

ELABORAT

ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	VRTEC IN TELOVADNICA S PODZEMNO GARAŽO OŠ BISTRICA OB SOTLI
lokacija stavbe:	parc. št.: 1019/3, 1020/8, 1020/13, 1146/1, 1146/2 k.o. 1250 - Kunšperk
investitor:	Občina Bistrica ob Sotli Bistrica ob Sotli 17, 3256 Bistrica ob Sotli
naročnik:	ENGENERIJA, VID ŽOGAN, s.p. Zdraviliški trg 15, 3250 Rogaška Slatina
odgovorni vodja projekta:	Vid Žogan, univ. dipl. inž. grad. IZS G-3879
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-038-08/21
izvod:	<i>Elektronski izvod</i>
datum izdelave elaborata:	september 2021

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 igralnicama	6
4.2. Stena med igralnico in kabinetom za vodjo enote	8
4.3. Stena med kabinetoma.....	10
4.4. Medetažna konstrukcija med igralnicama	12
4.5. Vhodna vrata v igralnice in kabinete.....	14
5. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom	14
5.1. Medetažna konstrukcija med igralnicama	14
6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme	15
7. Obvladovanje odmevnega hrupa	16
8. Glavne ugotovitve in splošna priporočila	16
9. Izkaz o zaščiti pred hrupom	18
10. Literatura	18

1. Osnovni podatki

Iz projektantskega podjetja 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: 12630 – Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo
- Metodologija elaborata: izdelan skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012

Predmet elaborata je trietažni objekt (K+P+N) z armirano betonsko nosilno konstrukcijo. Del objekta je namenjen uporabi v namen vrta (P+N), z garažo v kletni etaži. V preostalem delu objekta je predvidena telovadnica, ki se razprostira preko vseh treh etaž in spremljevalni prostori (garderobe, sanitarije...).

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 vrtca sodi med učilnice oziroma igralnice, zato kot mejno vrednost notranjega hrupa upoštevamo $L_{Aeq,dan} = 35 \text{ dB(A)}$.

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 **igralnico 1 (prostor P17)** v pritličju, saj je to eden izmed prostorov z največjim deležem zasteklitev, skozi katero pričakujemo največje prehajanje hrupa v objekt.

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

Po projektu je predvidena sestava:

- 1 cm / omet
- 25 cm / AB stena
- 14 cm / toplotna izolacija – kamena volna
- 6 cm / prezračevana lesena fasada

Za ometano AB steno izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 63 \text{ dB}$.

Spektralni popravek za hrup prometa določimo po enačbi B.6 istega standarda in znaša $C_{tr} = -9 \text{ dB}$.

Sprememba izolirnosti zaradi dodatnega sloja določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1, ki se zmanjša za 3 dB. Skupna izolirnost fasade tako znaša $R_w = 51 \text{ dB}$.

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

$$58 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 49 \text{ dB}.$$

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 17,7 m² za zastekljene dele in 5,3 m² za AB fasado, skupaj pa 23,0 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

$$R'_w = 25 \text{ dB.}$$

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

$$R'_{w,min} = L_{zunaj} - L_{notri,max} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - \Delta L_{fs} = 21 \text{ dB}$$

kjer je $L_{zunaj} = 60 \text{ dB}$, $L_{notri,max} = 35 \text{ dB}$, $S = 23,0 \text{ m}^2$, L_{fs} pa popravek zaradi oblike fasade, katerega v našem primeru ni. $A = 585 \text{ m}^2$ in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša 170 m³) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
25 dB	≥	21 dB
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, morajo zunanje zasteklitve dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w + C_{tr} = 28 \text{ dB}$.

4. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

Glede na namembnost prostorov so v preglednici 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podane zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.1	Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene	$R'_w \geq 52$ dB
9.2	Stena med kabinetoma, stena med laboratorijema	$R'_w \geq 48$ dB
9.7	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata	$R'_w \geq 47$ dB
9.9	Stena brez vrat med učilnico ali kabinetom in hodnikom ali stopniščem	$R'_w \geq 52$ dB
9.5	Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom	$R'_w \geq 27$ dB
9.12	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15 in 9.16	$R'_w \geq 52$ dB $L'_{n,w} \leq 58$ dB
9.16	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici zgoraj	$R'_w \geq 57$ dB $L'_{n,w} \leq 43$ dB

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

4.1. Stena med igralnicama

Preglednica 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.1	Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene	$R'_w \geq 52$ dB
9.7	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata	$R'_w \geq 47$ dB

Izračun naredimo za del ločilne konstrukcije, kjer je zahteva za zvočno izolirnost najvišja ($R'_w \geq 52$ dB) in sicer za armirano betonsko steno med igralnicama 5 (N15) in 5 (N17) v 1. nadstropju.

Po projektu je predvidena konstrukcija:

- 2 cm / omet
- 25 cm / AB stena
- 2 cm / omet

Zvočna izolirnost

Za armirano betonsko steno izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 63$ 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 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)	625	63	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	625	63	0
	stena 2	(2)	625	63	0
	tla	(3)	700	65	3
	strop	(4)	700	65	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	625	63	0
	stena 2'	(2')	625	63	0
	tla'	(3')	700	65	3
	strop'	(4')	700	65	0

Tabela 4: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	63
1 → 1'	$R_{11',w}$	78
2 → 2'	$R_{22',w}$	78
3 → 3'	$R_{33',w}$	83
4 → 4'	$R_{44',w}$	75
D → 1'	$R_{D1',w}$	78
D → 2'	$R_{D2',w}$	78
D → 3'	$R_{D3',w}$	80
D → 4'	$R_{D4',w}$	74
1 → d	$R_{1d,w}$	78
2 → d	$R_{2d,w}$	78
3 → d	$R_{3d,w}$	80
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:

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

$$= \mathbf{61 \text{ dB}}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
61 dB	≥	52 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

4.2. Stena med igralnico in kabinetom za vodjo enote

Preglednica 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

- | | | |
|-----|--|---------------------------|
| 9.1 | Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene | $R'_w \geq 52 \text{ dB}$ |
| 9.9 | Stena brez vrat med učilnico ali kabinetom in hodnikom ali stopniščem | $R'_w \geq 52 \text{ dB}$ |

Ker je zahteva za zvočno izolirnost za vse primere konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu enaka ($R'_w \geq 52 \text{ dB}$), naredimo izračun za del ločilne konstrukcije, kjer pričakujemo največji prehod hrupa in sicer za predelno steno med igralnico 3 (N14) in kabinetom za vodjo enote (N12).

Po projektu je predvidena ločilna konstrukcija po Knauf sistemu W115, skupne debeline 20 cm:

- 2,5 cm/ mavčno kartonasta plošča (2x1,25 cm)
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno v medprostoru
- 7,5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno v medprostoru
- 2,5 cm/ mavčno kartonasta plošča (2x1,25 cm)

Zvočna izolirnost

Zvočno izolirnost konstrukcije W115 debeline 20 cm v osnovni izvedbi (gradbene plošče Knauf) proizvajalec navaja pri $R_w = 69 \text{ dB}$ [1].

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	$R_{w,i}$	$\Delta R_{w,i}$
pozicija	naziv	oznaka	[kg/m ²]	[dB]	[dB]
mejni el.	stena	(Dd)	47	69	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	625	63	0
	stena 2	(2)	625	63	0
	tla	(3)	700	65	3
	strop	(4)	700	65	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	625	63	0
	stena 2'	(2')	0	0	0
	tla'	(3')	700	65	3
	strop'	(4')	700	65	0

Tabela 6: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	69
1 → 1'	$R_{11',w}$	73
2 → 2'	$R_{22',w}$	0
3 → 3'	$R_{33',w}$	77
4 → 4'	$R_{44',w}$	73
D → 1'	$R_{D1',w}$	94
D → 2'	$R_{D2',w}$	0
D → 3'	$R_{D3',w}$	97
D → 4'	$R_{D4',w}$	94
1 → d	$R_{1d,w}$	94
2 → d	$R_{2d,w}$	94
3 → d	$R_{3d,w}$	97
4 → d	$R_{4d,w}$	94

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:

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

$$= 66 \text{ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
66 dB	≥	52 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

4.3. Stena med kabinetoma

Preglednica 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.2 Stena med kabinetoma, stena med laboratorijema $R'_w \geq 48$ dB

Izračun naredimo za predelno steno med kabinetom vodje enote (N12) in prostorom za individualno delo (N13).

Po projektu je predvidena ločilna konstrukcija po Knauf sistemu W112, skupne debeline 15 cm:

- 2,5 cm / mavčno kartonasta plošča (2x1,25 cm)
- 10 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno v medprostoru
- 2,5 cm / mavčno kartonasta plošča (2x1,25 cm)

Zvočna izolirnost

Zvočno izolirnost konstrukcije W112 debeline 15 cm v osnovni izvedbi (gradbene plošče Knauf) proizvajalec navaja pri $R_w = 58$ dB [1].

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 7: Lastnosti ločilnega konstrukcijskega elementa in stranskih konstrukcijskih elementov.

element			m_i	$R_{w,i}$	$\Delta R_{w,i}$
pozicija	naziv	oznaka	[kg/m ²]	[dB]	[dB]
mejni el.	stena	(Dd)	45	58	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	625	63	0
	stena 2	(2)	45	58	0
	tla	(3)	700	65	3
	strop	(4)	700	65	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	625	63	0
	stena 2'	(2')	45	58	0
	tla'	(3')	700	65	3
	strop'	(4')	700	65	0

Tabela 8: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	58
1 → 1'	$R_{11',w}$	71
2 → 2'	$R_{22',w}$	73
3 → 3'	$R_{33',w}$	77
4 → 4'	$R_{44',w}$	73
D → 1'	$R_{D1',w}$	87
D → 2'	$R_{D2',w}$	73
D → 3'	$R_{D3',w}$	91
D → 4'	$R_{D4',w}$	88
1 → d	$R_{1d,w}$	87
2 → d	$R_{2d,w}$	73
3 → d	$R_{3d,w}$	91
4 → d	$R_{4d,w}$	88

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	≥	48 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

4.4. Medetažna konstrukcija med igralnicama

Preglednica 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.12 Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15 in 9.16 $R'_w \geq 52$ dB

Izračun naredimo za del ločilne konstrukcije, kjer pričakujemo največji prehod hrupa in sicer za medetažno konstrukcijo med igralnico 2 (N15) in igralnico 4 (P18).

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 0,3 cm / linolej
- 6,6 cm / cementni estrih
- 3,3 cm / sistemska plošča za talno gretje
- 1,8 cm / zvočna izolacija (npr. Fragmat EPS Silent T650)
- 8 cm / TI – EPS
- 25 cm / AB plošča
- Zvočno absorpcijski spuščeni strop

Zvočna izolirnost

Za nosilni del konstrukcije (AB ploščo) izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R_w = 65$ 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 $m'_{1/2} = 130$ kg/m² in dinamično togost zvočne izolacije $s = 25$ MN/m³. Dodatni sloj izboljša izolativnost medetažne konstrukcije za 3 dB.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcijskih elementov (Tabela 9) in izračunamo zvočno izolirnost stranskih konstrukcij (Tabela 10) 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 9: 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)	700	65	3
oddajni prostor	stena 1	(1)	625	63	0
	stena 2	(2)	625	63	0
	stena 3	(3)	45	58	0
	stena 4	(4)	625	63	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	625	63	0
	stena 2'	(2')	625	63	0
	stena 3'	(3')	45	58	0
	stena 4'	(4')	625	63	0

Tabela 10: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	68
1 → 1'	$R_{11',w}$	77
2 → 2'	$R_{22',w}$	79
3 → 3'	$R_{33',w}$	77
4 → 4'	$R_{44',w}$	81
D → 1'	$R_{D1',w}$	81
D → 2'	$R_{D2',w}$	83
D → 3'	$R_{D3',w}$	95
D → 4'	$R_{D4',w}$	85
1 → d	$R_{1d,w}$	81
2 → d	$R_{2d,w}$	83
3 → d	$R_{3d,w}$	95
4 → d	$R_{4d,w}$	85

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:

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

$$= \mathbf{66 \text{ dB}}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
66 dB	≥	52 dB
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

4.5. Vhodna vrata v igralnice in kabinete

V preglednici 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 je podana zahteva za zvočno izolirnost vhodnih vrat, ki se pojavljajo na objektu:

9.5 Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom $R'_w \geq 27$ dB

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 vrednost, ki jo morajo imeti vrata, vgrajena v stavbo (R'_w).«

Torej, za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v igralnice in kabinete dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w = 32$ 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 igralnicama

Preglednica 9 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:

9.12 Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15 in 9.16 $L'_{n,w} \leq 58$ dB

Izračun naredimo za merodajno vrednost $L'_{n,w} \leq 53$ dB in sicer medetažno konstrukcijo med igralnico 2 (N15) in igralnico 4 (P18).

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 0,3 cm / linolej
- 6,6 cm / cementni estrih
- 3,3 cm / sistemska plošča za talno gretje
- 1,8 cm / zvočna izolacija (npr. Fragmat EPS Silent T650)

- 8 cm / TI – EPS
- 25 cm / AB plošča
- Zvočno absorpcijski spuščeni strop

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 $L_{n,w,eq} = 64$ dB.

Vrednost ovrednotenega znižanja ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi talne obloge izračunamo po standardu ISO 12354-2, na podlagi površinske gostote plavajočega poda (130 kg/m^2) in dinamične togosti elastičnega sloja (25 MN/m^3). Dobimo $\Delta L_w = 28$ 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

$$L'_{n,w} = (64 - 28 + 1) \text{ dB} = \mathbf{37 \text{ dB}}$$

IZRAČUNANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA		ZAHTEVANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA
37 dB (A)	≤	58 dB (A)
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za objekte obravnavane namembnosti tehnična smernica TSG-1-005:2012 določa mejno raven hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema pri $L_{AFmax} = 40 \text{ dB(A)}$. 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).

Umestitev hrupnih strojnih naprav (klimati, hladilni agregat) je predvidena na območje podstrehe nad prostori vrtca. Za doseganje ustrezne zaščite pred hrupom je predvidena izvedba masivne armirano betonske medetažne plošče debeline 28 cm, za preprečevanje prenosa udarnega zvoka po konstrukciji se predvidi dodatni elastičen sloj (antivibracijsko podlogo) pod napravami (npr. Getzner Sylodyn), ki mora omogočati doseganje lastne frekvence sistema 10 Hz ali manj.

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 preprečevanje širjenja hrupa prezračevalne naprave v druge prostore naj se umesti ustrezne dušilne elemente na dovodni in odvodni kanal, da ne bo presežena mejna raven zvočnega tlaka 40 dB(A) v igralnicah. Zaradi umestitve izpuha in zajema zraka direktno nad otroško igrišče priporočamo, da se dušilec umesti tudi na kanal za izpuh in po potrebi na kanal za zajem, da v okolici ne bo presežena raven zvočnega tlaka 55 dB(A).

Svetujemo izvedbo prezračevalnega sistema na način, da potekajo kanali ločeno do vsakega prostora. Tako preprečimo prenos hrupa med prostori preko prebojev prezračevalnih kanalov. V primeru, da takšna zasnova ni mogoča, je potrebno med varovane prostore umestiti dodatni dušilni element, stik med steno in prezračevalnim kanalom pa zrakotesno zatesniti. Prezračevalne kanale se dodatno zvočno izolira tudi znotraj varovanih prostorov (dodatna zrakotesna mavčna obloga), vsaj na območju od dušilnega elementa do preboja proti drugemu prostoru.

7. Obvladovanje odmevnega hrupa

Ukrepi za obvladovanje odmevnega hrupa so podani v sklopu 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, morajo vgrajene zasteklitve dosegati zvočno izolativnosti **vsaj $R_w(C, C_{tr}) = 32 (-2, -4)$ 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 izolativni. Za doseganje zahtevane ravno zvočne izolativnosti proti udarnemu hrupu mora biti vgrajena zvočna izolacija z dinamično togostjo $SD \leq 25 \text{ MN/m}^3$.

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.

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.

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 spuščenenih stropov, 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 spuščenege stropa.

Vrata

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v igralnice dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w = 32 \text{ dB}$. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.

Dodatno svetujemo umestitev zvočno izolativnih vrat v sanitarije (vsaj $R_w = 32 \text{ dB}$), za preprečevanje prehoda hrupa med igralnicama in pa umestitev visoko zvočno izolativnih vhodnih vrat v tehnične prostore, ki dosegajo zvočno izolirnost vsaj $R_w = 42 \text{ dB}$.

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 spuščenege 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

Priporočamo, da je stopniščna rama obešena izključno na medetažno konstrukcijo in naj nima neposrednega stika z vertikalnimi konstrukcijami. To se doseže z uporabo zvočno izolativnih priključkov med nosilno konstrukcijo in stopniščno ramo/podestom. Med stopniščno ramo in stransko vertikalno nosilno konstrukcijo je možna tudi izvedba zračne reže. Na vmesni podestih stopnišča naj bo izveden plavajoči pod, kot v hodnikih.

9. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

10. Literatura

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