EKOsystem d.o.o.
ekološki in varstveni inženiring

Maribor
Špelina ulica 1
2000 Maribor
02 / 450 23 70

Ljubljana
C. v Gorice 40
1000 Ljubljana
01 / 256 02 02

Koper
Šmarska c. 5d
6000 Koper
05 / 625 01 86

RAZUMNA PREVENTIVA OD 1993
info@ekosystem.si
www.ekosystem.si

NASLOVNA STRAN NAČRTA

11: Drugi načrti v skladu s predpisi
Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah

PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	**SPREMLJEVALNI OBJEKT V ŠPORTNEM PARKU MESTNA GRABA**
kratek opis gradnje	Rekonstrukcija in ureditev obstoječe stavbe v spremljevalne prostore športnega parka Mestna graba. V sklopu rekonstrukcije je predvidena delna odstranitev (izvedba prebojev) notranjih konstrukcijskih elementov, izvedba novih odprtin na fasadah objekta ter obnova posameznih elementov strešne konstrukcije po potrebi. Predvidena je tudi izvedba drenaže okrog objekta in izolacija stavbnega ovoja oziroma energetska sanacija objekta.
vrste gradnje	**Rekonstrukcija, sprememba namembnosti**
PODATKI O PROJEKTNI DOKUMENTACIJI	
vrsta dokumentacije *(DPP, DGD, PZI, PID)*	**PZI**
številka projekta	**96/2019**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta	**Drugi načrti v skladu s predpisi**
naziv načrta	**Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah**
številka načrta	**187-12-24 EZH**
datum izdelave	**december 2024**
datum spremembe	
PODATKI O PROJEKTANTU NAČRTA	
projektant načrta (naziv družbe)	**Ekosystem d.o.o.**
naslov	**Špelina ulica 1, 2000 Maribor**
odgovorna oseba projektanta načrta	**Zoran Šutovič, univ. dipl. inž. el.**
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	
PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA	
ime in priimek	**Tomaž Juršič, dipl. inž. les.**
podpis	

Ekološki in Varstveni Inženiring, d.o.o. EKOsystem 4 Maribor, Špelina ulica 1

KAZALO

1. UVOD 4

2. PREDLOŽENA DOKUMENTACIJA 4

3. IZHODIŠČA ZA DELO - TEH. NORMATIVI 4

4. ZAŠČITA PRED PROMETNIM HRUPOM IN HRUPOM OKOLIŠKE DEJAVNOSTI 5

4.1. Nično stanje hrupa na območju 5
4.2. Zakonski normativi 6
4.2.1. Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih občutljivih za hrup 6
4.2.2. Mejne vrednosti ravni hrupa v varovanih prostorih 6
4.2.3. Predpisane vrednosti zvočne izolacije ločilnih konstrukcij 6

5. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM 7

5.1. Fasadni ovoj 7
5.2. Potrebna zvočna izolirnost fasadnega pasu - avla/recepcija/družabni prostor (pritl.) 8
5.2.1. Raven zunanjega hrupa v prostoru 8

6. VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE 10

7. HORIZONTALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE 10

8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV 10

8.1. Okna 10

9. HRUP OBRATOVALNE OPREME 11

9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi 11
9.2. Ogrevanje in hlajenje 11
9.3. Prezračevanje 11

10. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA 12

10.1. Akustični koncept 13
10.1.1. Fitnes 14
10.1.2. Soba za šport 15
10.1.3. Avla/recepcija/družabni prostor 16
10.1.4. Priporočilo 16

11. SKLEP 17

1. UVOD

Podjetje 2AMV Arhitekti, Gregor Vernik s.p. nam je naročilo izdelavo elaborata zaščite pred hrupom.

Investitor, Občina Ormož, namerava rekonstruirati in spremeniti namembnost obstoječe gospodarske stavbe v spremljevalne prostore športnega parka Mestna graba.

Obstoječa stavba je zasnovana kot volumen pravokotne oblike pokrit z dvokapno streho s čopi. Etažnost objekta je K+P. Nosilno konstrukcijo kleti tvorijo monolitno grajene stene. Vzhodna stena kleti, ki tvori fasado proti mestni grabi, je debela približno 85 cm z 10 cm širokim zračnim prostorom v sredini. Strop je iz opečnih obokov na železnih nosilcih, kateri se naslanjajo na glavni podolžni železni nosilec, ki je oprt na 5 železobetonskih stebrov. Tla v kleti so betonirana, temelji so predvidoma pasovni, zgrajeni iz železobetona. V pritličju so monolitno grajene nosilne stene samo na obodu. Na njih je postavljeno leseno ostrešje, ki je hkrati tudi stropna konstrukcija. Sestavljeno je iz dvojnih trapeznih vešal v enakomernem rastru po celotni dolžini stavbe, ki opirajo kapne in vmesne lege povezane s špirovci in škarjami.

Po posegu bo objekt ohranil svojo prvotno obliko in gabarite. Fasada objekta se toplotno izolira in obdela z zaribanim ometom svetle pastelne barve po vzoru obstoječe oz. izboru projektanta. Vso stavbno pohištvo se zamenja z novim v poenotenem materialu in barvi. Streha se na novo prekrije z zareznim bobrovcem v opečno rdeči barvi. Za novo prostorsko ureditev, ki je prilagojena novi vsebini, se v notranjosti izvedejo nove lahke suhomontažne predelne stene, ki se ustrezno obdelajo. Vse notranje zidane površine se na novo obdelajo z ometom. Strop pritličja se obdela z novim obešenim stropom na za to prilagojeni podkonstrukciji.

S tem elaboratom dokazujemo, da predvidene sestave ločilnih elementov dosegajo zahteve naših predpisov. Izračuni, ki so opravljeni, predvsem pa ponujene rešitve, veljajo le toliko časa, dokler se držimo vseh njenih segmentov.

Elaborat je izdelan skladno s **7. členom** Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l. RS, št. 10/12 in 61/17 - GZ).

Glede na enotno klasifikacijo vrst objektov CC-SI, je objekt opredeljen kot:

- **100 % - 12650 Stavbe za šport**

2. PREDLOŽENA DOKUMENTACIJA

- Arhitektura – faza PZI; izdelal: 2AMV Arhitekti, Gregor Vernik s.p., Ulica heroja Kerenčiča 11, 2270 Ormož; številka projekta: 96/2019, datum: november 2024

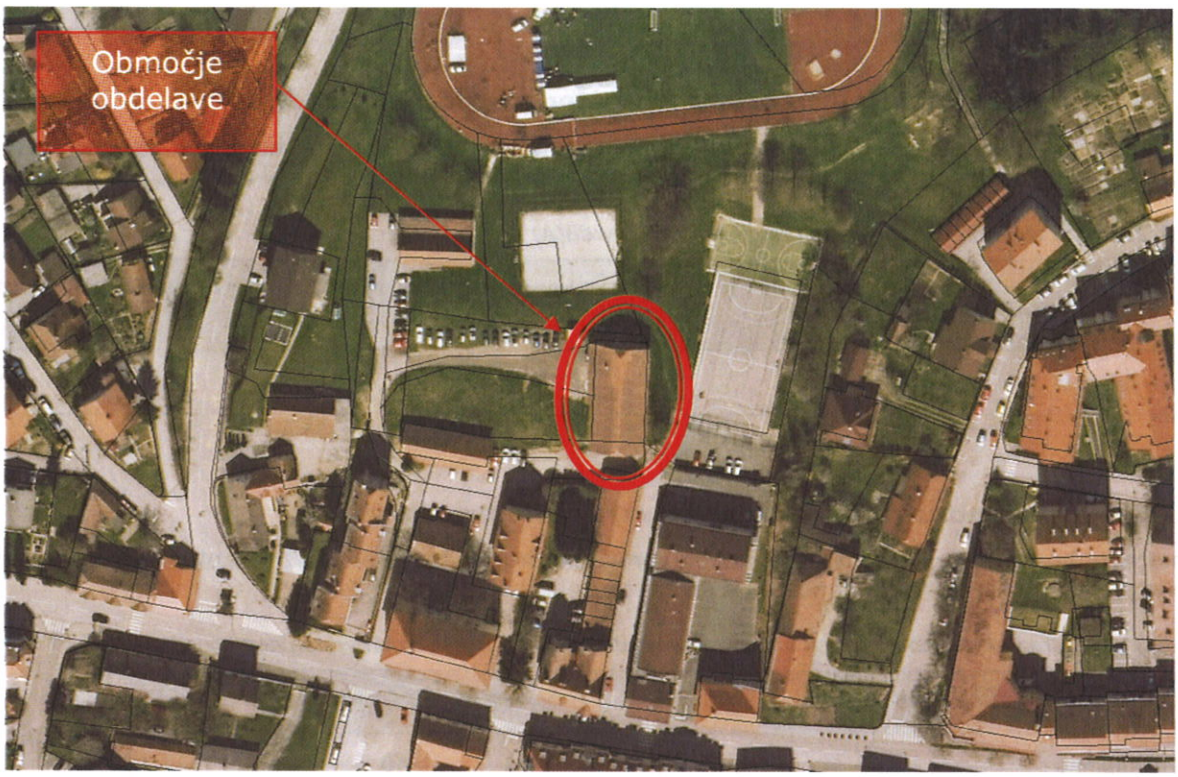
3. IZHODIŠČA ZA DELO - TEH. NORMATIVI

- [1] Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l. RS, št. 10/12, 61/17–GZ, 199/21– GZ-1),
- [2] Tehnična smernica TSG-1-005:2012 - Zaščita pred hrupom v stavbah,
- [3] Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur.l. RS, št. 43/18),
- [4] DIN 4109/1989 – Zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki
- [5] SIST EN 12354-3:2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 3.del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanjosti
- [6] DIN 18041:2016-03 Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design

4. ZAŠČITA PRED PROMETNIM HRUPOM IN HRUPOM OKOLIŠKE DEJAVNOSTI

4.1. Nično stanje hrupa na območju

Obstoječa gospodarska stavba se nahaja na parcelah št. 801, 799/1, 798/17, 800/3, 646/3, 804 in 798/21; vse k.o. Ormož. Stavba stoji v vzhodnem delu gradbene parcele. Teren, ki jo obdaja, je glede na stavbo urejen v dveh nivojih. Na južni in delno vzhodni strani objekta je teren navezan na nivo kleti, na severni in delno zahodni strani pa na nivo pritličja.



Slika 1: Območje obdelave (vir: Atlas okolja)

V okolici območja so naslednji pomembni obstoječi viri hrupa:
⇒ okoliška dejavnost,
⇒ splošni hrup ozadja,
⇒ cestni promet po okoliških cestah.

Predpis (TSG [2]) navaja, da če podatki o hrupu na mestu, kjer se stavba nahaja, niso na voljo, je potrebno pri izračunih zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe upoštevati okoljske mejne ravni zunanjega hrupa. V kolikor so na voljo podatki o opravljenih meritvah ali računska ocena dejanske obremenitve z zunanjim hrupom, imajo le-ti podatki prednost.

V danem primeru ni na voljo podatkov o opravljenih meritvah ali računske ocene dejanske obremenitve z zunanjim hrupom, zato v skladu z Odlokom o občinskem prostorskem načrtu občine Ormož in Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur.l. RS, št. 43/18), obravnavano lokacijo (območja športnih centrov BC) uvrstimo v III. cono varstva pred hrupom kjer so mejne dnevne in nočne ravni hrupa podane v tabeli 1.

Tabela 1: Mejne ravni hrupa za III. območje zahtevnosti varstva pred hrupom.

VRSTA HRUPA	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
Mejna vrednost kazalcev hrupa	***50***	***60***

4.2. Zakonski normativi

Skladno s 4.členom Pravilnika [1] in 3. odstavkom točke 1.2 Tehnične smernice TSG-1-005:2012 – Zaščita pred hrupom v stavbah, se za navedeni objekt preveri zaščita pred:
- zunanjim hrupom (npr. hrupom zaradi prometa, hrupom iz industrijskih objektov) in
- odmevnim hrupom.

Preveritve sestav ločilnih elementov se v postopku dokazovanja ustreznosti projektno predvidenih rešitev izvedejo za tiste značilne prostore in konstrukcije, kjer je pričakovati največji prenos zvoka. Vrednosti ravni hrupa, ki v posameznem prostoru obravnavane stavbe (varovani prostor) ne sme biti presežena ter potrebne zvočne izolativnosti ločilnih konstrukcij, so podane v nadaljevanju.

4.2.1. Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih občutljivih za hrup

Zvočna izolirnost zunanjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v varovanih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne bo presegal mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}.

Tabela 2: Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} v dB(A) za naš primer

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} v dB(A)		
	dan	*večer*	*noč*
Delovni kabineti	***35***	***35***	***35***

4.2.2. Mejne vrednosti ravni hrupa v varovanih prostorih

Mejne ravni hrupa L_{AFmax}, ki ga v posameznih varovanih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti, ne smejo presegati vrednosti iz tabele 3.

Tabela 3: Dopustna ekvivalentna raven hrupa za nemoteno delo pri posameznih vrstah dejavnosti

Namembnost prostora	Mejne ravni hrupa L_{AFmax} v dB(A)
Delovni kabineti	**40**

4.2.3. Predpisane vrednosti zvočne izolacije ločilnih konstrukcij

Skladno s 3. odstavkom točke 1.2 Tehnične smernice TSG-1-005:2012, je za obravnavani objekt potrebno zagotoviti, da v varovanih prostorih zaradi uporabe ostalih prostorov ne bodo presežene mejne vrednosti hrupa iz tabel 2 in 3.

5. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM

V objektu se nahajajo prostori (delovni kabineti), za katere velja kriterij zaščite pred zunanjim hrupom $L_{Aeq,dan} \leq 35$ dB (A). Glede na to, da objekt spada v III. cono varstva pred hrupom, je dovoljena mejna raven hrupa $L_{DVN} \leq 60$ dB (A) in $L_{NOČ} \leq 50$ dB (A).

Za izračun potrebne minimalne izolirnosti fasade poiščemo prostor, kjer so zahteve najbolj stroge, obenem pa je ločilna površina (fasada/okna/streha) največja v razmerju z volumnom prostora. Potrebno gradbeno zvočno izolirnost fasade izvedemo po SIST EN 12354-3:

$$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + (10log\ (S/A)) - 1,5$$

kjer so:

$L_{1,s}$	*– povprečna raven zvočnega tlaka na zunanji površini gradbenega elementa dB(A)*
L_2	*– povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru dB(A)*
S_f	*– površina gradbenega elementa m^2*
A	*– ekvivalentna asorpcijska površina v sprejemen prostoru, m^2*

V nadaljevanju preverimo raven zunanjega hrupa v tipičnih prostorih, kjer je pričakovana obremenjenost z zunanjim hrupom največja. Kjer se navedena sestava pojavlja večkrat, štejemo, da so sestave ustrezne tudi v vseh drugih primerih kjer se pojavljajo.

Izračun nivoja hrupa v prostoru izvedemo po SIST EN12354-3 oz.TSG-1-005:

$$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - (R'_{w,f} + C_{tr,f}) + 10\log\ (S_f/A) - {}_{\Delta}L_{fs}$$

kjer so:

L_{notri}	*– raven hrupa v varovanem prostoru, dB(A)*
$L_{zunaj,2m}$	*– raven hrupa 2 m od fasadne pregrade na zunanji strani, dB(A)*
$R'_{w,f}$	*– zvočna izolirnost fasade, ki pripada varovanemu prostoru, dB*
$C_{tr,f}$	*– korekcija za spektralno prilagoditev*
S_f	*– površina deleža fasade, ki pripada varovanemu prostoru, m^2*
A	*– ekvivalentna asorpcijska površina varovanega prostora, m^2*
${}_{\Delta}L_{fs}$	*– korekcija zaradi vpliva oblike fasade*

5.1. Fasadni ovoj

Zunanja stena pritličja je obstoječa katera se dodatno toplotno izolira in obdela z zaribanim ometom svetle pastelne barve po vzoru obstoječe.

Sestava je predvidena kot:

0,5cm zaključni omet	/	/
0,5cm cementno lepilo	/	/
20cm toplotna izolacija	/	/
4cm omet	X 1800 kg/m^3	72 kg/m^2
43cm opečni zid	X 1200 kg/m^3	516 kg/m^2
izravnava, oplesk	/	/
	Površinska masa znaša:	**588 kg/m^2**

Ovrednotena zvočna izolirnost ločilnega elementa (zid+omet) je $R_{s,W}$ = 61,9 (-2,-7) dB, izračunana po standardu [5], izolirnost pred zvokom hrupa v zraku je $R_{s,W}$+C= 59,9 dB. Izboljšanje zaradi toplotne izolacije zanemarimo.

Ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,W}$ = 59,9 dB.

5.2. Potrebna zvočna izolirnost fasadnega pasu – avla/recepcija/družabni prostor (pritl.)

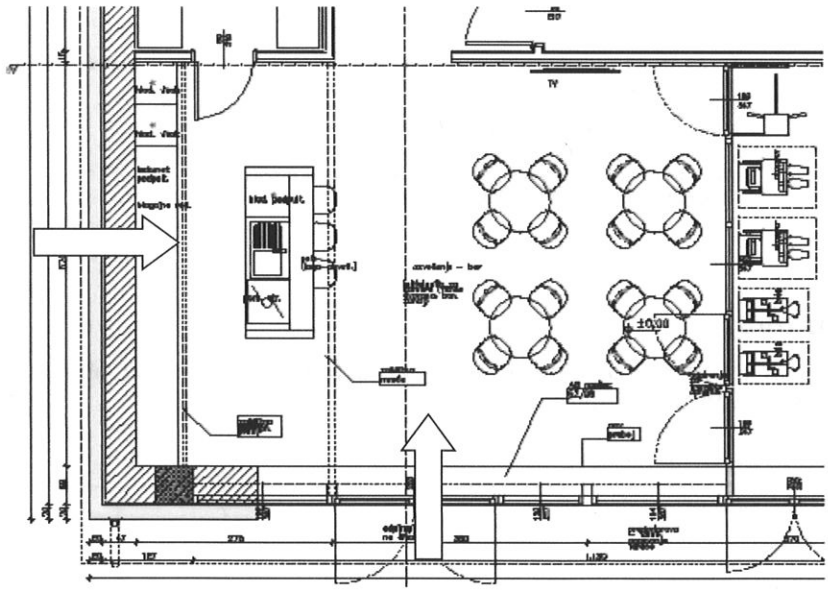
V opazovanje vzamemo prostor 201 (avla/recepcija/družabni prostor) v pritličju objekta, kjer je zaradi večjih površin zasteklitve, pričakovana največja obremenjenost z zunanjim hrupom. Izvedemo izračun potrebne zvočne izolirnosti fasadnega pasu.

POTREBNA ZVOČNA IZOLIRNOST FASADNEGA PASU (splošen hrup)			
$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + (10log\ (S/A)) - 1,5$			
	simbol	enota	
Raven zunanjega hrupa:	L_{zun}	(dB)	60
Maksimalna dopustna raven hrupa v sprejemnem prostoru:	L_{not}	(dB)	35
Površina ločilnega elementa:	S	(m^2)	48,6
Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora:	A	(m^2)	53,5
Korekcijski faktor zaradi spektra hrupa:	F	(dB)	1,5
Zahtevana izolirnost	$R'_{45°}$ =	**(dB)**	**26,1**

Iz izračuna je razvidno, da bo fasadni pas ustrezal, če bo skupna izolirnost vseh elementov ovoja dosegla **najmanj 26,1 dB** izolacije pred hrupom v zraku.

5.2.1. Raven zunanjega hrupa v prostoru

Izvedemo še izračun nivoja hrupa v prostoru 201 (avla/recepcija/družabni prostor) v pritličju objekta.



V fasadnem ovoju so predvidena okna s trojno termoizolacijsko zasteklitvijo. Za izračun uporabimo zvočno izolirnost oken R'_w+C = 25 dB (pri tem imamo v mislih gradbeno zvočno izolirnost vgrajenih oken).

Ker gre za kombinacijo različnih sestav (okna+fasada) izračunamo rezultirajočo zvočno izolirnost fasadnega pasu:

REZULTIRAJOČA ZVOČNA IZOLIRNOST FASADNEGA PASU (fasadni pas z okni)			
$R'_w = R_w-10*\log(1+S_0/S_f*((10^{(0,1*R_w)}/(10^{(0,1* R'_w)}-1)$			
	simbol	enota	
Površina oken:	S_1	(m^2)	17,6
Zvočna izolirnost oken:	R'_w+C	(dB)	25,0
Površina fasadnega pasu:	S_2	(m^2)	31,0
Zvočna izolirnost fasadnega pasu:	R_w	(dB)	59,9
Skupna površina:	S_f	(m^2)	48,6
	$R'_{w,f}$ =	***(dB)***	***29,4***

Predvidena skupna izolirnost elementov ovoja dosega **29,4 dB** izolacije pred hrupom v zraku, kar je več kot potrebnih 26,1 dB.

Sedaj lahko izračunamo nivo zvoka za dnevni čas v prostoru L_{dan} po enačbi iz poglavja 5.0. Za izračun L_{dan}, upoštevamo nivo hrupa po Uredbi, 60 dB(A). Stranskega prenosa glede na tč. 4.3, SIST EN 12354-3 ne računamo posebej, ampak upoštevamo pavšalno vrednost (-) 2 dB.

NIVO ZVOKA V PROSTORU (dnevni čas)			
$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - R'_{w,f} + 10\log (S_f/A) - \Delta Lfs$			
	simbol	enota	
Raven hrupa na zunanji strani (2m):	$L_{zunaj,2m\ (dan)}$	(dB(A))	60
Zvočna izolirnost fasadnega pasu:	$R'_{w,f}$	(dB)	27,4
Površina fasadnega pasu:	S_f	(m^2)	48,6
Ekvivalentna absorbcijska površina:	A	(m^2)	53,5
Volumen prostora	V	(m^3)	164,2
Korekcija zaradi oblike fasade:	ΔL_{fs}	(m^2)	0
	L_{notri} =	***(dB)***	***32,2***

Iz izračuna je razvidno, da nivo hrupa v prostoru **ne preseže** mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa, ki znaša $L_{Aeq} \leq 35$ dB.

*Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 2.*

6. VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

TSG-1-005:2012, predpisane zvočne izolirnosti za objekt takšnega tipa ne podaja, zato preveritev notranjih vertikalnih konstrukcij ni izvedena.

7. HORIZONTALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

TSG-1-005:2012, predpisane zvočne izolirnosti za objekt takšnega tipa ne podaja, zato preveritev notranjih horizontalnih konstrukcij ni izvedena.

8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV

8.1. Okna

Zvočna izolirnost oken, vgrajenih v fasado objekta, uporabljena za izračun v tem elaboratu je **$R'_{w,okna}+C$ = 25 dB.**

Proizvajalec mora po TSG-1-005, tč. 1.1 (1) dokazati ustreznost z laboratorijsko meritvijo, ki dokazuje da je zvočna izolirnost teh elementov izmerjena v laboratoriju za 2 dB večja od zvočne izolirnosti, ki je predpisana na zgradbi in zagotoviti strokovno vgradnjo. To pomeni, da mora znašati laboratorijska meritev oken **$R_{w,okna}+C \geq$ 27 dB**.

Zahteve za izvedbo:
- Montaža stavbnega pohištva se mora izvesti po sistemu RAL.

Pojasnilo – korekcija za spektralno prilagoditev:
C in C_{tr} (C–prva številka, C_{tr}–druga številka) sta korekcijska faktorja in sicer C za območje srednjih frekvenc (npr. govor) in C_{tr} za območje nizkih frekvencah (npr. promet). Potrebna izolativnost oken (podatek za naročilo) je torej izračunana vrednost $R_{w,okna}$, povečanega za spektralno prilagoditev C ali C_{tr} (odvisno od posameznega primera).

9. HRUP OBRATOVALNE OPREME

Pri izvedbi strojnih inštalacij je potrebno opozoriti tudi na ustrezno izvedbo izolacije pred udarnim zvokom oz. ustrezno namestitev strojne opreme. Pri tem je treba upoštevati njihove tehnične karakteristike (maso, frekvence vibracij, itd...).

9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi

Zahteva, da ni presežen nivo hrupa $L_{AF,max} \leq$ **40 dB (A)** (delovni kabineti) zaradi uporabe instalacijskega sistema bo izpolnjena, če bodo vgrajene ustrezne iztočne pipe, kolena in mehka pritrditev instalacijskih cevi.

9.2. Ogrevanje in hlajenje

Kot energetsko učinkovit vir ogrevanja, se namesti toplotno črpalko.

Za potrebe preprečitve prenašanja izsevanega hrupa (ki je posledica prenosa po konstrukcijah) je potrebno upoštevati naslednje:

- Izvedejo se elastični vezni elementi (fleksibilne povezave) med opremo in inštalacijskim vodom,
- Izvede se elastično obešanje oz. vpenjanje inštalacijskih vodov na stene oz. stebre,
- Ovijanje vodov z ustrezno izolacijsko dušilnim materialom.

Opomba:
Ukrepi, ki so potrebni za preprečitev prenosa vibracij in impulznega hrupa na konstrukcije stavbe, morajo biti ustrezno rešeni in opisani v projektu strojnih inštalacij.

9.3. Prezračevanje

Objekt bo prisilno prezračevan, zato je potrebno sistem ustrezno projektirati (dušilniki, izolacija kanalov) da nivo hrupa ne preseže mejne vrednosti $L_{AF,max} \leq$ **30 dB (A).** Izogibati se je potrebno prehodom med ločilnimi stenami za katere veljajo kriteriji iz TSG-1-005:2012, oz. se morajo na prehodih vgraditi dušilci zvoka.

10. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA

Predpis zahteva, da se preveri tudi odmevni hrup v prostorih, kjer se dalj časa zadržujejo uporabniki, kot so npr. avle, prostori za šport, itd.... Gre v bistvu za zmanjšanje posredne (odmevne) komponente hrupa. Odmevni hrup v prostoru je odvisen od dolžine odmevnega časa. V akustično neurejenem prostoru je odmevni čas praviloma precej daljši od optimalnega, zato je tak prostor odmeven in hrupen.

Znižanje ravni hrupa s povečanjem koeficienta absorpcije, je odvisno od spremembe odmevnega časa in se po TSG-1-005 določi z enačbo:

$$_{\Delta}L=10 \times \log T1/T2$$

Kjer je:

T1 – prvotni odmevni čas
T2 – odmevni čas po dodani absorpciji

Odmevni čas računamo po Sabinovi enačbi:

$$T = (0{,}163\ V) / (A+4mV) \quad [s]$$

kjer je

V...prostornina prostora [m3]
A...ekvivalentna absorpcijska površina [m2]
4mV...absorpcija zvoka v zraku [m2]

Odmevni čas skrajšamo oz. prilagodimo optimalni vrednosti s povečanjem absorpcije zvoka v prostoru (strop, stena, tla,...), tj. z namestitvijo materialov ali konstrukcij, ki imajo velik koeficient absorpcije zvoka **α.** Koeficienti absorbcije **α** predstavljajo delež zvočne energije, ki se ob vpadu zvočnega vala na mejno površino absorbira. Vrednosti **α**, ki so uporabljeni v izračunu odmevnega časa, so podani poleg posameznega elementa v prostoru v izračunu. V kolikor za material niso na voljo dejanski podatki laboratorijskih meritev, smo le-te vzeli iz strokovne literature.

Za potrebe akustične ureditve prostorov, je potrebno najprej določiti okvirne priporočene vrednosti odmevnega časa. Ker slovenski predpis za prostorsko akustiko ne obstaja, optimalne vrednosti odmevnega časa povzamemo po standardu DIN 18041 ter drugih tujih smernicah, kjer odmevni časi znašajo:

- **Fitnes:** optimalni odmevni čas glede na prostornino prostora,
- **Soba za šport:** optimalni odmevni čas glede na prostornino prostora,
- **Avla/recepcija/družabni prostor:** optimalno razmerje med površino in prostornino prostora A/V.

V elaboratu so prikazani značilni primeri akustične ureditve posameznih prostorov vendar velja enak način tudi za akustično ureditev vseh ostalih podobnih prostorov v stavbi, kjer se dalj časa zadržujejo uporabniki.

10.1. Akustični koncept

Cilj ustrezne akustične ureditve posameznih prostorov je zagotoviti ustrezno akustično udobje posameznega uporabnika, saj so dobri akustični pogoji predpogoj za učinkovitost in ugodje posameznega uporabnika.

Za doseganje akustičnega ugodja v obravnavanih prostorih, je potrebno:

1. Določiti lokacijo namestitve akustičnih oblog.
2. Določiti min. absorbcijske lastnosti akustičnih oblog.
3. Določiti min. površino akustičnih oblog, potrebnih za namestitev v posamezen prostor.

Lokacija in minimalna površina akustičnih oblog je navedena pod vsakim posameznim prostorom. Za akustično ureditev prostorov, so predvideni naslednji tipi zvočno absorpcijskih oblog:

- Akustična lesena stenska obloga razreda C z naslednjimi absorpcijskimi lastnostmi:

F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,40	0,80	0,80	0,75	0,65	0,55

oz. ekvivalentno z: α_w = **0,70** (razred C)
(kot npr. Varion Advance 6/16P)

- Mavčno kartonski akustični strop razreda C z naslednjimi absorpcijskimi lastnostmi:

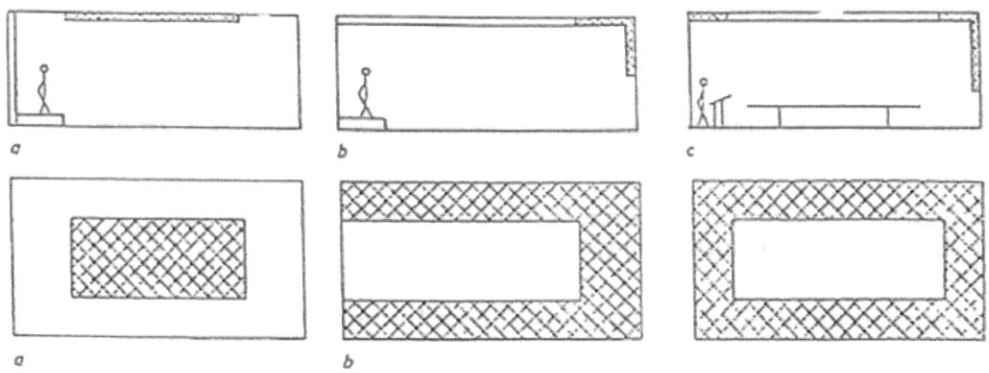
F (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,45	0,60	0,70	0,60	0,55	0,65

oz. ekvivalentno z: α_w = **0,60** (razred C)
(kot npr. Knauf Cleaneo Akustik 8/18 R – obešalna višina 200mm)

Priporočila za montažo akustičnih oblog

Zvok prihaja od vira do poslušalca neposredno in prek odbojev od mejnih površin prostora. Razumljivost govora je v veliki meri odvisna tudi od odbojev zvoka ki jih ločimo na zgodnji odboj (so koristni in izboljšajo razumljivost govora) ter zapozneli odboj (negativno vplivajo na razumljivost in jih zaznamo kot jek ali utripajoči jek).

Na ustrezno razumljivost govora lahko vplivamo tudi s primerno razporeditvijo zvočno absorbcijskih materialov. Na spodnji risbi so ponazorjeni neprimerna (a) in primerna (b, c) namestitev zvočno absorbcijskih materialov v majhnih in srednje velikih prostorih kot npr.: pisarne, sejne sobe, dvorane,...itd. V fazi izvedbe, skušamo za zagotovitev ustrezne akustike prostora prikazane primerne razporeditve čim bolj slediti.



10.1.1. Fitnes

V opazovanje vzamem prostor 212 (fitnes) v pritličju objekta. Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitev učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:
Optimalni odmevni čas v polno zasedenem prostoru (glede na njegovo prostornino - 672,00 m³) je:
$T_{opt.}$= 1,12 s.

Izračunan odmevni čas v prostoru, ki ni akustično obdelan, znaša: **T_1= 2,95 s.**

Opravimo grob izračun odmevnega časa (po metodi Sabine) v akustično obdelanem prostoru:

Bočni elementi prostora	Površina S [m²]	Srednje vrednosti oktav (Hz)											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		Koeficient absorpcije α, ekvivalentna absorpcijska površina A [m²]											
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
TLA													
Vinil	193,66	0,02	3,87	0,02	3,87	0,04	7,75	0,05	9,68	0,05	9,68	0,10	19,37
STROP													
MK strop (en sloj)	77,66	0,15	11,65	0,10	7,77	0,06	4,66	0,04	3,11	0,04	3,11	0,05	3,88
AKU stropna obloga	116,00	0,45	52,20	0,60	69,60	0,70	81,20	0,60	69,60	0,55	63,80	0,65	75,40
STENE													
Opečna stena	110,43	0,02	2,21	0,03	3,31	0,03	3,31	0,03	3,31	0,04	4,42	0,07	7,73
MK stena (več slojev)	46,79	0,02	0,94	0,02	0,94	0,03	1,40	0,04	1,87	0,04	1,87	0,03	1,40
Vrata	5,67	0,25	1,42	0,20	1,13	0,15	0,85	0,10	0,57	0,08	0,45	0,07	0,40
Okna	35,17	0,28	9,85	0,20	7,03	0,11	3,87	0,06	2,11	0,03	1,06	0,02	0,70
DRUGO													
Uporabniki	24,00	0,10	2,40	0,15	3,60	0,20	4,80	0,25	6,00	0,25	6,00	0,25	6,00
Vsota površin (m2)	609,38	∑A	84,53	∑A	97,26	∑A	107,84	∑A	96,25	∑A	90,39	∑A	114,88
Volumen prostora [m³]	672,00												
Srednji koeficient absorbcije		**0,16**		**0,17**		**0,17**		**0,15**		**0,14**		**0,16**	
Odmevni čas [s]		**1,30**		**1,13**		**1,02**		**1,14**		**1,21**		**0,95**	
Srednji odmevni čas (s)		**1,12**											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka:

$_{\Delta}L=10 \times \log T_1/T_2$
$_{\Delta}L=10 \times \log 2,95/1,12$

$_{\Delta}L$= 4,20 dB

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe absorpcijskega materiala, znižana za **4,20 dB**.

Za ustrezno akustično ureditev, je potrebno namestiti naslednje površine akustičnih oblog:
- na strop: 116 m² oz. 60 % akustičnih stropnih oblog tipa C.

**Dokončno razporeditev oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem je odstopanje od navedenih površin lahko največ ± 10%.*

10.1.2. Soba za šport

V opazovanje vzamem prostor 116 (soba za šport) v kleti objekta. Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitev učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:
Optimalni odmevni čas v polno zasedenem prostoru (glede na njegovo prostornino - 88,76 m^3) je:
$T_{opt.}$= 0,58 s.

Izračunan odmevni čas v prostoru, ki ni akustično obdelan, znaša: **T_1= 2,16 s.**

Opravimo grob izračun odmevnega časa (po metodi Sabine) v akustično obdelanem prostoru:

Bočni elementi prostora	Površina S [m^2]	Srednje vrednosti oktav (Hz)											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		Koeficient absorpcije α, ekvivalentna absorpcijska površina A [m^2]											
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
TLA													
Vinil	23,67	0,02	0,47	0,02	0,47	0,04	0,95	0,05	1,18	0,05	1,18	0,10	2,37
STROP													
Opečni strop	23,67	0,03	0,71	0,03	0,71	0,03	0,71	0,04	0,95	0,05	1,18	0,07	1,66
STENE													
Opečna stena	39,31	0,02	0,79	0,03	1,18	0,03	1,18	0,03	1,18	0,04	1,57	0,07	2,75
MK stena (več slojev)	4,56	0,02	0,09	0,02	0,09	0,03	0,14	0,04	0,18	0,04	0,18	0,03	0,14
AKU stenska obloga	30,00	0,40	12,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,75	22,50	0,65	19,50	0,55	16,50
Vrata	1,89	0,25	0,47	0,20	0,38	0,15	0,28	0,10	0,19	0,08	0,15	0,07	0,13
Okna	0,64	0,28	0,18	0,20	0,13	0,11	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
DRUGO													
Uporabniki	12,00	0,10	1,20	0,15	1,80	0,20	2,40	0,25	3,00	0,25	3,00	0,25	3,00
Vsota površin (m2)	135,74	∑A	15,91	∑A	28,76	∑A	29,73	∑A	29,22	∑A	26,79	∑A	26,56
Volumen prostora [m^3]	88,76												
Srednji koeficient absorbcije		**0,14**		**0,18**		**0,17**		**0,17**		**0,15**		**0,15**	
Odmevni čas [s]		**0,91**		**0,50**		**0,49**		**0,50**		**0,54**		**0,54**	
Srednji odmevni čas (s)		**0,58**											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka:

$_{\Delta}L=10 \times \log T_1/T_2$
$_{\Delta}L=10 \times \log 2,16/0,58$

$_{\Delta}L$= 5,70 dB

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe absorpcijskega materiala, znižana za **5,70 dB**.

Za ustrezno akustično ureditev, je potrebno namestiti naslednje površine akustičnih oblog:
- na steno: 30 m^2 oz. 40 % akustičnih stenskih oblog tipa C.

**Dokončno razporeditev oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem je odstopanje od navedenih površin lahko največ ± 10%.*

10.1.3. Avla/recepcija/družabni prostor

V opazovanje vzamemo prostor 201 (avla/recepcija/družabni prostor) v pritličju objekta. Glede na standard DIN 18041 (prostori tipa B), so za takšne prostore priporočljivi ukrepi za dušenje zvoka. S tem bo doseženo zmanjšanje povprečne ravni hrupa ter odmevnega hrupa v prostoru. V predpisu so podana priporočila za razmerje med ekvivalentno površino absorbcijskih oblog in volumnom prostora v frekvenčnem območju od 250 Hz do 2000 Hz.

Prostor avla/recepcija/družabni prostor razvrstimo v skupino B4. Izvedemo izračun za potrebe določitve minimalnih absorbcijskih površin v obravnavanem prostoru.

Vhodni podatki so:
Višina prostora = 3,49 m
Površina prostora = 47,31 m^2
Prostornina prostora = 165,11 m^3
Površin abs. površin = 36,00 m^2

$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (3,04/1\ m)^{-1}$

0,218 ≥ 0,214

Izračun pokaže, da mora biti razmerje večje od 0,214 kar (ob upoštevanju prostornine prostora) dosežemo pri minimalni površini absorbcijskih površin **36 m^2** (minimalno 76 % stropnih površin)!

Dokončno razporeditev in količino absorbcijskih oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem pa le-teh ne sme biti manjše kot je navedeno v izračunu (izberejo se naj materiali ki učinkovito dušijo v frekvenčnem območju od 250–2000 Hz, kot npr. Knauf Cleaneo Akustik 8/18 R).

Opomba:
Priporočene vrednosti za zahtevano najmanjše razmerje med površino oblog in volumnom prostora, veljajo za posamezne oktave od 250 Hz do 2000 Hz brez upoštevanja absorbcije zvoka s strani oseb v prostoru.

10.1.4. Priporočilo

Za doseganje ustreznega akustičnega ugodja v ostalih prostorih, kjer bo potekala kratkotrajna zasedenost prostorov (hodniki, garderobe, pokriti vhod,...) prav tako priporočamo ureditev prostorov iz akustičnega vidika z uporabo akustičnih oblog. Izberejo se naj materiali ki učinkovito dušijo v frekvenčnem območju od 250–2000 Hz ter razporedijo na območjih (strop, stene, tla,...) kjer je to iz vidika notranjega oblikovanja omogočeno.

11. SKLEP

NA OSNOVI OCENE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE UGOTAVLJAMO, DA BO PREDPISANA MINIMALNA ZVOČNA IZOLACIJA STEN IN STROPOV DOSEŽENA, ČE BODO UPORABLJENI V TEM ELABORATU UPOŠTEVANI GRADBENI MATERIALI IN ELEMENTI.

OB MOREBITNI UPORABI DRUGIH MATERIALOV JE POTREBNO NAREDITI NOVE IZRAČUNE OZIROMA NOV ELABORAT.

POROČILO JE AVTORSKO DELO IZVAJALCA, NAROČNIK SE OBVEZUJE NJEGOVO VSEBINO VAROVATI IN RAZPOLAGATI Z NJO LE Z IZRECNIM DOVOLJENJEM AVTORJA!

Izdelal:
Tomaž Juršič dipl.inž.les.



december 2024