

vsebina elaborata	ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM - GRADBENA AKUSTIKA
št. elaborata	20/18
investitor	HOLDING KOBILARNA LIPICA d.o.o. Lipica 5 SEŽANA 6210
objekt	HOTEL MAESTOSO V LIPICI
vrsta projektne dokumentacije	PROJEKT ZA IZVEDBO
gradnja	NOVOGRADNJA IN PRIZIDAVA
izdelovalec	Arhitekturna akustika in svetovanje Saša Galonja s.p. Zgornja Slivnica 1a
akustik	SAŠA GALONJA 
vodja projekta	DEAN LAH univ. dipl. inž. arh.
kraj izdelave	Magdalenska gora
datum izdelave	november 2018

KAZALO

UVOD	4
NAVEDBA PO PRVI ALINEJI 10. ČLENA PRAVILNIKA	5
OPIS RABE STAVBE	6
PODATKI O OCENJENI ALI DEJANSKI RAVNI ZUNANJEGA HRUPA	7
PROJEKTNE VREDNOSTI ZVOČNE IZOLACIJE IN RAVNI HRUPA	9
GRADBENA AKUSTIKA	14
VPLIV ZUNANJEGA HRUPA NA STAVBO	15
ZVOČNA IZOLATIVNOST NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV	20
VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE	21
MEDETAŽNE LOČILNE KONSTRUKCIJE	28
NAVODILA ZA IZVEDBO LAHKIH PREDELNIH STEN IN OBLOG TER PREBOJEV SKOZI NJIH	34

UVOD

Investitor – Holding Kobilarna Lipica je naročil izdelavo akustičnega elaborata za novogradnjo in prizidavo prostorov Hotela Maestoso v Lipici. Zahteva naročnika je določiti ločilne konstrukcije prostorov in zagotoviti skladnost z novim predpisom ter določiti zvočne parametre tistim elementom, ki prispevajo k uspešni zvočni izolaciji.

S tem elaboratom dokazujemo, da predvidene sestave ločilnih elementov dosegajo zahteve naših predpisov in dokazujemo ustreznost predvidenih ločilnih konstrukcij med izrazito hrupnimi prostori in med tistimi prostori za katere obstajajo predpisane zahteve oziroma drugi tehnični parametri, kar se tiče ravni hrupa.

Izračuni, ki so opravljeni, predvsem pa ponujene rešitve, veljajo le toliko časa, dokler se držimo vseh njenih segmentov. Vsaka zamenjava materiala, odstopanje od količin, finalnih obdelav ali tu predpisanih mer, ne pokvari le kosa, ampak celoto, saj šele vsi povezani deli predstavljajo akustično rešitev.

Investitor je naročil tudi izdelavo elaborata prostorske akustike za nekatere prostore hotela.

Zahteva naročnika je določiti ustrezne akustične materiale in sestave v akustično najbolj izpostavljenih in pomembnih prostorih. Zahteva naročnika je izdelati projekt za izvedbo in urediti prostorsko akustiko teh prostorov tako, da bo obnašanje zvoka v njih ustrezno.

Odstopanja od zapisanih mer niso dovoljena. Vsako samovoljno spreminjanje parametrov povzroči, da ta ekspertiza nima več projektantske teže. V takšnem primeru ne odgovarjamo za dobljene rezultate.

NAVEDBA PO PRVI ALINEJI 10. ČLENA PRAVILNIKA

Elaborat gradbene akustike je izdelan skladno s Pravilnikom o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12) in na podlagi Tehnične smernice za graditev TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah.

Poleg navedenega predpisa in pripadajoče tehnične smernice smo uporabili še naslednje normativne dokumente:

- Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18),
- Pravilnikom o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Uradni list RS, št. 89/99 in 39/05),
- Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št 17/06 in 18/06 – popr.),
- Standard SIST EN ISO 12354-1: 2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- Standard SIST EN ISO 12354-2: 2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 1. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- Standard SIST EN ISO 12354-3: 2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanosti,
- Standard DIN 4109: 1989 Schallschutz im Hochbau, Zvočna zaščita stavb, z dodatki in spremembami.

OPIS RABE STAVBE

Skladno z Uredbo o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11) je objekt razvrščen v:

CC-SI – 12111 - Hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev

Za potrebe izračunov v Elaboratu zaščite pred hrupom v stavbah so posamezni deli stavbe razvrščeni v:

CC-SI – 12111 - Hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev.

PODATKI O OCENJENI ALI DEJANSKI RAVNI ZUNANJEGA HRUPA

Načrtovana stavba je predvidena na lokaciji, kjer podatkov o opravljenih meritev ni, prostorski akt Uredba o načrtu prostorskih ureditev za območje Kobilarne Lipica - I. del (Uradni list RS, št. 76/08) pa ne določa, v katero območje varstva pred hrupom parcele namenjene gradnji sodijo. Za določitev ustreznega območja si zato pomagamo z Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju, ki v prvem odstavku 4. členu določa:

»Zaradi varstva pred hrupom se posamezna območja podrobnejše namenske rabe razvrstijo v štiri stopnje varstva:

- a) I. stopnja varstva pred hrupom (v nadaljnjem besedilu: I. območje varstva pred hrupom) obsega mirno območje na prostem, razen:
 - območja prometne infrastrukture, v širini 1000 metrov od sredine ceste ali železniške proge, in
 - območja mineralnih surovin;
- b) II. stopnja varstva pred hrupom (v nadaljnjem besedilu: II. območje varstva pred hrupom) obsega naslednja območja podrobnejše namenske rabe prostora:
 - območje stanovanj: stanovanjske površine, stanovanjske površine za posebne namene ali površine počitniških hiš,
 - območje centralnih dejavnosti: površine za zdravstvo v neposredni okolici bolnišnic, zdravilišč in okrevališč, in
 - posebno območje: površine za turizem;
- c) III. stopnja varstva pred hrupom (v nadaljnjem besedilu: III. območje varstva pred hrupom) obsega naslednja območja podrobnejše namenske rabe prostora:
 - območje stanovanj: stanovanjske površine, stanovanjske površine za posebne namene, površine podeželskega naselja ali počitniških hiš,
 - območje centralnih dejavnosti: osrednja območja centralnih dejavnosti ali druga območja centralnih dejavnosti,
 - posebno območje: površine športnih centrov ali površine za turizem,
 - območje zelenih površin: površine za oddih, rekreacijo in šport, parki, površine za vrtičkarstvo, druge urejene zelene površine ali pokopališča,
 - površine razpršene poselitve in
 - razpršeno gradnjo;
- č) IV. stopnja varstva pred hrupom (v nadaljnjem besedilu: IV. območje varstva pred hrupom) obsega naslednja območja podrobnejše namenske rabe prostora:
 - območje proizvodnih dejavnosti: površine za industrijo, gospodarske cone ali površine z objekti za industrijsko proizvodnjo,
 - območje prometne infrastrukture,
 - območje energetske infrastrukture,
 - območje komunikacijske infrastrukture,
 - območje okoljske infrastrukture,
 - območje vodne infrastrukture,
 - območje mineralnih surovin: vse površine,

- območje kmetijskih zemljišč: vse površine, razen površin na mirnem območju na prostem, in
- območje gozdnih zemljišč: vse površine, razen površin na mirnem območju na prostem.«.

Za to območje zato veljajo mejne ravni določene v Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12) in Tehnični smernici za graditev TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah.

Pri izračunu zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe zato upoštevamo splošne okoljske mejne ravni zunanjega hrupa iz preglednice:

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)
IV. območje	75
III. območje	60
II. območje	55
I. območje	50

Na podlagi Uredbe o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju ugotovimo, da je prostor nameravane gradnje razvrščeno v III. območje varstva pred hrupom.

PROJEKTNE VREDNOSTI ZVOČNE IZOLACIJE IN RAVNI HRUPA

Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah predpisuje minimalne vrednosti izolacije pred zvokom v zraku za ločilne konstrukcije, predpisuje zvočno izolirnost vrat in maksimalno dovoljene vrednosti ravni udarnega zvoka. Za hotelske stavbe določa:

Preglednica 5

Hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev in druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev (CC-SI 12111 in 1212)

Zap. št.	Funkcija ločilne konstrukcije	Izolacija (dB)
5.1	Stena med prenočitvenimi enotami hotelov višjih kategorij (štiri zvezdice ali več)	R'_{w} 52
5.2	Stena med prenočitvenimi enotami hotelov nižjih kategorij in drugih gostinskih stavb za kratkotrajno nastanitev	R'_{w} 46
5.5	Stena brez vrat med prenočitveno enoto in skupnim hodnikom	R'_{w} 46
5.6	Ločilna konstrukcija med prenočitveno enoto s predprostorom in skupnim hodnikom	$D_{nT,w}$ 45
5.7	Ločilna konstrukcija med prenočitveno enoto brez predprostora in skupnim hodnikom	$D_{nT,w}$ 37
5.8	Stena med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene	R'_{w} 55
5.9	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_{w} 57
5.10	Stena proti hrupni strojnici ¹	R'_{w} 6. člen
5.11	Medetažna konstrukcija med prenočitvenimi enotami	R'_{w} 52 $L'_{n,w}$ 58
5.12	Medetažna konstrukcija med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene nad njo	R'_{w} 55 $L'_{n,w}$ 48
5.13	Medetažna konstrukcija med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene pod njo	R'_{w} 55 $L'_{n,w}$ 58
5.14	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici spodaj	R'_{w} 57 $L'_{n,w}$ 58
5.15	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici zgoraj	R'_{w} 57 $L'_{n,w}$ 43
5.16	Medetažna konstrukcija proti hrupni strojnici ¹	R'_{w} 6. člen $L'_{n,w}$
5.17	Stopnišča in podesti	$L'_{n,w}$ 58

¹ Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na varovane prostore

Za poslovne stavbe predpisuje:

Preglednica 7

Poslovne in upravne stavbe, trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti, postajna poslopja , terminali, muzeji in knjižnice (CC-SI 122, 123, 1241, 1262)

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija(dB)	
7.1	Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov	R'_{w}	52
7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižnicami ter med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	R'_{w}	48
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika.	R'_{w}	46
7.4	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_{w}	57
7.5	Stena proti hrupni strojnici ¹	R'_{w}	6. člen
7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe.	R'_{w} $L'_{n,w}$	52 58
7.7	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in preddverji, hodniki, vhodnimi prostori ter podobnimi prostori nad njimi.	R'_{w} $L'_{n,w}$	52 53
7.8	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami pod njimi	R'_{w} $L'_{n,w}$	57 58
7.9	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami nad njimi	R'_{w} $L'_{n,w}$	57 43
7.10	Medetažne konstrukcije proti zelo hrupnim strojnicam ¹	R'_{w} $L'_{n,w}$	6. člen

¹ Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na poslovne prostore in prostore, kjer se daljši čas zadržujejo uporabniki.

Za gostinske stavbe tehnična smernica določa:

Preglednica 6

Gostilne, restavracije in točilnice (CC-SI 12112)

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija (dB)	
6.1	Stena med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_{w}	52
6.2	Stena med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_{w}	57

6.3	Medetažna konstrukcija med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov nad njo	R'_{w} $L'_{n,w}$	52 58
6.4	Medetažna konstrukcija med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov pod njo	R'_{w} $L'_{n,w}$	52 53
6.5	Medetažna konstrukcija med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov nad njo	R'_{w} $L'_{n,w}$	57 58
6.6	Medetažna konstrukcija med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov pod njo	R'_{w} $L'_{n,w}$	57 43

Hrup v varovanih in poslovnih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne sme presegati mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} , iz naslednje preglednice:

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}^1 dB(A)		
	dan	večer	noč ²
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

¹ Mejne ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore in standardno absorpcijo

² Ekvivalentna raven hrupa v nočnem času se nanaša na tisto uro, ko je hrup največji

Mejne ravni hrupa L_{AFmax} , ki ga v posameznih varovanih in poslovnih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti, ne smejo preseči naslednjih vrednosti iz preglednice:

Namembnost prostora	Mejne ravni hrupa $L_{AFmax}^{1,2}$ dB(A)
Varovani prostori v stanovanjih, prenočitvene enote, bolniške sobe	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35

Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	40
--	----

- ¹ Mejne vrednosti ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore
- ² Posamezne kratkotrajne konice hrupa, ki nastajajo pri uporabi vodovodnih instalacij in armatur v sosednjih prostorih, se ne upoštevajo

Hrup v varovanih in poslovnih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne sme presegati mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} , iz naslednje preglednice:

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}^3 dB(A)		
	dan	večer	noč ⁴
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

³ Mejne ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore in standardno absorpcijo

⁴ Ekvivalentna raven hrupa v nočnem času se nanaša na tisto uro, ko je hrup največji

Priloga 1 Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu določa naslednje dopustne ravni hrupa na delovnih mestih:

NAJVEČJE DOPUSTNE EKVIVALENTNE RAVNI HRUPA ZA NEMOTENO DELO PRI POSAMEZNIH VRSTAH DELOVNIH OPRAVIL

Zap. št.	Vrsta delovnih pravil	Dopustna ekvivalentna raven hrupa na delovnem mestu v dB(A)	
		a	b
1	Najzahtevnejše mentalno delo	45	40
2	Pretežno mentalno delo, pri katerem je potrebna velika koncentracija in/ali ustvarjalno mišljenje ali so potrebne daljnosežne odločitve, sejne dvorane, pouk v šolah, zdravniški pregledi in posegi, znanstveno delo, raziskave, razvoj programov, zahtevnejša pisarniška dela, telefonske centrale	55	45
3	Enostavna pisarniška in njim primerljiva dela, prodaja, zahtevna montaža in njej primerljiva pretežno fizična dela, zahtevno krmiljenje sistemov	65	55

4	Manj zahtevno krmiljenje sistemov, manj zahtevna fizična dela, ki zahtevajo zbranost in pazljivost in njim podobna dela.	70	60
5	Pretežno rutinska fizična dela, ki zahtevajo slušno spremljanje okolja	80	75
6	Noseče ženske	80	55

- a – velja za splošni hrup na delovnem mestu zaradi drugih proizvodnih virov v okolici delovnega mesta;
- b – velja za hrup na delovnem mestu zaradi neproizvodnih virov (ventilacija, klimatizacija, sosednji obrati, hrup prometa ipd.);

Glede na arhitekturno zasnovo določimo naslednje dopustne ekvivalentne ravni hrupa za posamezne vrste delovnih mest:

- pisarniški prostori 55 dB.



GRADBENA AKUSTIKA

VPLIV ZUNANJEGA HRUPA NA STAVBO

Obravnavano območje zaradi predvidene namenske rabe prostora skladno uredbo sodi v območje III. stopnje varstva pred hrupom. Vpliv okolice predstavlja relativno malo hrupa drugih objektov, spekter hrupa je skoraj neodvisen od prometa.

Za izračun potrebne izolirnosti fasade poiščemo prostor, kjer so zahteve najbolj stroge (raven notranjega hrupa je omejena s 30 dB(A)) obenem pa je ločilna površina fasade največja – to je vogalna hotelska soba, npr. 6Ns 18 v šesti etaži:

POTREBNA ZVOČNA IZOLIRNOST FASADNEGA PASU - SPLOŠEN HRUP		
	simbol	enota
Raven zunanjega hrupa	(L_{zun})	60 dB
Maksimalna dopustna raven hrupa v sprejemnem prostoru	(L_{not})	30 dB
Površina ločilnega elementa	(S_s)	33,8 m ²
Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora	(A)	10,0 m ²
korekcijski faktor zaradi spektra hrupa	(F)	1,5 dB
IZOLIRNOST $(R'_{45}) =$		37 dB

Izračun pokaže, da bodo fasadni pasovi hotelskega dela stavbe ustrezali, če bo skupna izolirnost vseh elementov ovoja dosegala najmanj 37 dB izolacije pred hrupom v zraku.

S1.2 - FASADNA STENA

Projektant je predvidel naslednjo sestavo:

- omet	2.5 cm
- opečna stena	19 cm
- termoizolacija	15 cm
- tankoslojni omet	

Po podatkih proizvajalcev opečnih zidakov debeline 19 cm, zagotavlja stena zgrajena iz njih, ki je obojestransko ometana z 2.5 cm ometa najmanj 52 dB izolacije pred zvokom v zraku. Ker je omet le enostranski, ocenjujemo, da je zvočna izolirnost 49 dB. Preverimo spremembo izolativnosti zaradi dodatnih slojev fasade:

Za izračun resonančne frekvence uporabimo enačbo:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

RESONANČNA FREKVENCA VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE - S STIKOM		
$f_0 = 160 * \text{SQRT}((s') * (1/m_1 + 1/m_2))$		
	simbol	enota
dinamična togost na enoto površine	s'	27 MN/m ³
površinska masa materiala 1	m_1	221 kg/m ²
površinska masa materiala 2	m_2	10 kg/m ²
resonančna frekvenca	$f_0 =$	269 Hz
IZBOLJŠANJE OVREDNOTENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI ($R_{s,w}$) = 44 dB		

Skupna izolacija se zmanjša za 5 dB na skupaj 44 dB, kar je več kot potrebnih 37 dB. Sestava ustreza.

OKNA HOTELSKIH SOB

Da določimo potrebno izolirnost prozornih elementov fasade, moramo najprej izračunati razmerje med masivnimi in steklenimi deli tistega prostora, kjer predstavlja površina oken največji delež celotne površine fasade, to je hotelska soba tipa 1 ali 7. Ta prostor ima naslednje razmerje polnih in zastekljenih površin:

SKUPNA IZOLIRNOST VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE				
$R'_w = 10 * \log(S / (S_1/\sigma_1 + S_2/\sigma_2 + \dots + S_n/\sigma_n))$				
	m ²	%	dB	
skupna površina (S)	8,9	100		
površina 1 (S ₁)	5,8	65,2	44	izolirnost elem. 1 (σ_1)
površina 2 (S ₂)	3,1	34,8	34	izolirnost elem. 2 (σ_2)
skupna izolirnost	$R'_w =$ 37,0 dB			

Velja, da morajo okna, namenjena vgradnji v stanovanja bloka z laboratorijskim poročilom ali izjavo o skladnosti zagotavljati najmanj 36 dB izolirnosti pred hrupom v zraku.

T3.1 – POHODNA RAVNA STREHA

Projektant je predvidel naslednjo sestavo:

- lesena talna obloga na podkonstrukciji	5 cm
- ločilni sloj filc	
- termoizolacija xps na preklap	20 cm
- hidroizolacija PE membrana	
- stiropor beton	4 – 20 cm
- ab strešna plošča	20 cm

Izračun po standardu SIST EN ISO 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol		enota	korekcijski faktor (dB)	
	<i>m'</i>	460	kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	59	dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	61	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	54	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	51	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	57	dB	-2	-7
	$R_{w,R} =$	55	dB		

Po podatkih iz standarda ima takšna stropna plošča površinsko maso 460 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 55 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti strehe na zgornji strani konstrukcije. Ker gre za tog stik stiropor-betona izračunamo:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol		enota	korekcijski faktor (dB)	
	<i>m'</i>	483	kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	60	dB		

Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	62	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	54	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	51	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	58	dB	-2	-7
		$R_{w,R} =$	56	dB	

Skupna izolacija se poveča za 1 dB na skupaj 56 dB. Sestava ustreza.

T3.2 – NEPOHODNA RAVNA STREHA

Projektant je predvidel naslednjo sestavo:

- prodec	5 cm
- ločilni sloj filc	
- termoizolacija xps na preklap	20 cm
- hidroizolacija PE membrana	
- stiropor beton	4 - 20 cm
- ab stešna plošča	20 cm

Izračun po standardu SIST EN ISO 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol		enota	korekcijski faktor (dB)	
	m'	460	kg/m ²	C	C_{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	59	dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	61	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	54	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	51	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	57	dB	-2	-7
		$R_{w,R} =$	55	dB	

Po podatkih iz standarda ima takšna stropna plošča površinsko maso 460 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 55 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti strehe na zgornji strani konstrukcije. Ker gre za tog stik stiropor-betona izračunamo:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol		enota	korekcijski faktor (dB)	
	m'	483	kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	60	dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	62	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	54	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	51	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	58	dB	-2	-7
	$R_{w,R} =$	56	dB		

Izolirnost je torej 56 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti strehe na zgornji strani konstrukcije. Za izračun resonančne frekvence uporabimo enačbo:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

RESONANČNA FREKVENCA VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE - S STIKOM		
$f_0 = 160 \cdot \text{SQRT}((s') * (1/m_1 + 1/m_2))$		
	simbol	enota
dinamična togost na enoto površine	s'	90 MN/m ³
površinska masa materiala 1	m_1	483 kg/m ²
površinska masa materiala 2	m_2	65 kg/m ²
resonančna frekvenca	$f_0 =$	201 Hz
IZBOLJŠANJE OVREDNOTENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI ($R_{s,w}$) = 53 dB		

Skupna izolacija se zaradi togosti XPS zmanjša za 3 dB na skupaj 53 dB. Sestava ustreza.

ZVOČNA IZOLATIVNOST NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV

Kot predpisuje pravilnik določimo izolativnost ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku skladno s standardom SIST EN 12354-1, podredno pa uporabimo tudi nemški standard DIN 4109, bodisi na osnovi njihove površinske mase ali kot lahke točkovno spojene gibke konstrukcije. Kadar gre za prefabricirane sklope, elemente in proizvode uporabimo tudi z dokazili o skladnosti podprte zvočne vrednosti.

Medetažne konstrukcije s plavajočim podom sicer ne moremo šteti za enojne konstrukcije, saj je njihova izolacija pred zvokom v zraku pri resonančni frekvenci plavajočega poda celo nekoliko nižja, kot bi bila ob homogeni sestavi, a je resonančna frekvenca po navadi pod 100 Hz in zato skupne izolativnosti ne poslabša bistveno. Uporabimo metodologijo določeno v TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, ki se pri izračunu ravni udarnega hrupa naslanja na slovenski standard SIST EN 12354-2.

Preverjamo tiste ločilne konstrukcije, ki so opredeljene v Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah, to je prostore za katere veljajo zahteve o največji dovoljeni ravni hrupa in tiste, ki so opredeljene v projektni nalogi.

Nekatere sestave se pojavljajo večkrat, tudi v primerih ko so predpisane različne zvočne zahteve. V teh primerih preverimo, ali je zvočna izolativnost (pred hrupom v zraku in udarnim hrupom) zadostna v primeru, kjer so zahteve najbolj stroge in potem štejemo, da so ustrezne tudi v vseh drugih primerih, kjer se pojavljajo.

VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

S2.1 - NOTRANJA STENA MED SOBAMA

Predpis za ločilno konstrukcijo med sobama hotelov s štirimi ali petimi zvezdicami določa, da mora ločilna konstrukcija zagotoviti najmanj 52 dB izolirnosti pred hrupom v zraku, za tiste nižjih kategorij pa 46 dB. Projektant je predvidel:

- omet	2.5 cm
- betonska stena	19 cm
- omet	2.5 cm

Preverimo zvočno izolirnost pred hrupom iz zraka. Izračun po standardu SIST EN 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol	enota	korekcijski faktor (dB)		
	m'	522 kg/m ²	C	C_{tr}	
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	61 dB			
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	63 dB	-1		
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	55 dB			
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	52 dB			
SIST EN ISO 12354-1:	R_w	59 dB	-2	-7	
	$R_{w,R} =$	57 dB			

Po podatkih iz standardov SIST EN 12354-1 in DIN 4109 ima takšna plošča skupaj z ometom površinsko maso 522 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 57 dB. Preverimo poslabšanje izolirnosti zaradi stranskega prehoda hrupa:

VHODNI PODATKI								
	površinska masa	izolirnost	razmerje mas	M	faktor dušenja vibracij			dolžina spoja
	m' (kg/m ²)	R_w (dB)	m'_s/m'_f		K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	l (m)
Strop (F=f=2)	386	61	1,35	0,13108	11,0	8,8	8,8	5
Tla (F=f=1)	386	61	1,35	0,13108	11,0	8,8	8,8	5
Bočna 1 (F=f=3)	227	49	2,30	0,36164	11,5	6,4	6,4	2,6
Bočna 2 (F=f=4)	256	52	2,04	0,30943	11,5	6,4	6,4	2,6
Ločilna stena (s)	522	57						

Površina(s) (m ²)	13,0
-------------------------------	------

Ločilna stena (s)					
R_{Dd}	57				
	R bočnega	R ločilne	K	korekcija spoja	rezultat
R_{1d}	61	57	8,8	4,1	71,9
R_{2d}	61	57	8,8	4,1	71,9
R_{3d}	49	57	6,4	7,0	66,4
R_{4d}	52	57	6,4	7,0	67,9
strop R_{D2}	61	57	8,8	4,1	71,9
R_{22}	61		11,0	4,1	76,2
tla R_{D1}	61	57	8,8	4,1	71,9
R_{11}	61		11,0	4,1	76,2
boč1 R_{D3}	49	57	6,4	7,0	66,4
R_{33}	49		11,5	7,0	67,5
boč2 R_{D4}	52	57	6,4	7,0	67,9
R_{44}	52		11,5	7,0	70,5

R'_w (dB) = 54

Sestava dosega 54 dB izolacije pred hrupom v zraku, zato sestava.

S2.2 - NOTRANJA STENA MED SOBAMI IN HODNIKOM

Predpis za ločilno konstrukcijo brez vrat med sobo in hodnikom določa, da mora ločilna konstrukcija zagotoviti najmanj 46 dB izolirnosti pred hrupom v zraku. Projektant je predvidel:

- omet 2.5 cm
- opečna stena 15 cm
- omet 2.5 cm

Po podatkih proizvajalcev opečnih zidakov debeline 15 cm, zagotavlja stena zgrajena iz njih, ki je obojestransko ometana z 2.5 cm ometa, najmanj 49 dB izolacije pred zvokom v zraku. Preverimo poslabšanje izolirnosti zaradi stranskega prehoda hrupa:

VHODNI PODATKI						
	površinska masa	izolirnost	razmerje mas	M	faktor dušenja vibracij	dolžina spoja

	m' (kg/m ²)	R_w (dB)	m'_s/m'_f		K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	l (m)
Strop (F=f=2)	386	61	0,59	0,23056	12,9	9,0	9,0	5,15
Tla (F=f=1)	386	61	0,59	0,23056	12,9	9,0	9,0	5,15
Bočna 1 (F=f=3)	256	52	0,89	0,05221	9,6	8,7	8,7	2,6
Bočna 2 (F=f=4)	256	52	0,89	0,05221	8,7	8,7	8,7	2,6
Ločilna stena (s)	227	49						
Površina(s) (m ²)	13,4							

Ločilna stena (s)

R_{Dd}	49				
	R		korekcija		
	bočnega	R ločilne	K	spoja	rezultat
R_{1d}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{2d}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{3d}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{4d}	52	49	8,7	7,1	66,3
strop R_{D2}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{22}	61		12,9	4,1	78,1
tla R_{D1}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{11}	61		12,9	4,1	78,1
boč1 R_{D3}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{33}	52		9,6	7,1	68,7
boč2 R_{D4}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{44}	52		8,7	7,1	67,8

R'_w (dB) = 48

Sestava ustreza.

S2.2 - NOTRANJA STENA MED SOBAMI IN HODNIKOM (Z VRATI)

Predpis za ločilno konstrukcijo z vrati med sobo in hodnikom, kjer hotelska soba nima ločenega predprostora določa, da mora skupna izolacija zagotoviti najmanj 37 dB izolirnosti pred hrupom v zraku. Projektant je predvidel:

- omet 2.5 cm
- opečna stena 15 cm
- omet 2.5 cm

Po podatkih proizvajalcev opečnih zidakov debeline 15 cm, zagotavlja stena zgrajena iz njih, ki je obojestransko ometana z 2.5 cm ometa, najmanj 49 dB izolacije pred zvokom v zraku. Preverimo poslabšanje izolirnosti zaradi stranskega prehoda hrupa:

VHODNI PODATKI								
	površinska masa	izolirnost	razmerje mas	M	faktor dušenja vibracij			dolžina spoja
	m' (kg/m ²)	R_w (dB)	m'_s/m'_f		K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	l (m)
Strop (F=f=2)	386	61	0,59	0,23056	12,9	9,0	9,0	5,15
Tla (F=f=1)	386	61	0,59	0,23056	12,9	9,0	9,0	5,15
Bočna 1 (F=f=3)	256	52	0,89	0,05221	9,6	8,7	8,7	2,6
Bočna 2 (F=f=4)	256	52	0,89	0,05221	8,7	8,7	8,7	2,6
Ločilna stena (s)	227	49						
Površina(s) (m ²)	13,4							

Ločilna stena (s)

R_{Dd}	49				
	R bočnega	R ločilne	K	korekcija spoja	rezultat
R_{1d}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{2d}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{3d}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{4d}	52	49	8,7	7,1	66,3
strop R_{D2}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{22}			12,9	4,1	78,1
tla R_{D1}	61	49	9,0	4,1	68,2
R_{11}	61		12,9	4,1	78,1
boč1 R_{D3}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{33}	52		9,6	7,1	68,7
boč2 R_{D4}	52	49	8,7	7,1	66,3
R_{44}	52		8,7	7,1	67,8

$$R'_w \text{ (dB)} = 48$$

Upoštevamo še velikost in izolirnost vrat:

SKUPNA IZOLIRNOST VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE

$$R'_w = 10 \cdot \log(S / (S_1/\sigma_1 + S_2/\sigma_2 + \dots + S_n/\sigma_n))$$

	m ²	%	dB
skupna površina (S)	8,8	100	

površina 1 (S_1)	7,0	79,5	49	izolirnost elem. 1 (σ_1)
površina 2 (S_2)	1,8	20,5	31	izolirnost elem. 2 (σ_2)
površina 3 (S_3)	0,0	0,0	0	izolirnost elem. 3 (σ_3)
površina 4 (S_4)	0,0	0,0	0	izolirnost elem. 4 (σ_4)
<hr/>				
skupna izolirnost	$R'_w = 37,0$ dB			

Ob vgradnji primernih vrat, sestava ustreza.

VRATA HOTELSKIH SOB

Da določimo potrebno izolirnost vrat v hotelske sobe, moramo najprej izračunati razmerje med masivnimi elementi in vrati tistega prostora, kjer predstavlja površina vrat največji delež celotne površine ločilne konstrukcije, to so vse hotelske sobe. Ta prostor ima naslednje razmerje polnih površin in vrat:

SKUPNA IZOLIRNOST VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE				
$R'_w = 10 \cdot \log(S / (S_1/\sigma_1 + S_2/\sigma_2 + \dots + S_n/\sigma_n))$				
	m ²	%	dB	
skupna površina (S)	8,8	100		
površina 1 (S_1)	7,0	79,5	49	izolirnost elem. 1 (σ_1)
površina 2 (S_2)	1,8	20,5	31	izolirnost elem. 2 (σ_2)
<hr/>				
skupna izolirnost	$R'_w = 37,0$ dB			

Velja, da morajo vrata, namenjena vgradnji v hotelske sobe z laboratorijskim poročilom ali izjavo o skladnosti zagotavljati najmanj 36 dB izolirnosti pred hrupom v zraku.

S3.1 - STENA JAVNIH PROSTOROV

Predpis za ločilno konstrukcijo med sobo in prostori za druge namene določa najmanj 55 dB izolacije pred hrupom v zraku, za manj hrupne strojnice pa določa, da mora ločilna konstrukcija zagotoviti najmanj 57 dB izolirnosti pred hrupom v zraku. V projektiranem primeru gre za ločilne prostore različnih namembnosti, tudi za kongresno dvorano. Zato najprej izračunamo potrebno zvočno izolirnost tega najbolj zvočno občutljivega prostora:

POTREBNA ZVOČNA IZOLIRNOST LOČILNEGA ELEMENTA		
	simbol	enota
Raven hrupa v oddajnem prostoru	(L_1)	90 dB
Maksimalna dopustna raven hrupa v sprejemnem prostoru	(L_2)	40 dB

Površina ločilnega elementa	(S_s) 47,2 m ²
Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora	(A) 30,0 m ²
IZOLIRNOST	$R' = 52$ dB

Ustrezajo torej sestave, ki zagotavljajo najmanj 57 dB izolacije pred hrupom v zraku.

Projektant je predvidel:

- kitana stenska površina + osnovni belež	
- mavčno-kartonska plošča, npr. Knauf GKF, 2x	2.5 cm
- kovinski profili, pocinkana pločevina	5.0 cm, vmes
- mineralna volna, upornost zračnemu toku $\Xi \geq 5$ kN *s/m ⁴ oz. $r \geq 5$ kPa* s/m ²	5.0 cm
- kovinski profili, pocinkana pločevina	5.0 cm, vmes
- mineralna volna, upornost zračnemu toku $\Xi \geq 5$ kN *s/m ⁴ oz. $r \geq 5$ kPa* s/m ²	5.0 cm
- mavčno-kartonska plošča, npr. Knauf GKF, 2x	2.5 cm
- kitana stenska površina + osnovni belež	
Skupaj:	15.5 cm

Za oceno zvočne izolacije uporabimo podatke proizvajalcev mavčno-kartonskih plošč. Takšna sestava v laboratoriju dosega najmanj 64 dB izolacije pred hrupom v zraku. Po pravilniku oziroma smernici treba preveriti tudi poslabšanje zaradi stranskega prenosa zvoka. Račun izvedemo po standardu SIST EN 12354-1 dodatkoma E in H:

VHODNI PODATKI								
	površinska masa	izolirnost	razmerje mas	M	faktor dušenja vibracij			dolžina spoja
	m' (kg/m ²)	R_w (dB)	m'_s/m'_f		K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	l (m)
Strop (F=f=2)	386	61	0,13	0,88762	25,4	21,2	21,2	11,8
Tla (F=f=1)	386	61	0,13	0,88762	25,4	21,2	21,2	11,8
Bočna 1 (F=f=3)	256	52	0,20	0,70927	21,9	19,4	19,4	4
Bočna 2 (F=f=4)	80	52	0,63	0,20412	7,0	12,0	12,0	4
Ločilna stena (s)	50	64						
Površina(s) (m ²)	47,2							

Ločilna stena (s)

R_{Dd}	64				
	R bočnega	R ločilne	K	korekcija spoja	rezultat
R_{1d}	61	64	21,2	6,0	89,7
R_{2d}	61	64	21,2	6,0	89,7

R_{3d}	52	64	19,4	10,7	88,1
R_{4d}	52	64	12,0	10,7	80,8
strop R_{D2}	61	64	21,2	6,0	89,7
R_{22}	61		25,4	6,0	92,5
tla R_{D1}	61	64	21,2	6,0	89,7
R_{11}	61		25,4	6,0	92,5
boč1 R_{D3}	52	64	19,4	10,7	88,1
R_{33}	52		21,9	10,7	84,6
boč2 R_{D4}	52	64	12,0	10,7	80,8
R_{44}	52		7,0	10,7	69,8

$$R'_w \text{ (dB)} = 62$$

Sestava ustreza.

PREMIČNA PREDELNA STENA KONGRESNIH PROSTOROV

V projektiranem primeru gre za ločitev kongresnih dvoran od prostorov enakega in drugega namena. Zato najprej izračunamo potrebno zvočno izolirnost tega najbolj zvočno občutljivega prostora:

POTREBNA ZVOČNA IZOLIRNOST LOČILNEGA ELEMENTA

	simbol	enota
Raven hrupa v oddajnem prostoru	(L_1)	90 dB
Maksimalna dopustna raven hrupa v sprejemnem prostoru	(L_2)	40 dB
Površina ločilnega elementa	(S_s)	47,2 m ²
Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora	(A)	30,0 m ²
IZOLIRNOST	$R' =$	52 dB

Ustrezajo torej proizvodi, ki z laboratorijskim preskusom dokazujejo, da zagotavljajo najmanj 52 dB izolacije pred hrupom v zraku.

MEDETAŽNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

Ustrezajo tiste sestave, ki zadovoljujejo zahteve predpisa in tiste, ki zadovoljujejo zahteve projektne naloge.

T2.1 – MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED SOBAMI (AB16)

Za medetažno konstrukcijo med sobama predpis zahteva najmanj 52 dB izolacije pred hrupom v zraku, raven udarnega hrupa pa ne sme preseči 58 dB.

Projektirano je:

- mikroarmirani cementni estrih	6 cm
- ločilni sloj	
- zvočna izolacija Fragmat silent T650	3 cm
- stiropor beton	3 cm
- ab plošča	16 cm

Preverimo zvočno izolirnost pred hrupom iz zraka. Izračun po standardu SIST EN 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol	enota		korekcijski faktor (dB)	
	<i>m'</i>	386	kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	57	dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	58	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	52	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	50	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	54	dB	-2	-7
	$R_{w,R} =$	52	dB		

Po podatkih iz standardov SIST EN 12354-1 in DIN 4109 ima takšna plošča skupa s stiropor betonom površinsko maso 386 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 52 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti medetažne konstrukcije na zgornji strani nosilne konstrukcije. Za izračun resonančne frekvence uporabimo enačbo:

$$f_o = 160 \sqrt{s' * \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

RESONANČNA FREKVENCA VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE - S STIKOM
--

$$f_0 = 160 * \text{SQRT}((s') * (1/m_1 + 1/m_2))$$

	simbol	enota
dinamična togost na enoto površine	s'	20 MN/m ³
površinska masa materiala 1	m_1	386 kg/m ²
površinska masa materiala 2	m_2	105 kg/m ²
resonančna frekvenca	$f_0 =$	79 Hz

IZBOLJŠANJE OVREDNOTENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI $(R_{s,w}) =$ 61 dB

Skupna izolacija se zaradi dodatnih slojev poveča za 9 dB na skupaj 61 dB. Sestava ustreza.

Preverimo še raven udarnega hrupa:

UDARNI HRUP MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

	simbol	enota
površinska masa nosilne konstrukcije	(m_1)	386 kg/m ²
ekviv. ovrednotena norm. raven zvočnega tlaka udarnega zvoka	$(L_{n,w eq})$	73 dB
dinamična togost na enoto površine	(s')	20 MN/m ³
površinska masa plavajočega poda	(m')	105 kg/m ²
resonančna frekvenca	(f_0)	70 Hz
znižanje ravni udarnega zvoka	$(\Delta L_w) =$	26 dB
korekcija (homogene stranske konstrukcije)	$(K) =$	1 dB

OVREDNOTENA NORMIRANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA $(L'_{n,w}) =$ 48 dB
--

prostornina sprejemnega prostora (V)	58 m ³
--	-------------------

OVREDNOTENA STANDARDNA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA $(L'_{nT,w}) =$ 46 dB
--

Raven zvočnega tlaka se zaradi ustrezno izvedenega plavajočega poda lahko zniža za 26 dB in je torej 48dB, če pa upoštevamo še prostornino sprejemnega prostora, dosega 46 dB, zato sestava ustreza.

T2.1 – MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED SOBAMI (AB20)

Za medetažno konstrukcijo med sobama predpis zahteva najmanj 52 dB izolacije pred hrupom v zraku, raven udarnega hrupa pa ne sme preseči 58 dB.

Projektirano je:

- mikroarmirani cementni estrih	6 cm
- ločilni sloj	
- zvočna izolacija Fragmat silent T650	3 cm
- stiropor beton	3 cm
- ab plošča	20 cm

Preverimo zvočno izolirnost pred hrupom iz zraka. Izračun po standardu SIST EN 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST				
površinska masa (> 150 kg/m ²)				
	simbol	enota	korekcijski faktor (dB)	
	<i>m'</i>	478 kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	60 dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	62 dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	54 dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	51 dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	58 dB	-2	-7
	$R_{w,R} =$	56 dB		

Po podatkih iz standardov SIST EN 12354-1 in DIN 4109 ima takšna plošča skupa s stiropor betonom površinsko maso 278 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 56 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti medetažne konstrukcije na zgornji strani nosilne konstrukcije. Za izračun resonančne frekvence uporabimo enačbo:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

RESONANČNA FREKVENCA VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE - S STIKOM

$$f_0 = 160 \cdot \text{SQRT}((s') \cdot (1/m_1 + 1/m_2))$$

	simbol	enota
dinamična togost na enoto površine	s'	20 MN/m ³
površinska masa materiala 1	m_1	478 kg/m ²
površinska masa materiala 2	m_2	105 kg/m ²
resonančna frekvenca	$f_0 =$	77 Hz

IZBOLJŠANJE OVREDNOTENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI ($R_{s,w}$) = **63** dB

Skupna izolacija se zaradi dodatnih slojev poveča za 7 dB na skupaj 63 dB. Sestava ustreza.

Preverimo še raven udarnega hrupa:

UDARNI HRUP MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE		
	simbol	enota
površinska masa nosilne konstrukcije	(m_1)	478 kg/m ²
ekviv. ovrednotena norm. raven zvočnega tlaka udarnega zvoka	$(L_{n,weq})$	70 dB
dinamična togost na enoto površine	(s')	20 MN/m ³
površinska masa plavajočega poda	(m')	105 kg/m ²
resonančna frekvenca	(f_0)	70 Hz

znižanje ravni udarnega zvoka	$(\Delta L_w) =$	26 dB

korekcija (homogene stranske konstrukcije)	$(K) =$	1 dB

OVREDNOTENA NORMIRANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA	$(L'_{n,w}) =$	45 dB

prostornina sprejemnega prostora	(V)	58 m ³

OVREDNOTENA STANDARDNA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA	$(L'_{nT,w}) =$	43 dB

Raven zvočnega tlaka se zaradi ustreznega izvedenega plavajočega poda lahko zniža za 26 dB in je torej 45 dB, če pa upoštevamo še prostornino sprejemnega prostora, dosega 43 dB, zato sestava ustreza.

T2.1a – MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED SOBAMI IN PROSTORI ZA DRUGE NAMENE (AB14)

Za medetažno konstrukcijo med sobo in manj hrupno strojnico predpis zahteva najmanj 57 dB izolacije pred hrupom v zraku, raven udarnega hrupa pa ne sme preseči 58 dB, za prostore druge namembnosti pa zahtevan najmanj 55 dB izolacije pred hrupom v zraku.

Projektirano je:

- mikroarmirani cementni estrih 6 cm
- ločilni sloj
- zvočna izolacija URSA TPS 2 cm
- stiropor beton 3 cm
- ab plošča 14 cm

Preverimo zvočno izolirnost pred hrupom iz zraka. Izračun po standardu SIST EN 12354-1 in DIN 4109 pokaže:

OVREDNOTENA ZVOČNA IZOLIRNOST					
površinska masa (> 150 kg/m ²)					
	simbol		enota	korekcijski faktor (dB)	
	m'	340	kg/m ²	C	C _{tr}
Avstrijci: $R_w = 33 \cdot \log(m'/m_0') - 28$	R_w	55	dB		
Francozi: $R_w = 40.0 \cdot \log(m'/m_0') - 45$	R_w	56	dB	-1	
Britanci: $R_w = 21.65 \cdot \log(m'/m_0') - 2.3$	R_w	51	dB		
Kremer: $R_w = 14 \cdot \log(m'/m_0') + 14$	R_w	49	dB		
SIST EN 12354-1:	R_w	52	dB	-2	-6
	$R_{w,R} =$	50	dB		

Po podatkih iz standardov SIST EN 12354-1 in DIN 4109 ima takšna plošča skupa s stiropor betonom površinsko maso 340 kg/m², zato je predvidena izolacija pred hrupom v zraku najmanj 50 dB. S pomočjo standarda SIST EN ISO 12354-1, dodatka D ocenimo izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih plasti medetažne konstrukcije na zgornji strani nosilne konstrukcije. Za izračun resonančne frekvence uporabimo enačbo:

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

RESONANČNA FREKVENCA VEČ ELEMENTOV LOČILNE KONSTRUKCIJE - S STIKOM			
$f_0 = 160 \cdot \text{SQRT}((s') \cdot (1/m_1 + 1/m_2))$			
	simbol		enota
dinamična togost na enoto površine	s'	13	MN/m ³
površinska masa materiala 1	m_1	340	kg/m ²
površinska masa materiala 2	m_2	105	kg/m ²
resonančna frekvenca	$f_0 =$	64	Hz

IZBOLJŠANJE OVREDNOTENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI	$(R_{s,w}) =$	60	dB
--	---------------	-----------	----

Skupna izolacija se zaradi dodatnih slojev poveča za 10 dB na skupaj 60 dB. Sestava ustreza. Preverimo še raven udarnega hrupa:

UDARNI HRUP MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE			
	simbol		enota
površinska masa nosilne konstrukcije	(m_1)	340	kg/m ²
ekviv. ovrednotena norm. raven zvočnega tlaka udarnega zvoka	$(L_{n,weq})$	75	dB
dinamična togost na enoto površine	(s')	13	MN/m ³

površinska masa plavajočega poda	(m')	105 kg/m ²
resonančna frekvenca	(f_0)	57 Hz
<hr/>		
znižanje ravni udarnega zvoka	(ΔL_w)	= 29 dB
<hr/>		
korekcija (homogene stranske konstrukcije)	(K)	= 1 dB
<hr/>		
OVREDNOTENA NORMIRANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA	$(L'_{n,w})$	= 47 dB

prostornina sprejemnega prostora	(V)	58 m ³
OVREDNOTENA STANDARDNA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA	$(L'_{nT,w})$	= 45 dB

Raven zvočnega tlaka se zaradi ustrezno izvedenega plavajočega poda lahko zniža za 29 dB in je torej 47 dB, če pa upoštevamo še prostornino sprejemnega prostora, dosega 45 dB, zato sestava ustreza.

NAVODILA ZA IZVEDBO LAHKIH PREDELNIH STEN IN OBLOG TER PREBOJEV SKOZI NJIH

SPLOŠNA NAVODILA ZA VGRADNJO MAVČNO-KARTONSKIH PREGRADNIH STEN

Z namenom, da se kar najbolj približamo izolacijskim vrednostim izmerjenim v laboratoriju in da dosežemo predviden padec zvočne energije, je treba pri vseh in vsaki montaži predelnih sten ali stenskih in stropnih oblog iz mavčno-kartonskih sten v stavbo upoštevati naslednje napotke:

PREBOJI ČEZ PREDELNE STENE OZIROMA OBLOGE

Prebojem čez mavčno-kartonske stene se je treba na vsak način izogniti. Povsod, kjer so predvideni preboji predelnih sten (instalacije, prezračevalni kanali ipd.) je treba zadostiti dvema na videz nasprotujočima pogojema: stik predelne stene in kanala ali cevi mora biti zrakotesen in ne sme prenašati vibracij. Preboji morajo zato biti čim manjši – izseki čim bolj natančni - po vstavitvi cevi ali kanala, pa mora biti preostanek prostora zapolnjen z gibkim, trajno elastičnim materialom, kot sta na primer silikonski kit ali ekspanzirana guma. Slabo izvedeni stiki s prebojnimi elementi ali nezatesnjene odprtine lahko dodobra uničijo ves zvočno izolativni učinek.

LOKALNA POSLABŠANJA IZOLATIVNOSTI PREDELNIH STEN OZIROMA OBLOG

Vsako luknjanje katerekoli od plasti predelne stene pomeni lokalno poslabšanje zvočne izolativnosti. Najbolj pogosti primeri so vstavljanje električnih doz in omaric, stalno vgrajeni elementi požarne zaščite ipd. Želeti je, da je teh izvrtin čim manj, posebej pa je treba paziti, da niso na istih mestih na obeh straneh stene. Električne doze in drugi elementi morajo biti razporejeni tako, da so od osi izvrtine na drugi strani stene odmaknjeni vsaj 20 cm.

PREPREČEVANJE STIKA MED TALNIM ESTRIHOM IN MAVČNO-KARTONSKO PREDELNO STENO ALI OBLOGO

Vsak nameren ali nenameren stik talnega estriha in predelne stene pomeni resno poslabšanje zvočne izolativnosti, saj se prek estriha prenašajo vibracije, ki nastajajo pri hoji ali drugi dejavnosti (igranje instrumentov, ki so v stiku s tlemi). Vsi stiki med mavčnimi ploščami ali kovinsko podkonstrukcijo morajo biti »mehki«, to pomeni, da mora biti med estrihom in mavčno predelno konstrukcijo (sklopom) trak iz trajno elastičnega, deloma stisljivega materiala. Pred montažo finalnega sloja mavčno-kartonastih plošč je treba vse potencialne stike pregledati in jih na ustrezen način preprečiti!

PREPREČEVANJE PREHODA ZVOKA IZ ENEGA PROSTORA V DRUGEGA PREK ESTRIHA

Prehod zvoka v sosedne prostore prek estriha je ena najpogostejših napak, ki se pojavljajo pri montaži lahkih predelnih sten. Najverjetneje gre za posledico zaporedja gradbenih del, ko pri gradnji stavb najprej končajo tlakarska dela, nato pa pridejo na vrsto predelne stene. Tako jih po navadi polagajo kar na estrih plavajočega poda, a se pri tem ne zavedajo, da so prepustili tudi do 25 dB več zvoka, kot ga je sicer sposobna zadržati predelna stena. Pred začetkom montaže predelnih sten je treba preveriti, ali so plavajoči podi vsakega prostora popolnoma ločeni! Pravilna rešitev je odstranitev vseh plasti do nosilne konstrukcije, položitev antivibracijske zaščite s trajno elastičnim trakom in izdelavo ločenih talnih preklad na mestih, kjer bodo stale lahke predelne stene. Zvočno enako učinkovito pregrado je treba vgraditi tudi na mestu, kjer je prag oziroma prehod iz enega v drug prostor.

PREDELNE STENE DO NOSILNE KONSTRUKCIJE

Že v projektu za gradbeno dovoljenje je povsod načrtovano, da so predelne stene in obloge iz mavčno kartonskih plošč na tleh spojene direktno z nosilno konstrukcijo in ne s plavajočim estrihom. Od tega izvedbenega določila se ne sme odstopiti! Nobena predelna stena se ne konča v višini spuščene stropa, saj tako nastane t.i. »plenum«, prostor med konstrukcijskim in spuščnim stropom, ki je odličen prevodnih neželenih zvokov. Vse predelne stene morajo »steči« do nosilnega stropa, ali pa je potrebno plenum »prerezati« s posebnimi gradbenimi elementi. Tudi stik mavčno-kartonske stene s stropom mora biti zrakotesen in trajno elastičen.

VPENJANJE KOVINSKE PODKONSTRUKCIJE NA NOSILNE ELEMENTE

Ker se zvočna izolativnost zmanjša vsaj za dva decibela, če je stik med kovinsko (ali leseno) podkonstrukcijo stene oziroma stropa preveč tog, je treba vse stike vešal ali kovinske podkonstrukcije stene izvesti z anti-vibracijskimi spojnimi sredstvi!