrupom.

Zaščita pred zunanjim hrupom in zasteklitev

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti proti zunanjemu hrupu ter proti hrupu iz sosednjih prostorov, mora vgrajeno stavbno pohoščvo dosegati zvočno izolativnosti **vsaj $R_w + C_{tr} = 28$ dB**. Pomembna je kvalitetna vgradnja oken; zagotovljeno mora biti dobro tesnjenje okenskega okvirja in okovja, kot tudi celotnega ohišja. Le tako bodo dosežene najvišje ravni zvočne izolirnosti, ki omogočajo mirno okolje v notranjih prostorih.

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 biti vgrajena zvočna izolacija z dinamično togostjo **$S_D \leq 30$ MN/m³**.

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.

Za doseganje najboljše možne zvočne izolativnosti naj bo plavajoči pod prekinjen med prostori, estrih naj ne bo v stiku z vertikalnimi ločilnimi konstrukcijami.

Pri izvedbi lahkih sten na estrihu se zvočna izolativnost izrazito poslabša v primerjavi z izvedbo predelne stene do nosilne konstrukcije, zato se tovrstna izvedba odsvetuje.

Vertikalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi predelnih sten je pomembna pravilna izvedba stika s horizontalno konstrukcijo, še posebej v primeru lahkih (suhomontažnih) ločilnih konstrukcij. Vertikalni in horizontalni stiki predelnih sten naj bodo zrakotesno zaprti in izvedeni po navodilih proizvajalca.

V primeru prostorov s spuščnim stropom naj vertikalne ločilne konstrukcije potekajo do nosilne konstrukcije tako, da je spuščeni strop med prostori ločen. S tem preprečimo prenos zvoka med prostori v nivoju spuščnega stropa.

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti med bivalnimi enotami naj so suhomontožne stene med enotami izvedene z dodatno – peto mavčno kartonsko ploščo na sredini z namenom zmanjšanja oslabitev zaradi inštalacijskih prebojev.

Vrata

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v bivalne enote dosegati zvočno izolirnost **vsaj $R_w = 42$ 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 izolativnih vhodnih vrat v tehnične prostore.

Preboji

Preboji (instalacije, prezračevalni kanali...) skozi predelne stene 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, predvsem v primeru lahkih vertikalnih konstrukcij. Vodovodne instalacije naj ne bodo vgrajene v steno, ki meji na tihi prostor. Pri izvedbi vodovodnih instalacij in kanalizacijskih odvodov je potrebno vgraditi ustrezne iztočne pipe, kolena in zagotoviti mehko pritrditev instalacijskih cevi. Po potrebi se instalacije dodatno izolira in obloži s suhomontažno oblogo. Druga oprema prostora (svetila, računalniki, projektorji...) naj bo projektirana tako, da ne povzroča dodatnega hrupa v prostoru.

Vertikalne komunikacije

Stopniščna rama naj bo obešena izključno na medetažno konstrukcijo preko zvočno izolativnih priključkov in naj nima neposrednega stika z vertikalnimi konstrukcijami. Med stopniščno ramo in stransko vertikalno nosilno konstrukcijo je možna izvedba zračne reže ali pa se stik prav tako izvede doseže z uporabo zvočno izolativnih priključkov. Na vmesni podestih stopnišča naj bo izveden plavajoči pod, kot v hodnikih.

Jašek dvigala mora biti izveden iz masivne nosilne konstrukcije, ki preprečuje prenos zvoka v sosednje prostore. Izhod iz dvigala naj bi izveden v hodnik oziroma predprostor in ne direktno v bivalne oziroma delovne prostore.

9. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.