



InnoRenew CoE



Livade 6
6310 Izola/Isola
Slovenija

ID za DDV: SI65332547
TRR: SI56029220262173147

T: +386 40 282 944
E: coe@innorenew.eu
www.innorenew.eu

POROČILO

Meritev absorpcije zvoka

naročnik	Ursa Slovenija d.o.o.
merilni postopek	SIST EN ISO 354:2004
testni vzorec	Ursa stenski paneli
montaža	Type E-200
št. poročila	AL-RP-0002-02-2022-SI
skupno št. strani	10
datum	28. 02. 2022
laboratorij	Akustični laboratorij InnoRenew CoE Livade 6, SI-6310 Izola/Isola, Slovenija
avtor	doc. dr. Rok Prislan, Msc Engineering Acoustics
podpis	
žig	 InnoRenew CoE Livade 6 6310 Izola - Isola Slovenija - Slovenia



Kazalo

1 STANDARDI	3
2 TESTNI VZOREC	3
3 MONTAŽA	3
4 PRINCIP MERJENJA	4
5 MERILNA OPREMA	5
6 MERILNI POSTOPEK	6
7 ZRAČNI POGOJI	6
8 REZULTATI	7
PRILOGA A: IZKAZ MERITVE	9
PRILOGA B: LASTNOSTI ODMEVNICE	10



1 STANDARDI

Meritev poteka skladno z:

- SIST EN ISO 354:2004 – Akustika – Merjenje absorpcije zvoka v odmevnic (sprejet v EU kot europska norma EN ISO 354:2003)
- SIST EN ISO 11654:1999 Akustika – Absorberji zvoka za uporabo v stavbah – Vrednotenje zvočne absorpcije (ISO 11654:1997)

2 TESTNI VZOREC

Testni vzorec je bil dostavljen v akustični laboratorij InnoRenew CoE s strani naročnika Ursa Slovenija d.o.o.. Testni vzorec tvori 15 pravokotnih zvočno absorpcijskih stenskih panelov dimenzije (širina x dolžina x debelina) 64 cm x 124 cm x 5 cm. Paneli so iz 5 cm debele steklene volne v togem okviru. Zadnja stran volne je zaščiten z voalom. Prednja in stranske stranice panela so zaključene v tekstilu potiskanem z grafičnim motivom.

Testni vzorec tvori 15 panelov, ki so za potrebe meritve poravnani v pravokotno mrežo 3 x 5. Dimenzija vzorca je 3.72 m x of 3.2 m kvadratura pa $S = 11.9 \text{ m}^2$. Postavitev zadošča zahtevam standarda SIST EN ISO 354:2004 za ravninske absorberje (10-12 m^2), za katere določimo koeficient zvočne absorpcije.

3 MONTAŽA

Tesni vzorec je preko 15 cm distančnikov položen na tla odmevnice. Fronta panelov je tako 20 cm oddaljena od togih tal odmevnice. Strani vzorca so zaprte s 30 mm debelimi letvami vezane plošče, ki so tesno zatesnjene. Montaža ustreza Type E-200 mountung kot je definirana v prilogi B standarda SIST EN ISO 354:2004.

Montaža testnega vzorca med meritvijo je prikazana na Sliki 1.



Slika 1: Postavitev testnega vzorca v času meritve.

4 PRINCIP MERJENJA

Meritev je izvedena skladno z zahtevami standarda SIST EN ISO 354:2004 v odmevnici Akustičnega laboratorija InnoRenew CoE (Livade 6, SI-6310 Izola/Isola, Slovenia). Podrobnosti odmevnice do podane v Prilogi B poročila.

Osnovna izvedena meritev je meritev odmevnega časa, T , pri dveh pogojih:

- v prazni odmevnici (T_1),
- v odmevnici s testnimi vzorci (T_2).

Vnos testnih vzorcev v splošnem poveča absorpcijo v prostor, zaradi česar se odmevni čas skrajša. Razlika odmevnih časov je povezana z zvočno absorpcijskimi lastnostmi testnega vzorca.

Na osnovi izmerjenih odmenih časov v prazni odmevnici izračunamo ekvivalentno absorpcijsko površino A_1 v 1/3-oktavnih pasovih kot

$$A_1 = \frac{55.3 V}{c T_1} - 4 V m_1 \quad [\text{m}^2] \quad (1)$$

kjer je:



- V [m³] volumen odmevnice
- T_1 [s] odmevni čas v prazni odmevnici
- m_1 [m⁻¹] koeficienti atenuacije določeni z

$$m_1 = \frac{\alpha}{10 \log e} \quad [\text{m}^{-1}], \quad (2)$$

kjer so α koeficienti določeni skladno z ISO 9613-1.

- c [m/s] je hitrost širjenja zvoka v zraku, določena z enačbo

$$c = 331 + 0.6 t \quad [\text{m/s}], \quad (3)$$

pri čemer je t temperatura v °C (zveza velja v območju 15 - 30 °C).

Ekvivalentna zvočna absorpcija A_2 odmevnice po vnosu testnega vzorca je izračunana na analogen način, pri čemer se za oznako odmevnega časa in koeficientov atenuacije uporabi indeks 2.

Ekvivalentna zvočna absorpcija A testnega vzorca se izračuna na osnovi razlike absorpcij

$$A = A_2 - A_1. \quad (4)$$

V koliko je kvadratura testnega vzorca S med 10 and 12 m², lahko določimo koeficiente zvočne absorpcije kot

$$\alpha = \frac{A}{S}. \quad (5)$$

5 MERILNA OPREMA

Za izvedbo meritve je uporabljena sledeča merilna oprema:

- 6 fazno usklajenih mikrofonov: Brüel & Kjær Type 4958
frekvenčni odziv: 10 Hz–20 kHz (± 3 dB), dinamični razpon: 28-140 dB, lastni šum < 28 dBA
- sistem za zajem signalov: Brüel & Kjær LAN-XI Type 3053-B-120-R, UA-2107-12
12 vhodnih kanalov, frekvenčno območje: 0-25.6 kHz, bitna globina: 24 bit
- avdio signalni generator: NTI, Minirator MR-PRO
enakomernost odziva ± 0.2 dB (10 Hz-20 kHz), signal vzbujanja: 20 Hz–20 kHz, eksponentni sinusni prelet
- zvočni izvor: NTI DS3 dodecahedron neusmetjen zvočnik, NTI PA3 ojačevalnik
skladnost z standardoma ISO 16283 in ISO 3382, SPL=120.5 dB
- programska oprema za zajem: Brüel & Kjær BK Connect
- obdelava signalov v programskem jeziku python



6 MERILNI POSTOPEK

Za določitev odmevnega časa uporabimo metodo integriranega impulznega odziva. Meritev impulznega odziva izvedemo na 12 mikrofonskih legah in 2 zvočniških legah. Skupno je uporabljenih 24 merilnih kombinacij mikrofona-zvočnik.

Kot signal vzbujanja uporabimo eksponentni sinusni prelet v frekvenčnem območju od 20 Hz do 20 kHz. Trajanje preleta je 15 s, ki mu sledi 5 s tišine. Na posamezni merilni legi so posnete tri ponovitve signala, impulzni odziv pa je določen na osnovi povprečnega frekvenčnega odziva.

Odmevni čas je določen s prileganjem linearne funkcije na logaritmirano inverzno integrirano absolutno vrednost impulznega odziva, in sicer v 20 dB dinamičnem razponu (-5 dB do -25 dB). Analizo izvedemo v standardiziranih 1/3-oktavnih pasovih med 100 in 5000 Hz. Vrednosti α v 1/1-oktavnih pasovih izračunamo kot aritmetično povprečje pripadajočih 1/3-oktavnih pasov.

7 ZRAČNI POGOJI

Zračni pogoji v času merjenja so podani v Tabeli 1.

prazen prostor		prostor z testnim vzorcem	
Temperatura	Relativna vlažnost	Temperatura	Relativna vlažnost
15°C	70%	15°C	71%

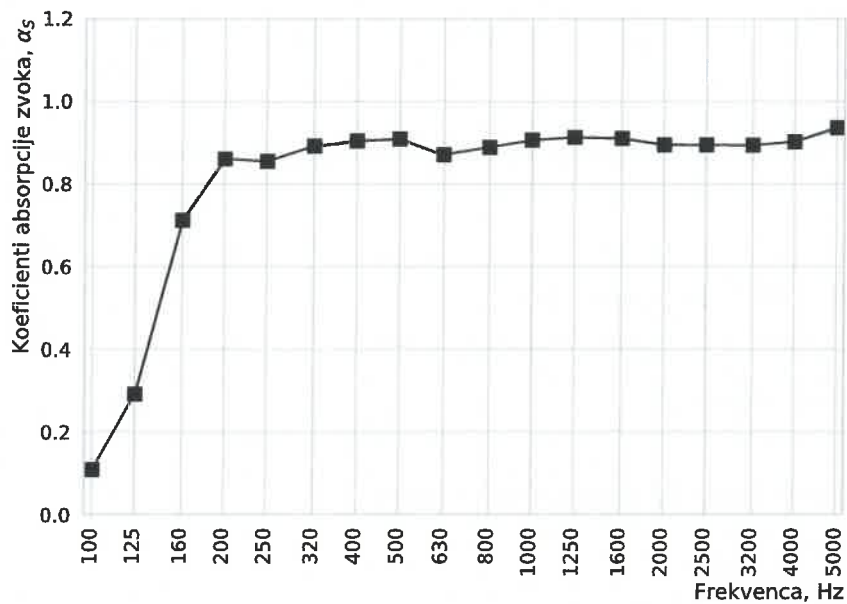
Tabela 1: Zračni pogoji v času meritve.

8 REZULTATI

Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije α_S v 1/3-oktavnih pasovih in izračunani koeficienti v 1/1-oktavnih pasovih so navedeni v tabeli 2. Vednosti v 1/3-oktavnih pasovih so izrisani na Sliki 2.

Frekvenca [Hz]	α_S	
	1/3-oktave	1/1-oktave
50	0.09	
63	0.06	0.10
80	0.16	
100	0.11	
125	0.29	0.37
160	0.71	
200	0.86	
250	0.86	0.87
320	0.89	
400	0.90	
500	0.91	0.89
630	0.87	
800	0.89	
1000	0.91	0.90
1250	0.91	
1600	0.91	
2000	0.89	0.90
2500	0.89	
3200	0.89	
4000	0.90	0.91
5000	0.94	

Tabela 2: Izmerjen koeficient zvočne absorpcije α_S .

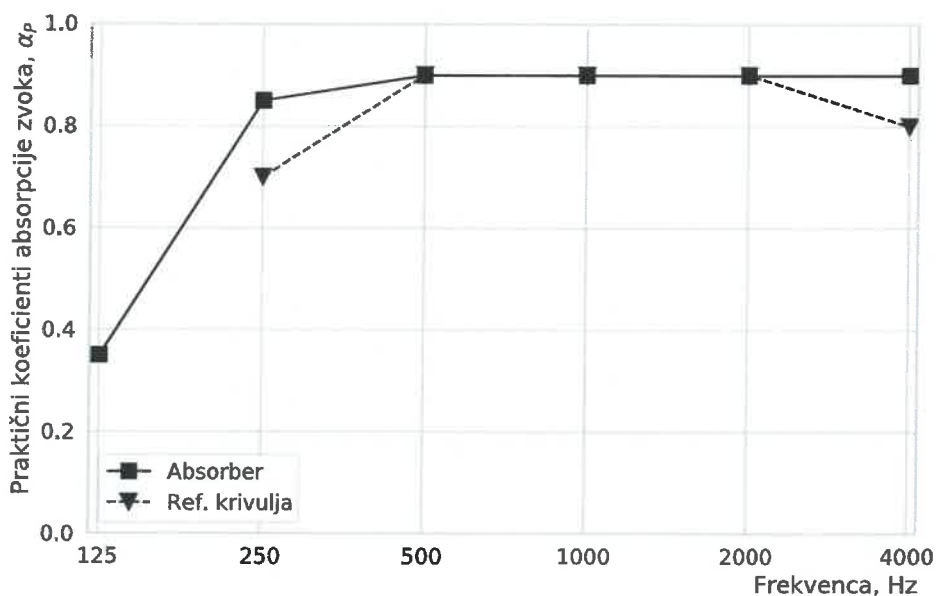


Slika 2: Izmerjeni koeficienti zvočne absorpcije α_S izmerjeni v 1/3-oktavnih pasovih.

Praktični koeficienti absorpcije α_P (zaokroženi v koraku 0.05) so podani v Tabli 3 za vsak 1/1-oktavni pas. Vrednosti so izrisane tudi na Sliki 3 skupaj z ISO 11654 referenčno krivuljo.

Frekvenca [Hz]	α_P
63	0.10
125	0.35
250	0.85
500	0.90
1000	0.90
2000	0.90
4000	0.90

Tabela 3: Praktični koeficienti zvočne absorpcije α_P .



Slika 3: Praktični koeficienti absorpcije α_P v 1/1-oktavnih pasovih skupaj s pripadajočo referenčno krivuljo.

Skladno z ISO 11654 ugotavljamo, da je:

- utežen koeficient zvočne absorpcije $\alpha_w = 0.9$.
- razvrstitev: **razred A**.

Izmerjene vrednosti veljajo izključno za testni vzorec.

PRILOGA A: IZKAZ MERITVE

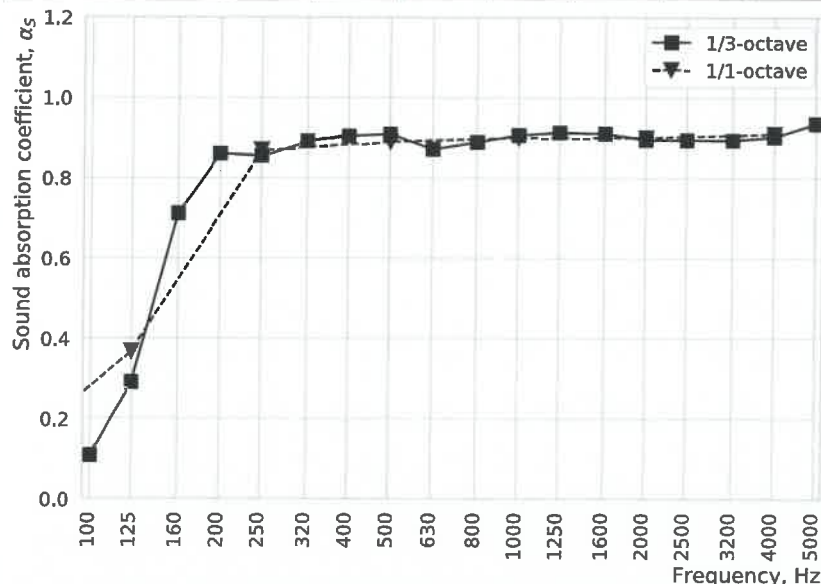
MERJENJE ZVOČNE ABSORPCIJE V ODMEVNICI SKLADNO Z SIST EN ISO 354:2004

laboratorij	Acoustic laboratory InnoRenew CoE
naslov	Livade 6, SI-6310 Izola/Isola Slovenija
datum	28. 02. 2022
naročnik	Ursa Slovenija d.o.o.
naziv vzorca	Ursa stenski paneli
površina montaža	11.9 m ² Type E-200
volumen	283.65 m ³
zračni pogoji	15°C, RH=70%
metoda št. leg	int. imp. odziva 24
vrednotenje α_w razvrstitev	ISO 11654 0.9 razred A



Testni vzorec tvori 15 pravokotnih zvočno absorpcijskih stenskih panelov dimenzije (širina x dolžina x debelina) 64 cm x 124 cm x 5 cm. Paneli so iz 5 cm debele steklene volne v togem okviru. Zadnja stran volne je zaščitena z voalom. Prednja in stranske stranice panela so zaključene v tekstilu potiskanem z grafičnim motivom.

1/3-oktave [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
α_S	0.09	0.06	0.16	0.11	0.29	0.71	0.86	0.86	0.89	0.90	0.91
1/3-oktave [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	
α_S	0.87	0.89	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.94	
1/1-oktave [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000				
α_S	0.10	0.37	0.87	0.89	0.90	0.90	0.91				



doc. dr. Rok Prislan
Msc Engineering Acoustics

podpis:



žig:



InnoRenew CoE
Livade 6
6310 Izola - Isola
Slovenija - Slovenia

PRILOGA B: LASTNOSTI ODMEVNICE

ODMEVNICA

laboratorij	Akustični laboratorij InnoRenew CoE
naslov	Livade 6, SI-6310, Izola/Isola, Slovenija
volumen prostora	283.65 m ³
obodne površine (stene, tla in strop)	300.1 m ²
difuzija	Neravne stene in strop delujejo kot difuzor.

MERITEV V PRAZEM PROSTORU

datum	28. 02. 2022
temperatura zraka	15°C
relativna vlažnost zraka	71%
merilna metoda	integriran impulzni odziv
merilne lege (kombinacije mikrofona-zvočnika)	24

ODMEVNI ČAS

1/3-oktave [Hz]	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500
T_1 [s]	15.17	15.75	15.80	15.20	14.56	14.50	13.86	13.30	13.27	12.35	12.22
1/3-oktave [Hz]	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	
T_1 [s]	11.60	10.84	10.55	9.72	8.82	7.54	6.32	4.99	3.83	2.90	

TLORIS:

