

Predlog akustične ureditve

naziv stavbe:	Idejna zasnova prenove pritličja v poslovni stavbi
lokacija stavbe:	Poljanska cesta 31 1000 Ljubljana
investitor:	Stanovanjski sklad Republike Slovenije Poljanska cesta 31, 1000 Ljubljana
naročnik:	aFRONT zavod za prostorsko inovativnost Barjanska cesta 16, 1000 Ljubljana
odgovorni vodja projekta:	Lenka Kavčič, univ. dipl. inž. arh. ZAPS A-0921
vrsta projektne dokumentacije:	IDZ
izdelovalec poročila:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
številka poročila:	NP-007-01/21
izvod:	<i>Elektronski izvod</i>
datum izdelave elaborata:	29. januar 2021

Vsebina

1. Izhodišča.....	2
2. Ciljne akustične lastnosti prostorov	3
2.1. Odmevni čas	3
Pisarne odprtega tipa	3
Prostori namenjeni govoru/predavanjem	3
3. Osrednji pisarniški prostor	4
3.1. Zasnova prostora	4
3.2. Ciljne akustične lastnosti	4
Odmevni čas	4
3.3. Izračunana vrednost odmevnega časa	4
3.4. Akustični elementi (rešitve)	5
Akustičen spuščeni strop	5
4. Prostor za sestanke.....	9
4.1. Zasnova prostora	9
4.2. Ciljne akustične lastnosti	9
Odmevni čas	10
4.3. Izračunana vrednost odmevnega časa	10
4.4. Akustični elementi (rešitve)	11
Akustičen spuščeni strop	11
5. Literatura	12

1. Izhodišča

Predlog akustične ureditve obravnava poslovne prostore Stanovanjskega sklada Republike Slovenije v pritličju poslovne stavbe na Poljanski cesti 31 v Ljubljani. Osrednji poslovni prostor je zasnovan kot pisarna odprtega tipa, v katerem je predvidenih 10 delovnih mest (Slika 1). Poleg osrednjega prostora je predvidena še soba za sestanke, čajna kuhinja, garderoba in manjši tehnični prostori.

Predlog je osnovan na strokovnih dognanjih s področja arhitekturne akustike in temelji na računskih postopkih, ki so v stroki ustaljeni. Predlagane rešitve so celovite in zagotovo dosežejo svoj namen samo, če so izvedene skladno z danimi navodili. Nikakršnega zagotovila ni, da bi s parcialno izvedbo lahko dosegli ustrezno prostorsko akustiko, zato je ob odstopanjih pri izvedbi potrebna ponovna strokovna ocena planiranih posegov.

Podlaga za izdelavo so posredovani načrti predvidene notranje ureditve. Pravilnost predlaganih rešitev je pogojena s pravilnostjo predpostavk in verodostojnostjo posredovanih informacij. Za površine v prostorih, ki jih predlog eksplicitno ne obravnava predpostavljamo, da bodo izvedene skladno s projektom. V nasprotnem primeru je potrebna ponovna strokovna ocena planiranih posegov.

Poglavji 3 in 4 ločeno obravnavata akustično zasnovo osrednjega pisarniškega prostora in sobe za sestanke. Za vsak prostor so predstavljene ciljne akustične lastnosti glede na predvideno namembnost, izračun odmevnega časa in rešitve, ki tvorijo akustično ureditev prostora.



Slika 1: Shematski prikaz prostorov, ki se urejajo v sklopu prenove. Predmet akustične ureditve je osrednji pisarniški prostor in prostor za sestanke.

2. Ciljne akustične lastnosti prostorov

Zaradi odprte zasnove pisarniških prostorov z akustično zasnovo prostorov predvsem stremimo k obvladovanju odmevnega hrupa. To dosežemo z vnosom absorpcijske površine v zadostnem obsegu, ki je ustrezno razporejena po prostoru.

2.1. Odmevni čas

Odmevni čas je osrednji akustični parameter prostora, ki v veliki meri definira akustično klimo prostora, saj vpliva na raven zvočnega tlaka v prostoru, jasnost zvoka, dožemanje velikosti in oblike prostora, pojav odmeva, obarvanost zvoka, dožemanje izvora zvoka...

Za namen akustične analize prostorov odmevni čas izračunamo po Sabinovi enačbi [1]. Priporočeno vrednost odmevnega časa določimo ob upoštevanju namembnosti in volumna prostora, na podlagi standarda *DIN 18041:2019* [2], ki definira ciljno vrednost odmevnega časa. Glede na namembnost je določeno tudi tolerančno območje odmevnega časa kot odstopanje od ciljne vrednosti preko oktavnih pasov.

Pisarne odprtega tipa

V pisarnah odprtega tipa je za neovirano delo ključno omejevanje hrupa. Ciljne vrednosti odmevnega časa v pisarniških prostorih odprtega tipa zato definiramo z enačbo (1) iz standarda *DIN 18041:2019* [2], ki podaja najstrožjo zahtevo in velja za namembnost prostorov, kjer prevladuje prosti govor.

$$T_{pogovor} = \left(0,26 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3} - 0,14 \right) \right) s \quad (1)$$

Poleg same vrednosti odmevnega časa bomo zasledovali tudi njegov ustrezen frekvenčni potek, in sicer skladno s priporočili istega standarda *DIN 18041:2016* [2].

Prostori namenjeni govoru/predavanjem

Prostor za sestanke je ločen od osrednjega pisarniškega prostora in je namenjen vodenemu pogovoru manjše skupine ljudi. Ciljne vrednosti odmevnega časa v prostorih namenjenem govornim nastopom oziroma predavanjem definiramo z enačbo (2) standarda *DIN 18041:2019* [2], ki velja za namembnost govor/predavanja.

$$T_{predavanja} = \left(0,37 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3} - 0,14 \right) \right) s \quad (2)$$

Poleg same vrednosti odmevnega časa bomo zasledovali tudi njegov ustrezen frekvenčni potek, in sicer skladno s priporočili istega standarda *DIN 18041:2016* [2].

3. Osrednji pisarniški prostor

V sklopu prenove pisarniških prostorov se 10 delovnih mest uredi v obliki pisarne odprtega tipa.

3.1. Zasnova prostora

Tloris pisarniškega prostora je prikazan na sliki 1. Prostor ima razgibano geometrijo; osrednji pisarniški prostor ob južni fasadi objekta je povezan s komunikacijskim hodnikom na severu. Skupna tlorisna površina prostora znaša 150 m², s svetlo višino stropa 3,2 m. Volumen celotnega prostora je tako cca. 480 m³. Tlak v prostoru je predviden kot tapison (npr. 2tec2, $\alpha_w = 0,15$), strop kot spuščen strop, delno kot akustična perforirana obloga in delno brez perforacije. Finalna obdelava sten bo večinoma ometana, fasadne stene so zastekljene, nekatere notranje stene pa so predvidene z akustično oblogo v tekstilnem zaključku. Akustične obloge so delno predvidene tudi v sklopu notranje opreme.

3.2. Ciljne akustične lastnosti

Pisarne odprtega tipa morajo biti zasnovane na način, da se v največji možni meri omeji moteč odmevni hrup. Z akustično zasnovo je tako potrebno doseči relativno suh prostor (nizek odmevni čas), kar dosežemo z vnosom zadostne količine absorpcijske površine, ki je ustrezno razporejena znotraj prostora.

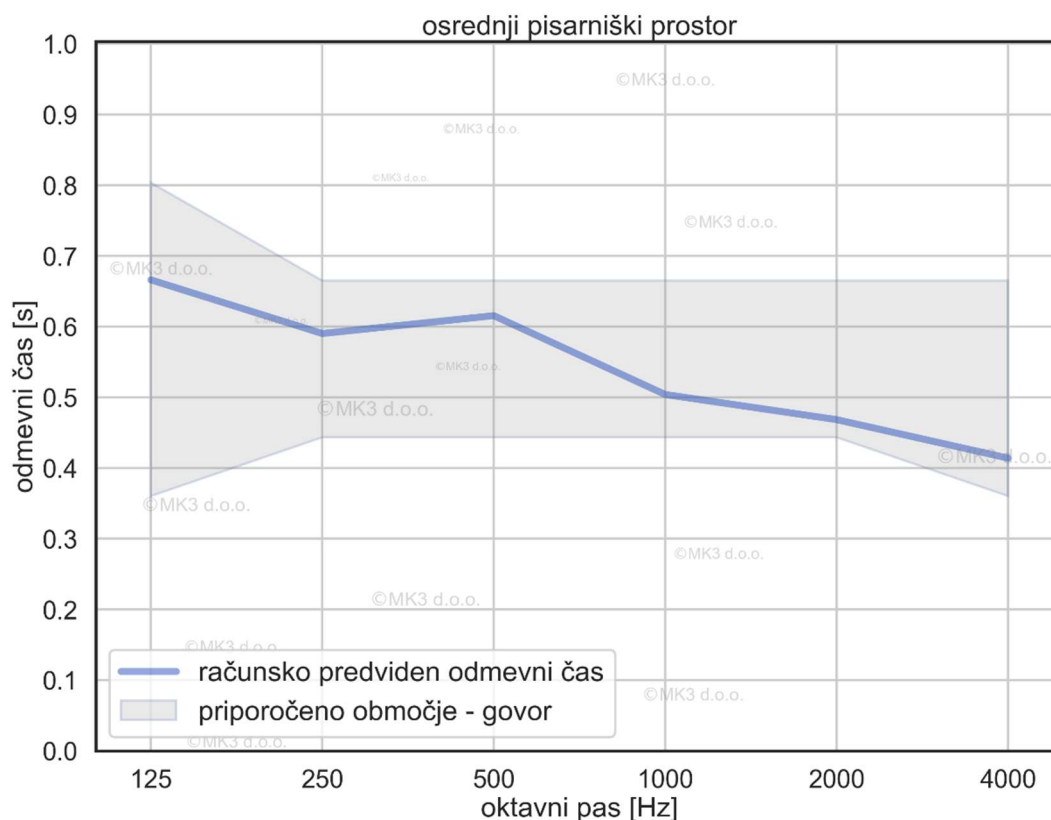
Odmevni čas

Enačba (1) definira še priporočen odmevni čas za obravnavano namembnost prostora v odvisnosti od volumna prostora:

$$T_{pogovor} = \left(0,26 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3} - 0,14 \right) \right) s = 0,55 s$$

3.3. Izračunana vrednost odmevnega časa

Izračunane vrednosti odmevnega časa so prikazane na grafu na sliki 2 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 3.4). Vrednosti koeficienta absorpcije α obodnih površin prostora, so pridobljene iz strokovne literature (glej npr. [3]), če za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev. Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednosti odmevnega časa zasedene pisarne (10 zaposlenih), znotraj priporočenega območja v vseh oktavnihih pasovih. Ker je globina stropne konstrukcije v pisarni vsaj 20 cm večja od tiste, za katero so na voljo rezultati laboratorijskih meritev absorpcije, lahko pričakujemo še nekoliko boljšo zvočno absorpcijo v najnižjih oktavnihih pasovih.



Slika 2: Izračunana vrednost odmevnega časa v osrednjem pisarniškem prostoru v oktavnih pasovih z označenim ciljnim/predvidenim območjem.

3.4. Akustični elementi (rešitve)

Po arhitekturnem predlogu so v sklopu akustične ureditve predvideni akustični elementi (rešitve), kot jih opisujemo v nadaljevanju.

Akustičen spuščeni strop

Na območju delovnih mest je kot akustična rešitev predviden akustičen spuščeni strop. Predvidena sestava obloge v prerezu je prikazana na sliki 3, ki prikazuje perforirane mavčne plošče debeline 12,5 mm z mineralno volno debeline 20 mm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage vsaj 65 cm.



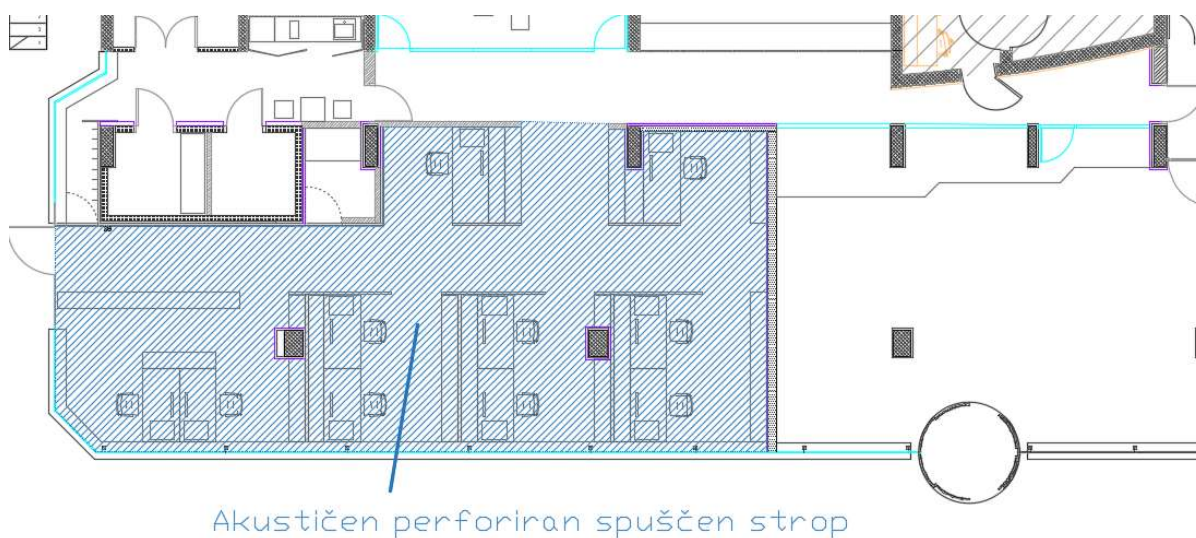
Slika 3: Sestava absorpcijskega stropnega sistema v pisarniških prostorih.

Zahtevane minimalne vrednosti koeficientov absorpcije za obloge so navedene v tabeli 1.

Tabela 1: Upoštewane vrednosti koeficientov absorpcije α za stropne obloge v pisarni.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,50	0,60	0,6	0,60	0,60	0,60

Akustični perforiran spuščen strop je predviden na območju delovnih mest v skupni površini 118 m², skladno s shemo na sliki 4.



Slika 4: Shema umestitve akustičnega perforiranega spuščenege stropa v osrednji pisarniški prostor.

Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.

Akustične stenske obloge

Na delu sten je predvidena akustična stenska obloga s tekstilnim zaključkom, in sicer kvadrature cca. 30 m². Predlagana sestava obloge v prerezu je prikazana na shemi na sliki 5. Predvidena je umestitev 50 mm sloja kamene volne gostote 40-70 kg/m³, zaščitenega z akustičnim filcem, vidni zaključek obloge je tekstilen, izbran tekstil mora biti zvočno prepusten. Nosilna konstrukcija stenske obloge mora biti ustrezno dimenzionirana, vidni zaključek oblog je prepuščen izbiri arhitekta.

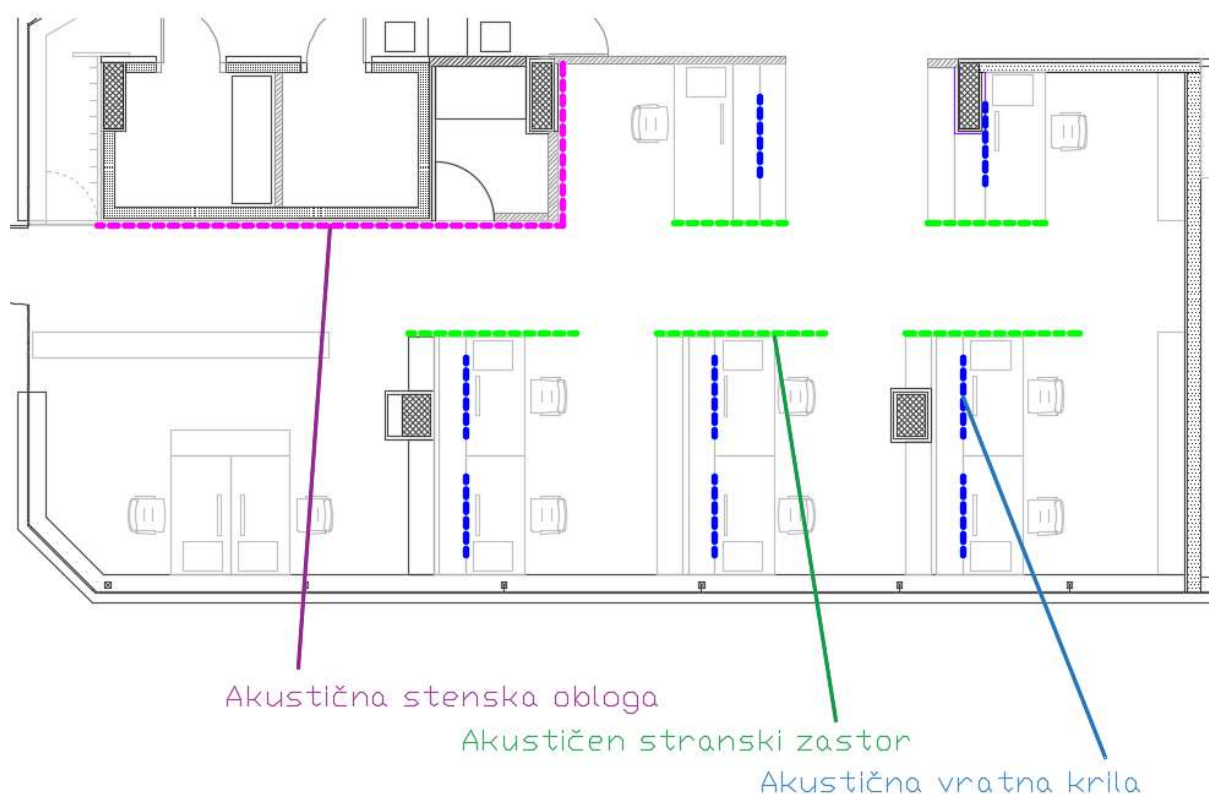


Slika 5: Sestava akustične stenske obloge.

Stenske obloge naj bodo vgrajene skladno z navodili proizvajalca.

Akustična stenska obloga naj sledi sestavi na sliki 5, pri čemer je ključno, da je tekstilni zaključek ustrezno zvočno prepusten. Koeficient zvočne absorpcije naj bo $\alpha > 0,5$ v 500 Hz in višjih oktavnih pasovih.

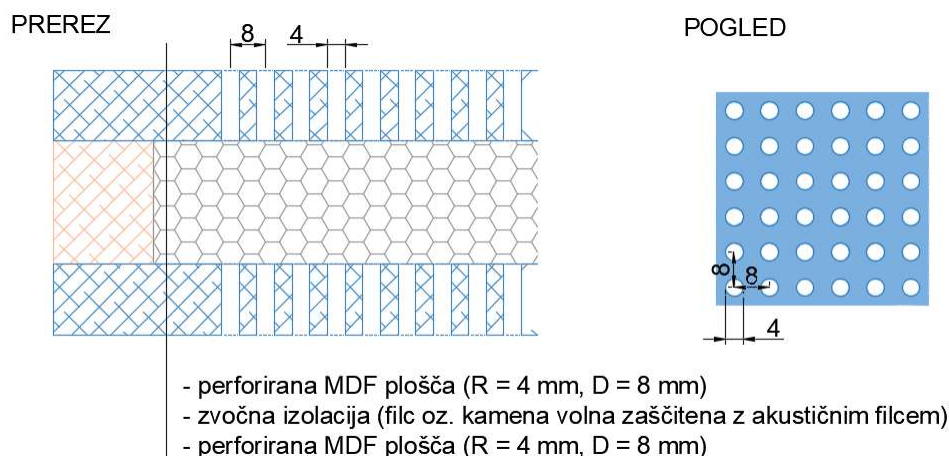
Akustična stenska obloga je predviden na območju dveh sten v skupni površini cca. 30 m², skladno s shemo na sliki 6.



Slika 6: Shema akustičnih oblog na območju osrednjega pisarniškega prostora: Stenska obloga na dveh izmed sten v skupni površini cca. 30 m² (magenta), stranski zastori ob delovnih mestih (5x) v skupni površini cca. 18 m² (zelena) in vrata na krilih na omari pred delovnimi mesti (8x) v skupni površini cca. 7,5 m².

Akustičen zastor

Ob delovnih mestih je v sklopu opreme predvidena izvedba perforiranega akustičnega zastora v višini 1,6 m. V prostor se umesti 5 zastorov različnih dimenzij, skupna površina zastorov je približno 18 m². Predlagana sestava perforiranega zastora v prerezu je prikazana na sliki 7. Predvidena je obojestranska lesena obloga debeline 16 mm z deležem perforacije 19 %. Premer perforacije je 4 mm, razmak med odprtini je 8 mm. Obloga je pritrjena na podkonstrukcijo z vmesnim zračnim prostorom debeline 28 mm. Zračni prostor med oblogama je zapolnjen s 28 mm debelim slojem filca ali mineralne volne gostote 40-70 kg/m³. V primeru uporabe mineralne volne se za preprečevanje prehajanja delcev mineralne volne v prostor doda plast akustičnega filca neposredno za perforirano oblogo na obeh straneh. Nosilna konstrukcija obloge mora biti ustrezno dimenzionirana, vidni zaključek oblog je prepuščen izbiri arhitekta.



Slika 7: Sestava perforiranega akustičnega zastora. Dimenzije so v milimetrih.

Akustični perforirani zastori naj sledijo sestavi na sliki 7. Predvidena je obojestranska lesena obloga debeline 16 mm z deležem perforacije 19 %. Premer perforacije je 4 mm, v kvadratnem koraku 8 mm. Polnilo zastora naj bo kamena volna gostote 40-70 kg/m³ ali material s primerljivimi akustičnimi lastnostnimi.

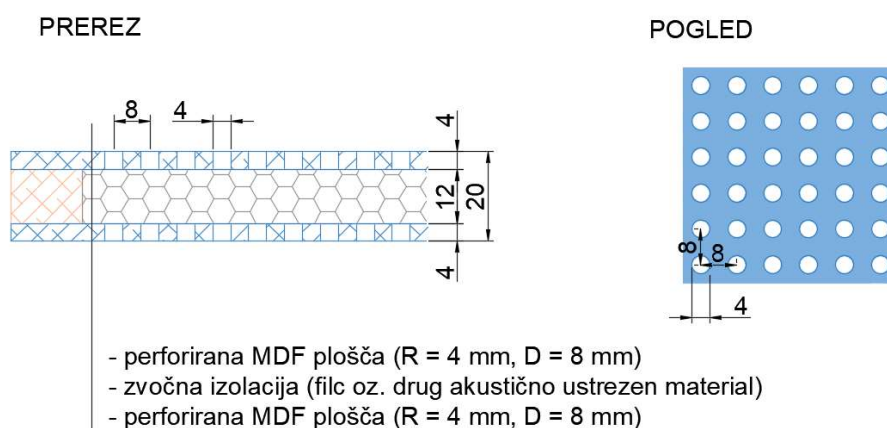
Akustični perforirani zastori so predvideni ob delovnih mestih v skupni površini cca. 18 m², skladno s shemo na sliki 6.

Akustično vratno krilo

V sklopu opreme je predvidena izvedba perforiranih akustičnih drsnih vratnih kril omaric ob osmih delovnih mestih. Vsako vratno krilo je površine 0,5 m², predvidena je izvedba petnajstih perforiranih vratnih kril v skupni površini 7,5 m². Predlagana sestava perforiranega vratnega krila v prerezu je prikazana na sliki 8. Predvidena je obojestranska lesena obloga debeline 4 mm z deležem perforacije 19 %. Premer perforacije je 4 mm, razmak med odprtini je 8 mm. Obloga je pritrjena na podkonstrukcijo z vmesnim zračnim prostorom debeline 12 mm. Zračni prostor med oblogama je zapolnjen s 12 mm debelim slojem filca ali primerljivega materiala. Nosilna konstrukcija obloge mora biti ustrezno dimenzionirana, vidni zaključek oblog je prepuščen izbiri arhitekta.

Sestava akustičnih vratnih kril naj sledi shemi na sliki 8. Predvidena je obojestranska lesena obloga debeline 4 mm z deležem perforacije 19 %. Premer perforacije je 4 mm, v kvadratnem koraku 8 mm. Polnilo vratnega krila naj bo filc višje gostote ali material s primerljivimi akustičnimi lastnostnimi.

Akustična vratna krila so predvidena ob delovnih mestih v skupni površini cca. 7,5 m², skladno s shemo na sliki 6.



Slika 8: Sestava perforiranega akustičnega vratnega krila. Dimenzije so v milimetrih.

4. Prostor za sestanke

V sklopu prenove pisarniških prostorov se organizira prostor za sestanke, ki je od osrednjega pisarniškega prostora ločen z zastekljeno steno.

4.1. Zasnova prostora

Tloris prostora za sestanke je prikazan na sliki 1. Prostor je pravokotne oblike, dimenzij 4,0 m x 6,2 m. Skupna tlorisna površina prostora znaša 25 m², s svetlo višino stropa 3,2 m. Volumen celotnega prostora je tako cca. 80 m³. Tlak v prostoru je predviden kot tapison (npr. 2tec2, $\alpha_w = 0,15$), strop kot akustičen perforiran spuščen strop. Finalna obdelava sten bo večinoma ometana, ena izmed sten je zastekljena, predvidena je tudi možnost predelitve prostora s premično predelno steno.

4.2. Ciljne akustične lastnosti

V pisarnah in sejnih sobah predvsem težimo k omejevanju odmevnega hrupa in doseganju ustrezne govorne razumljivosti. Z akustično zasnovo tovrstnih prostorov je tako potrebno doseči ustrezen potek odmevnega časa, kar dosežemo z vnosom zadostne količine absorpcijske površine. Upoštevajoč oblikovne usmeritve prostora je absorpcijska površina skoncentrirana na območju stropa.

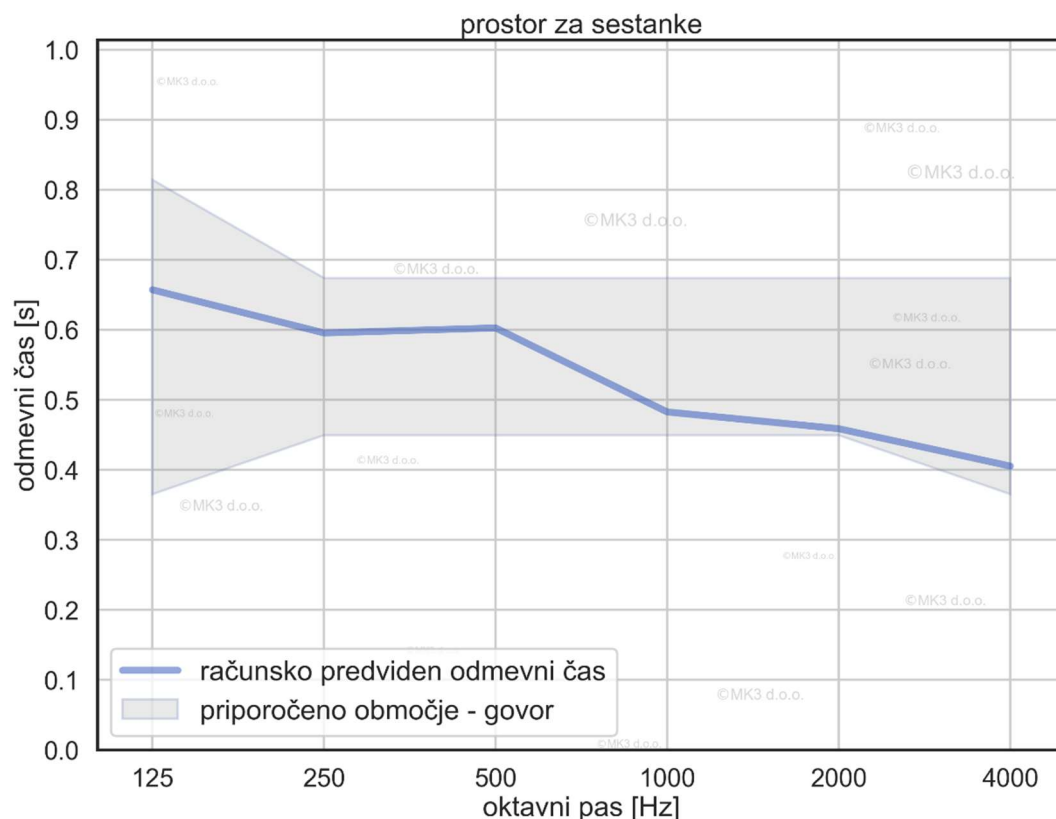
Odmevni čas

Enačba (2) definira še priporočen odmevni čas za obravnavano namembnost prostora v odvisnosti od volumna prostora:

$$T_{predavanja} = \left(0,37 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3} \right) - 0,14 \right) s = 0,56 s$$

4.3. Izračunana vrednost odmevnega časa

Izračunane vrednosti odmevnega časa so prikazane na grafu na sliki 9 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 4.4). Vrednosti koeficienta absorpcije α obodnih površin prostora, so pridobljene iz strokovne literature (glej npr. [3]), če za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev. Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednost odmevnega časa zasedenega prostora (4 zaposleni), znotraj priporočenega območja v vseh oktavnih pasovih. Ker je globina stropne konstrukcije v pisarni vsaj 20 cm večja od tiste, za katero so na voljo rezultati laboratorijskih meritev absorpcije, lahko pričakujemo še nekoliko boljše zvočno absorpcijo v najnižjih oktavnih pasovih.



Slika 9: Izračunana vrednost odmevnega časa v prostoru za sestanke v oktavnih pasovih z označenim ciljnim/predvidenim območjem

4.4. Akustični elementi (rešitve)

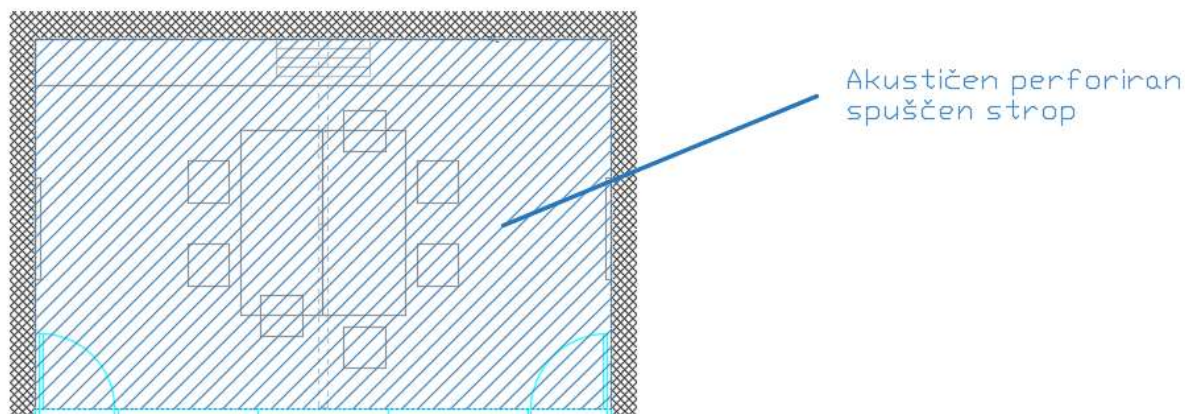
Po arhitekturnem predlogu so v sklopu akustične ureditve predvideni akustični elementi (rešitve), kot jih opisujemo v nadaljevanju.

Akustičen spuščeni strop

V prostoru za sestanke je kot akustična rešitev predviden akustičen spuščen strop po celotni površini stropa. Predvidena sestava stropne obloge v prerezu je prikazana na sliki 3, ki prikazuje perforirane mavčne plošče debeline 12,5 mm z mineralno volno debeline 20 mm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage vsaj 65 cm.

Zahtevane minimalne vrednosti koeficientov absorpcije za obloge so navedene v tabeli 1.

Akustični perforiran spuščen strop je predviden na celotnem območju stropa v skupni površini 25 m², skladno s shemo na sliki 10.



Slika 10: Shema umestitve akustičnega perforiranega spuščene stropa v prostor za sestanke.

Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.

5. Literatura

- [1] Tehnična smernica TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah.
- [2] DIN 18041:2019 – Acoustic quality in rooms – Specifications and instructions for the room acoustic design.
- [3] Cox, T. J., D'Antonio, P. 2009. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application. 2nd edition. Oxon. Taylor & Francis.