



KNAUF

KNAUFCEILING
Solutions

KNAUFINSULATION

**Build
on us.**



Akustični komfor

Osnovni pojmovi

Dia Jovana Arsić KI

Dia Danka Nikolić KCS

Dia Goran Stojilković Knauf



Teme radionice

- **Uvod – Osnovni pojmovi** *(5 min)*
- **Tema 1 – Škole** / *Apsorpcija i razgovetnost govora*
- **Tema 2 – Stambeni objekti** / *Zvučna zaštita*
- **Tema 3 – Kancelarije** / *Razlika između open space i pregrađenih kancelarija*
- **Tema 4 – Garaže** / *Smanjenje nivoa buke*
- **Pitanja i odgovori**



#1501123



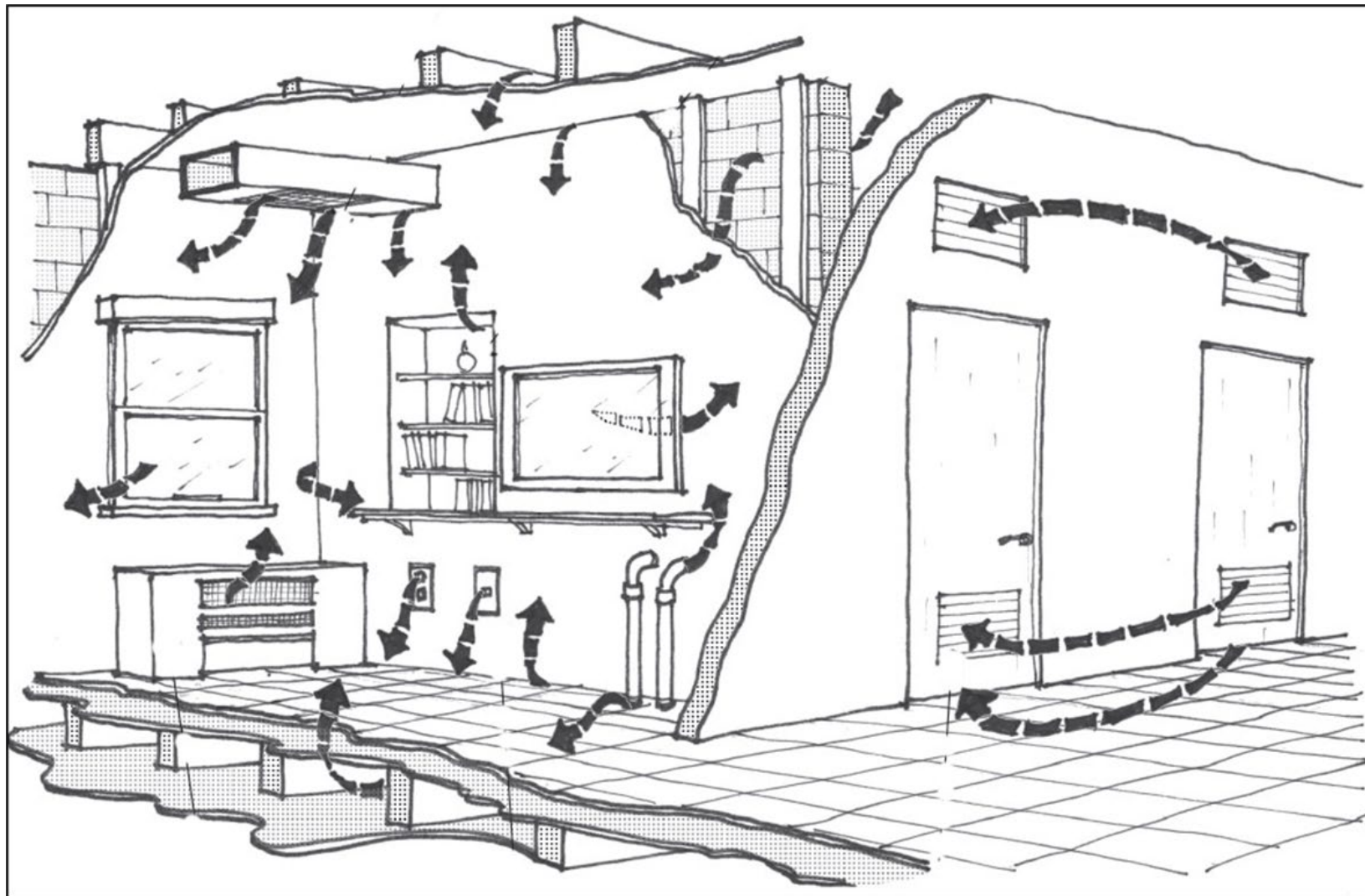
KNAUF

KNAUFCEILING
Solutions

KNAUFINSULATION

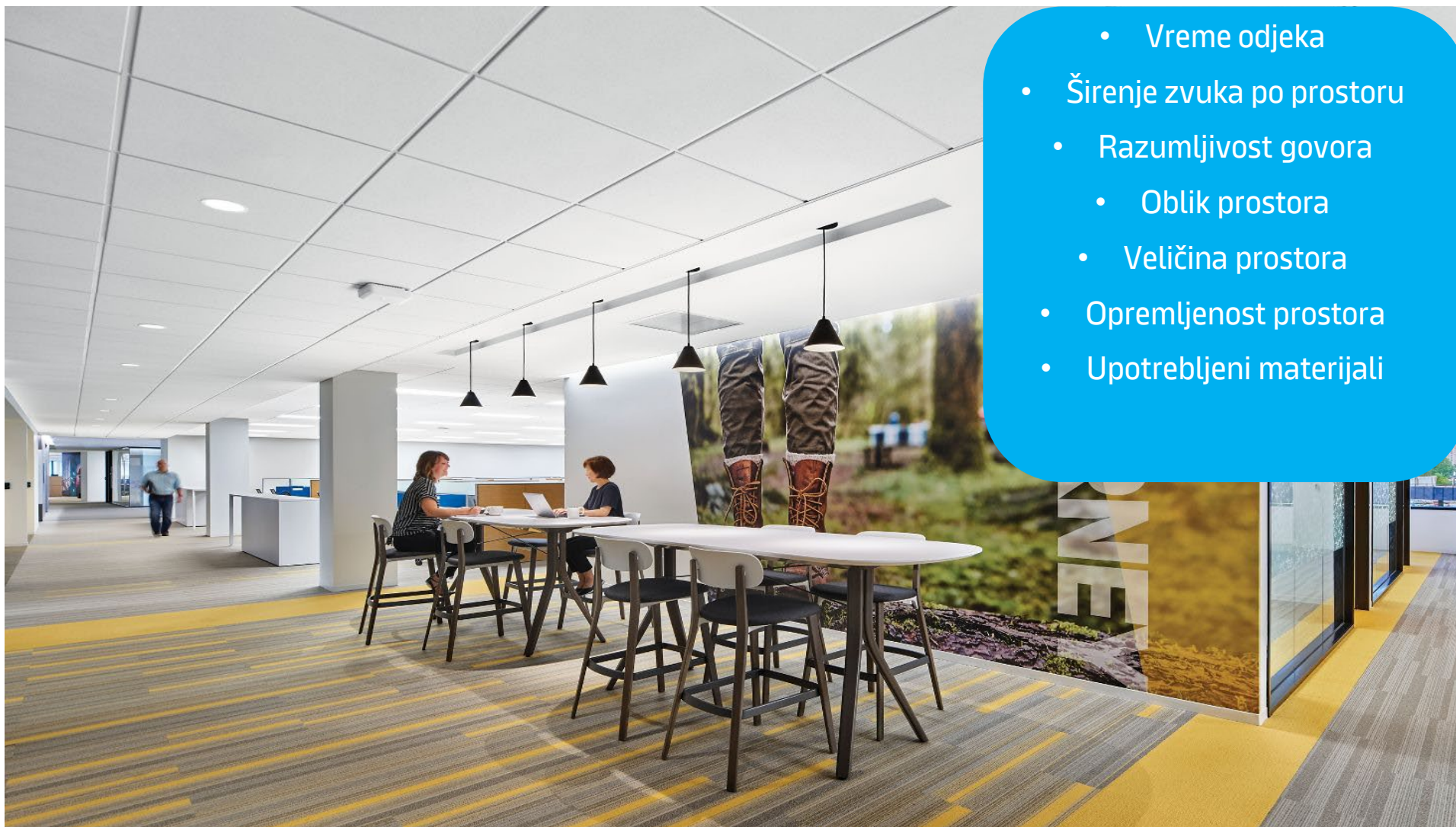


Putevi prenosa zvuka kroz objekat



**POSAO
AKUSTIČKOG
KONSULTANTA**

Dobra prostorna akustika nije slučajnost



- Vreme odjeka
- Širenje zvuka po prostoru
- Razumljivost govora
- Oblik prostora
- Veličina prostora
- Opremljenost prostora
- Upotrebljeni materijali

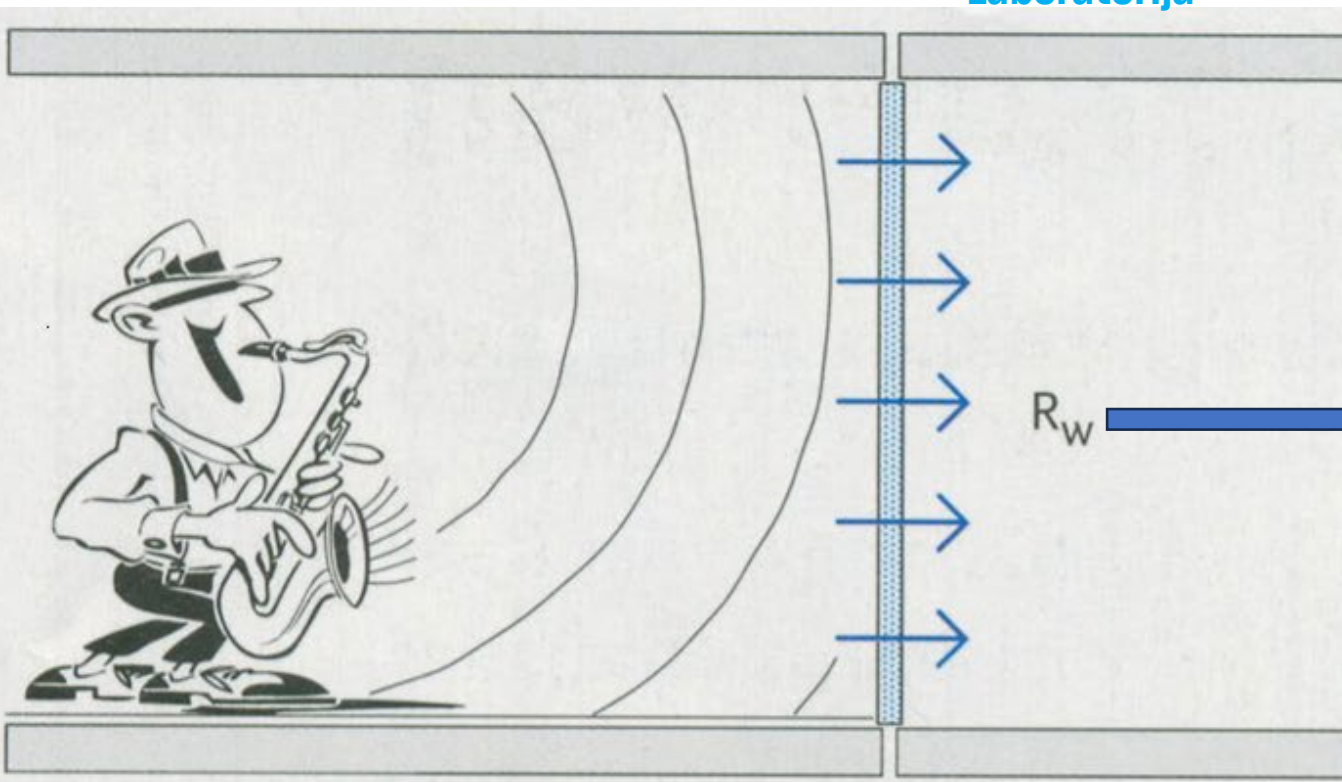
Osnovni pojmovi

- Tipovi izvora buke – **VAZDUŠNA BUKA i UDARNA BUKA**
- **R_w min.** – minimalna vrednost zvučne izolacije
- **$L_{n,w}$ min.** – minimalna vrednost nivoa zvuka udara
- **α_w** – koeficijent apsorpcije zvuka
- **ZVUČNA IZOLACIJA** – kada se štitimo od spoljašnjih zvukova koji dolaze izvan prostora u kome se nalazimo
- **ZVUČNA APSORPCIJA** – kada želimo da poboljšamo svoju sposobnost slušanja u prostoriji u kojoj se nalazimo

Osnovni pojmovi

Laboratorija

Gradilište



Knauf sistem	Klasa otpornosti na požar	Obloga po strani zida		Težina bez izolacionog sloja ca. kg/m ²	Debljina zida D mm	Profil šupljina h mm	Zvučna zaštita		Knauf dodatna vrednost
		Knauf protivpožarna ploča Diamant Silentboard	Min. debljina d mm				Izolacioni sloj Min. debljina mm	Knauf CW-Profil dB	
W115.rs Knauf pregradni zid sa metalnom potkonstrukcijom Dvostruka metalna potkonstrukcija - dvoslojna obloga									
 Šematski crtež - mere u mm	EI 90	●	2x 12,5	47		2x 50		64	
	EI 90	●	12,5 + 12,5	67				74	
 Osovinski razmak nosača-profila a	EI 90	●	2x 12,5	47	205	2x 75 155	2x 75	65	
	EI 90	●	2x 12,5	58				72	
	EI 90	●	2x 12,5	47	255	2x 100 205	2x 100	68	
	EI 90	●	2x 12,5	58				72	

R_w Izmerena vrednost zvučne izolacije bez prenosa zvuka kroz bočne građevinske elemente u dB

R_w' Izmerena vrednost zvučne izolacije sa prenosom zvuka kroz bočne građevinske elemente u dB (rezultanta)

R_{L,w} Izmerena vrednost zvučne izolacije kroz bočne građevinske elemente u dB

Škole

Apsorpcija zvuka

Razgovetnost govora

Zvučna izolacija

Heradesign

Cleaneo



Vreme odjeka

Vreme odjeka je vreme koje je potrebno da zvučna energija padne na milioniti deo nakon isključivanja zvuka. To je ekvivalentno smanjenju šuma do 60 dB.

Optimalno vreme odjeka zavisi od veličine i namene prostora.

Problemi:

- Lombardov efekat
- Prosečna jačina zvuka u učionicama je 65 dB (previše)
- Razumljivost govora u poslednjim klupama je obično 50 %

Namena prostora	Optimalno vreme odjeka prema veličini prostorije			
	200 m ³	400m ³	800m ³	1600m ³
Učionice	0,5 s	0,6 s	0,8 s	0,9 s
Amfiteatar	0,7 s	0,8 s	0,9 s	1,0 s
Muzičke učionice	1,1 s	1,3 s	1,4 s	1,5 s



Heradesign – zvučna apsorpcija

Akustika u prostoriji – učionica

Podaci o učionici:

- Nameštena prostorija, pod od linoleuma, dosta prozora
- 18 dece u učionici
- Površina cca 73 m²
- Visina prostorije: 3.1 m
- Zapremina prostorije 227 m³

Plafon:

- 45m²
- HERADESIGN® Fine 25mm
- Akustična ispuna 60mm
- Visina spuštanja 125mm

Zid (prekoputa učitelja):

- 12m²
- HERADESIGN® Fine 25mm
- Akustična ispuna 30mm
- Udaljenost 85mm



Bez, ili sa veoma malo akustičnih obloga



Sa akustičnom ispunom HERADESIGN® Fine



Sedenje u
3. redu



Sedenje u
3. redu



Knauf Ceiling Solutions – uticaj boje na akustiku

- Merenje je rađeno u laboratoriji u Sloveniji na uzorcima ploča i na objektu u Beogradu na ugrađenim pločama
- Korišćene su različite tehnike nanošenja boja na vodenoj bazi – sprej, kompresor i valjak. Svako nanošenje je bilo u dva sloja.



Slika 4c: Nanošenje boje sa rolerom



Slika 4b: Nanošenje boje putem kompresora



Slika 4d: Nanošenje boje ručnim sprejem

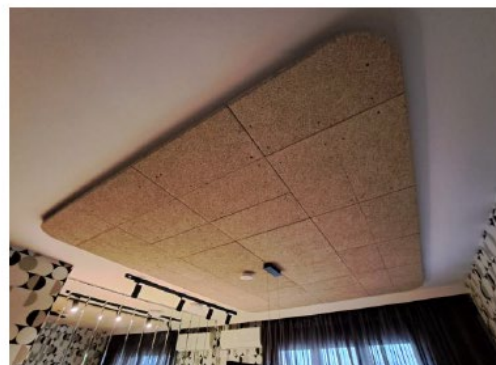


Figure 6a: Brown ceiling (unpainted).



Figure 6b: Green ceiling.

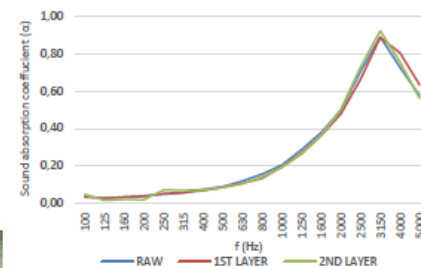


Figure 6c: Yellow ceiling.

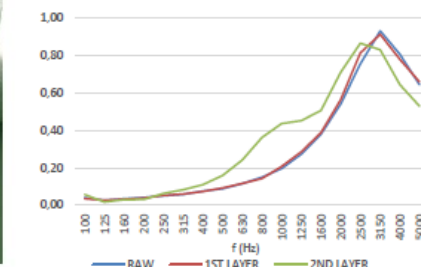


Figure 6d: Gray ceiling.

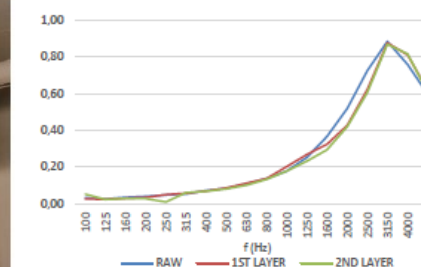
GRAPHS 1 – 6: HERADESIGN SUPERFINE
(Levo - nezavisni uzorak, desno - na terenu)



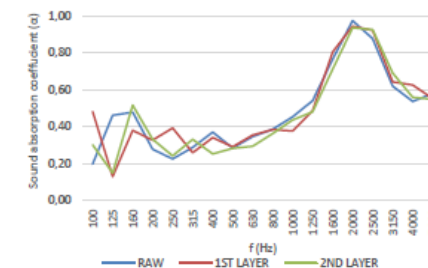
Graph 1: Heradesign Superfine – Kompresor



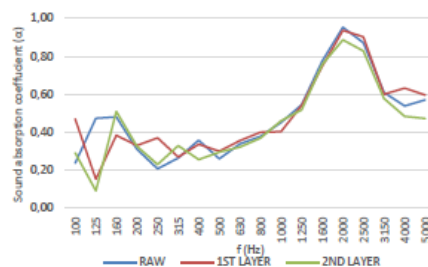
Graph 3: Heradesign Superfine – Valjak



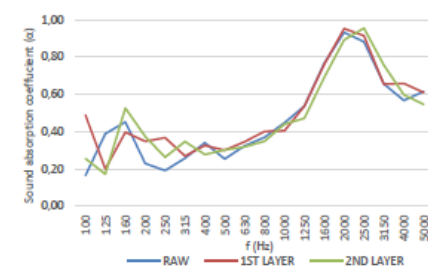
Graph 5: Heradesign Superfine – Sprej



Graph 2: Heradesign Superfine – Kompresor



Graph 4: Heradesign Superfine – Valjak



Graph 6: Heradesign Superfine – Sprej

CLEANEQ perforirane akustične gipsane ploče



CLEaneo u školama



UČIONICA U ATŠ školi

RAZUMLJIVOST GOVORA

U ovoj učionici u zadnjoj klupi izmerena razumljivost govora je samo 80%.

Posledica je da u takvim uslovima razumevanje govora zahteva pojačanu koncentraciju

pre adaptacije:
STI = 0,48
R = 86%

posle adaptacije:
STI = 0,73
R = 95%

STI	razumljivost govora
0-0.3	loša (bad)
0.3-0.45	nedovoljna (poor)
0.45-0.6	prihvatljiva (fair)
0.6-0.75	vrlo dobra (good)
0.75-1	odlična (excellent)

CLEaneo U VRTIĆIMA



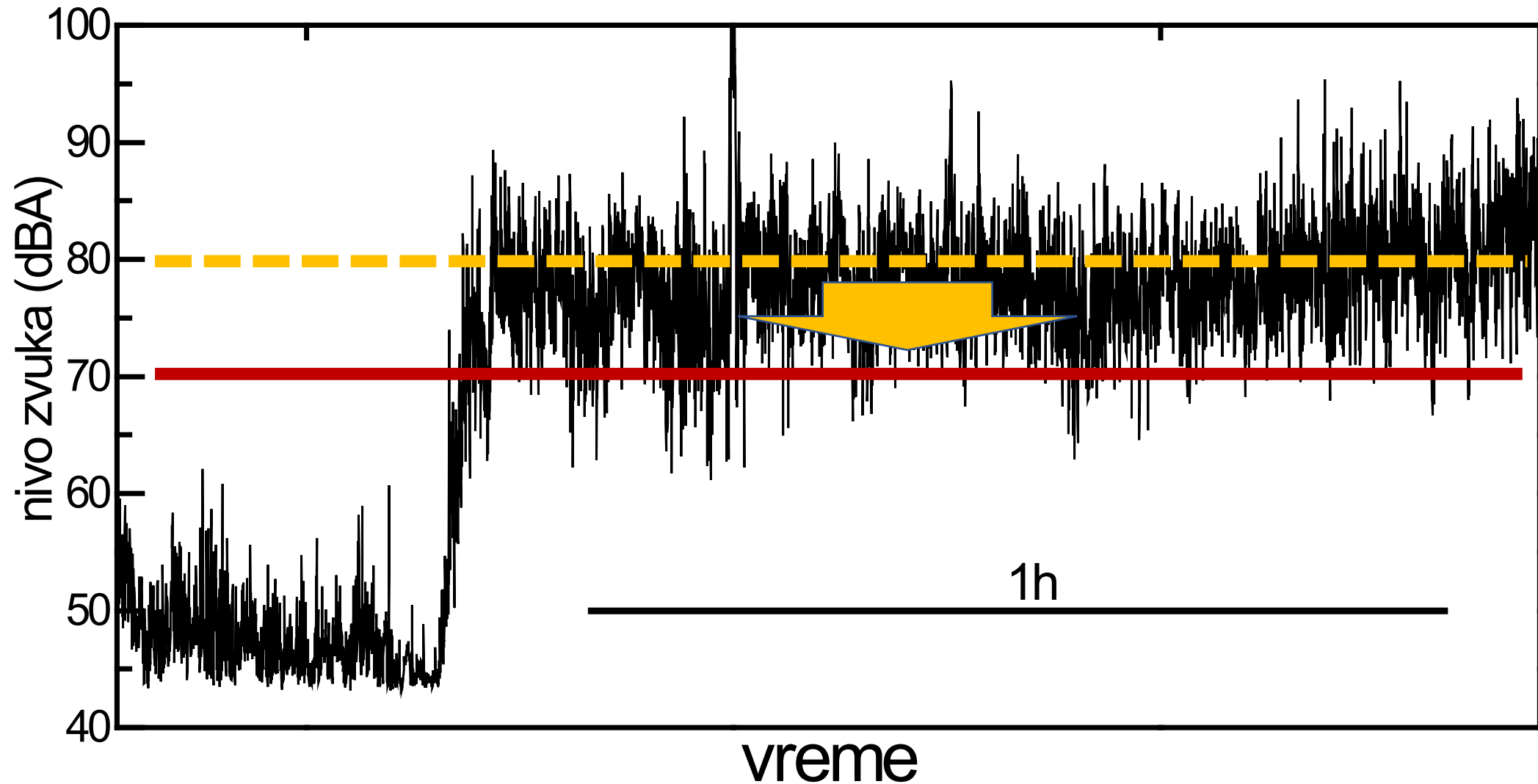
Dečiji vrtić
Finalni izgled nakon ugradnje Cleaneo plafona

LOMBARDOV EFEKAT

GLATKE POVRŠINE = VELIKA REVERBERACIJA = MALA RAZUMLJIVOST



CLEaneo U VRTIĆIMA snimak buke pre i posle ugradnje Cleaneo ploča



Pregradni zid između učionica

W115 w

- Debljina zida 15,5 / 20,5 / 25,5 cm
 - $R_w = 64 - 72$ dB
 - DF + Silentboard + Diamant ploče
- Požarna otporost EI 120



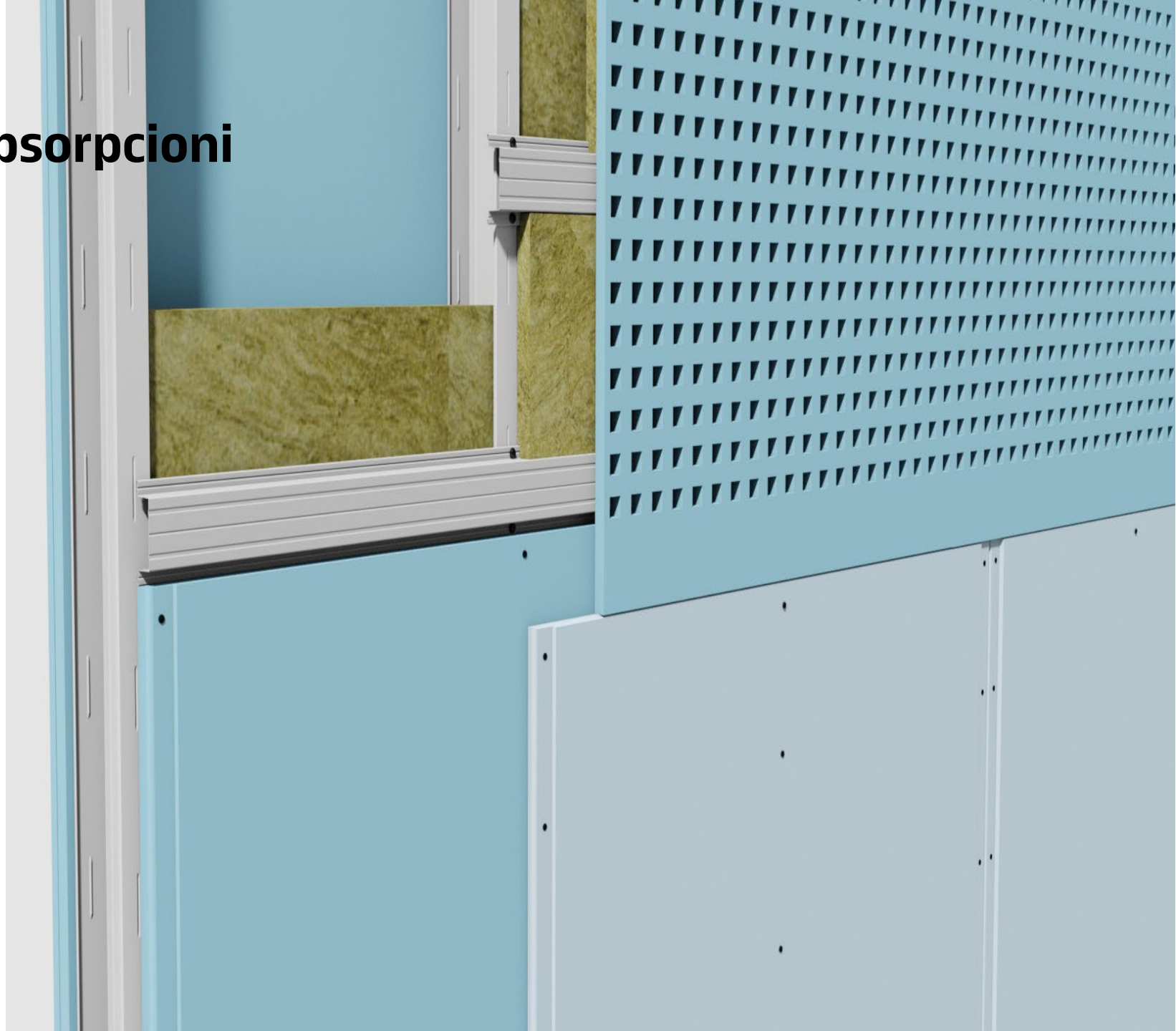
$R_w = 64 - 72$ dB

Prema standardu potrebno $R_w = 52$ dB

Pregradni zid između učionica sa jedne strane apsorpcioni

Tip W112.C

- Debljina zida 13,25 cm
 - $R_w = 55,2 - 61,3$ dB u zavisnosti od udela Cleaneo ploča
 - Diamant ploče 15 mm
- Požarna otpornost EI 30

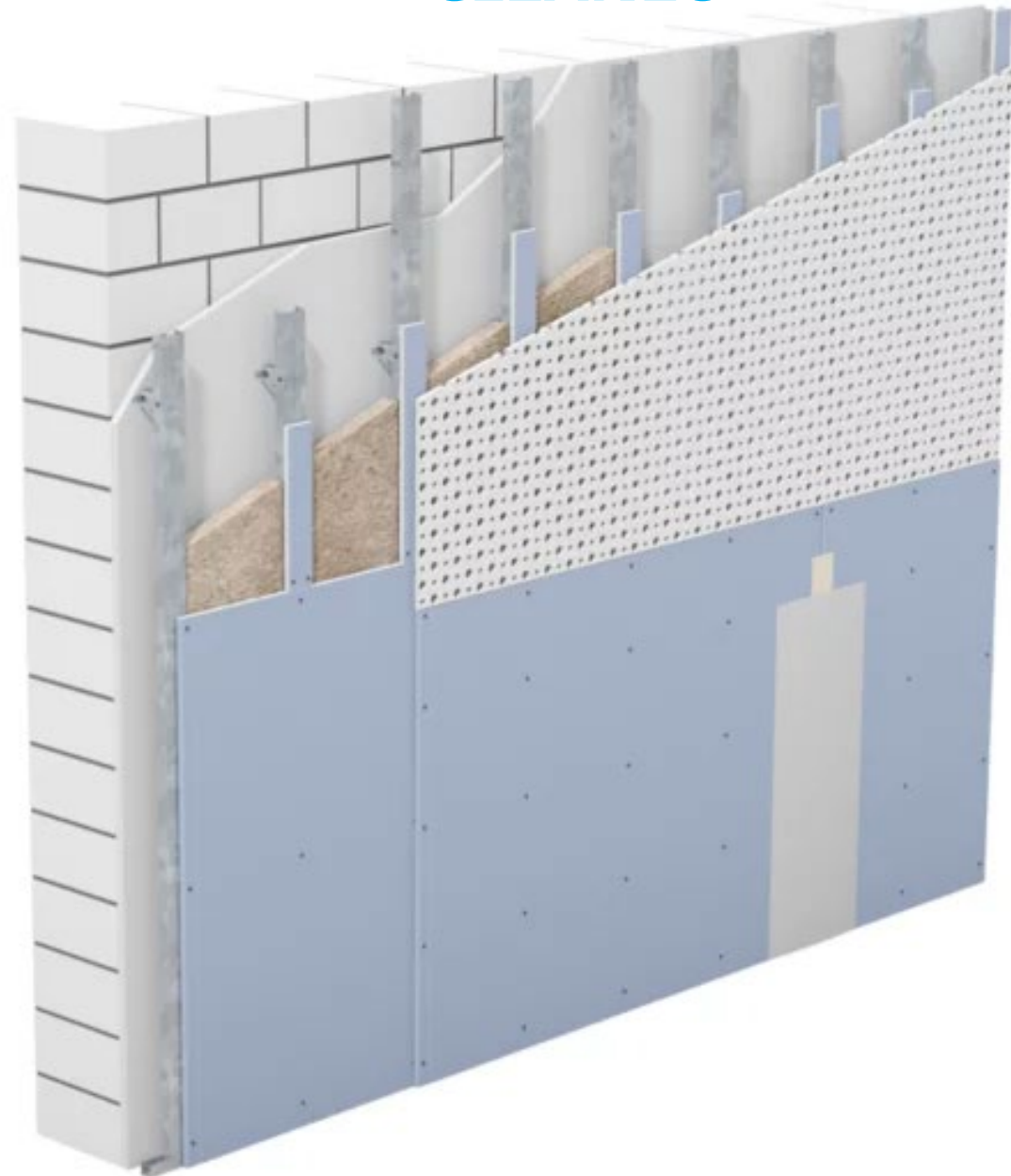


Zidna obloga W623.C

CLEaneo

Pregradni zid između učionica
Apsorpcija zvuka

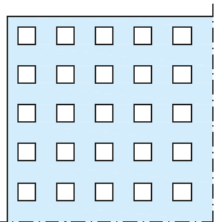
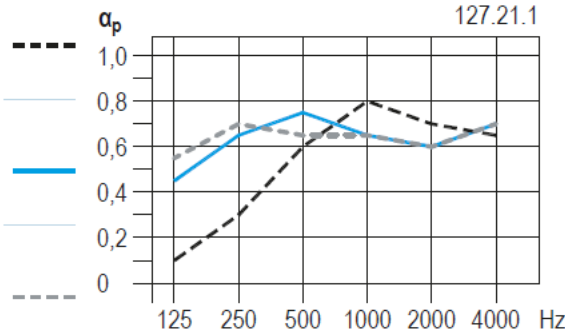
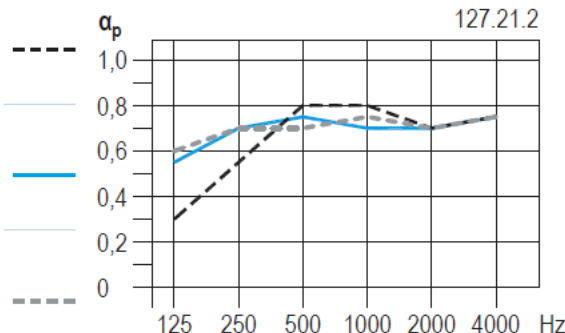
- Debljina zida $\geq 6,5$ cm
 - Obloga
Cleaneo + Diamant ploče



- Benefiti upotrebe Cleaneo ploča

- Regulisanje vremena reverberacije
- Snižavanje nivoa buke /apsorpcija/
- Razgovetnost govora
- Dizajn
- Cleaneo efekat /Zeolit/

12,5 mm Cleaneo Classic ploče sa akustičnim filcom

Raspored rupa	Konstr. dubina mm	NRC	α_w	Klasa apsorpcije u zavisnosti od dubine α_p						
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Bez izolacionog sloja										
Ravna kvadratna perforacija 8/18 Q 	65	0,60	0,60	0,10	0,30	0,60	0,80	0,70	0,65	 <p>127.21.1</p>
	200	0,65	0,65	0,45	0,65	0,75	0,65	0,60	0,70	
	400	0,65	0,65 (L)	0,55	0,70	0,65	0,65	0,60	0,70	
Sa izolacionim slojem (zahtev za izolacioni sloj vidi na strani 24)										
Perforacija: 19,8 %	65	0,70	0,75	0,30	0,55	0,80	0,80	0,70	0,75	 <p>127.21.2</p>
	200	0,70	0,75	0,55	0,70	0,75	0,70	0,70	0,75	
	400	0,70	0,75	0,60	0,70	0,70	0,75	0,70	0,75	

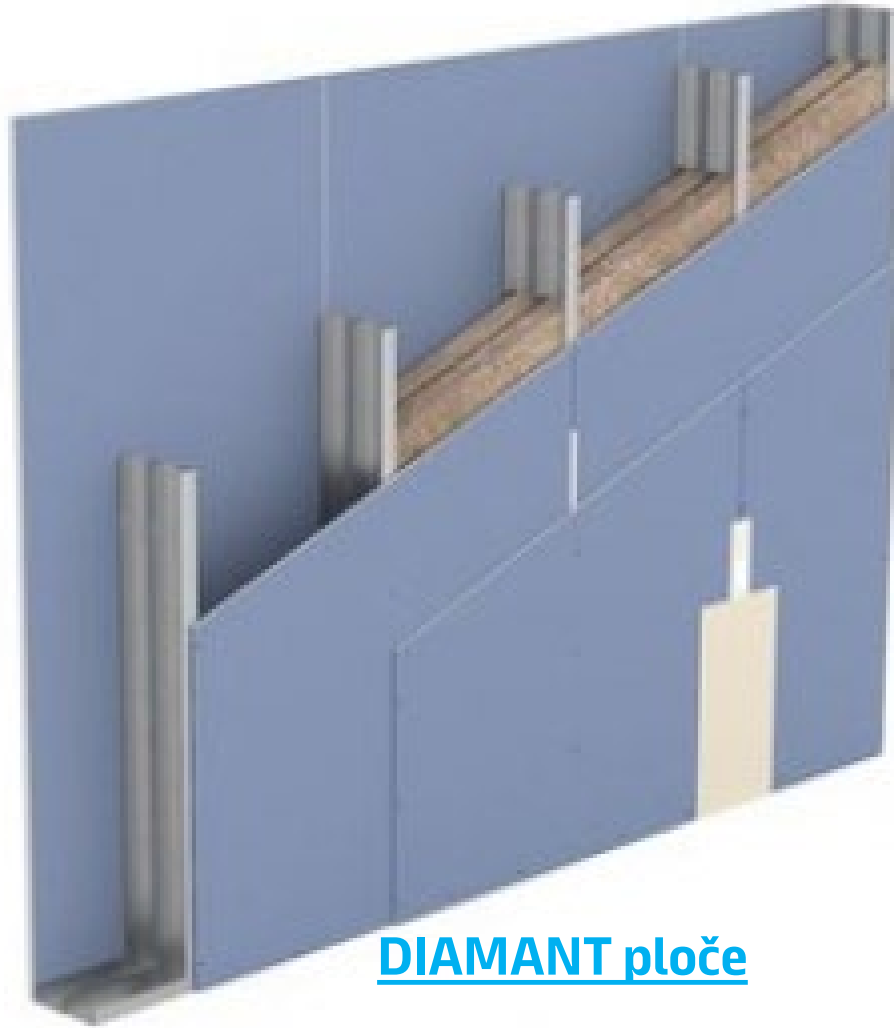
Stambeni objekti

Zvučna zaštita

- Pregradni zid između dva stana
- Pregradni zid između stana i hodnika
- Pregradni zid unutar stana
- Kamena vuna – staklena vuna u rolni – staklena vuna u ploči
- Međuspratna konstrukcija
- ETICS – MV vs EPS
- Eleganza – monolitni akustični plafon



JEDAN KNAUF ZID ZA SVE



DIAMANT ploče

STAN:STAN i STAN:HODNIK

W119.RC2/RC3

Debljina zida 15,5/20,5 725,5 cm

2 x CW

Obloga Diamant ploče

Klasa protivprovalnosti



RC 2/ RC 3

Klasa	VdS 2534:2013-07	DIN EN 1627:2011-09	Vreme otpornosti	Ukup. vreme ispitivanja
N		RC2 (WK2 ¹⁾)	3 min	15 min
A		RC3 (WK3 ¹⁾)	5 min	20 min

EI120

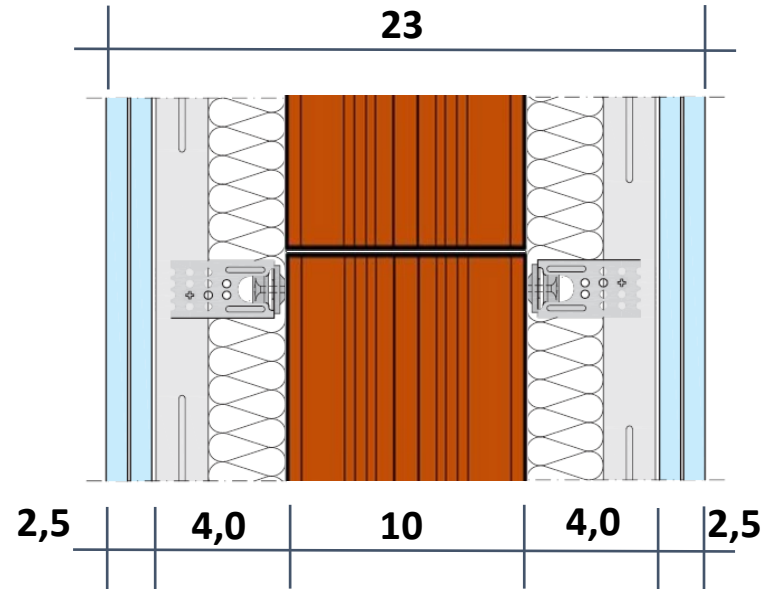
Rw = 59 – 63 dB

Prema standardu potrebno Rw = 52 dB

KOMBINOVANI ZID

STAN:STAN

Biorit malter 2 cm + Blok 10 cm + Zidna obloga W623 - 2 x SonicBoard



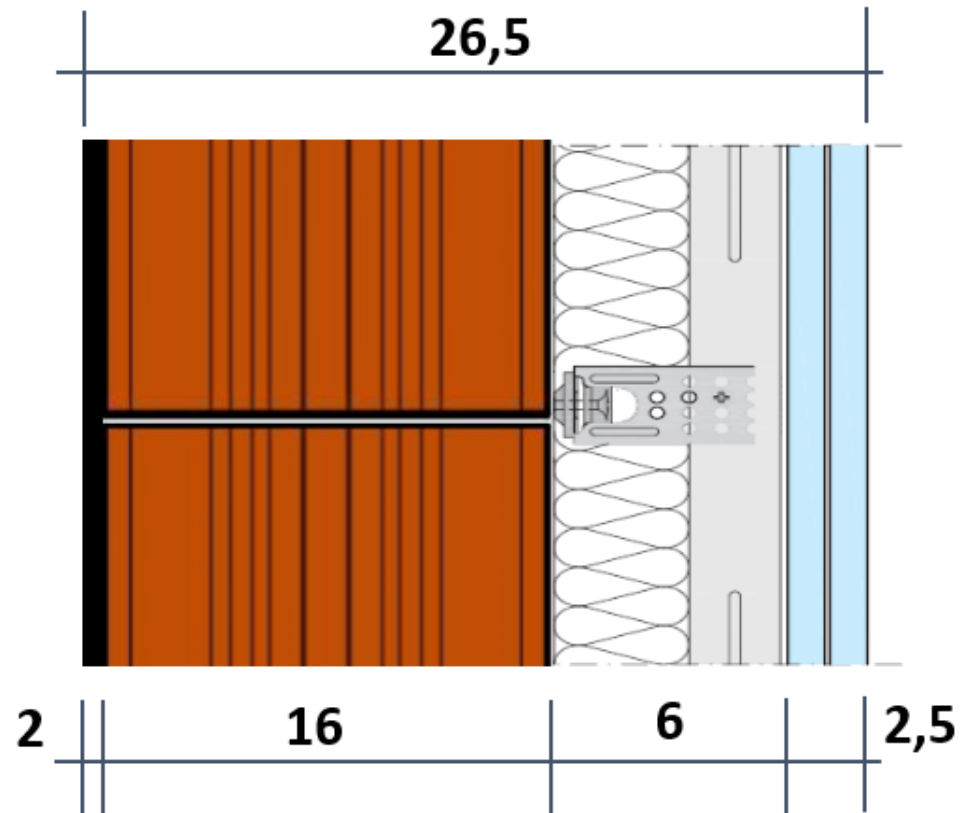
• Debljina zida 23 cm, $R_w = 64\text{dB}$

- Zidna obloga W623
 - 2 X SonicBoard, $d = 12,5\text{ mm}$, $10,0\text{ kg/m}^2$
 - AcousticBoard 40 mm + CD/UD potkonstrukcija
- Energetski blok 10/33, IGM Mladost
 - Pregradni 10 cm, težina 795 kg/m^3 , $76,5\text{ kg/m}^2$
- Zidna obloga W623
 - AcousticBoard 40 mm + CD/UD potkonstrukcija
 - 2 X SonicBoard, $d = 12,5\text{ mm}$, $10,0\text{ kg/m}^2$

KOMBINOVANI ZID

STAN:HODNIK

Biorit malter 2 cm + Blok 16 cm + Zidna obloga W623 - SonicBoard



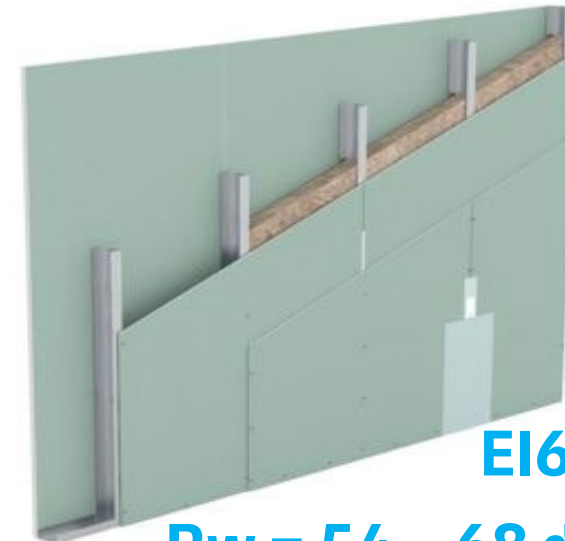
Debljina zida 18,5 cm, $R_w = 63$ dB

- Knauf Biorit mašinski malter
 - Debljina 2 cm
- Energetski Z
 - 2 X SonicBoard, d= 12,5 mm, 10,0 kg/m²
 - AcousticBoard 60 mm + CD/UD potkonstrukcija

PREGRADNI ZID UNUTAR STANA

W112 Standardni zid u stanogradnji

- Debljina zida 10 -12,5 ili 15,0 cm
 - $R_w = 54 - 68$ dB
 - A ili H2 ploče / DF ili DFH2 ploče /Diamant ili Silentboard ploče
 - Knauf kamena ili staklena vuna



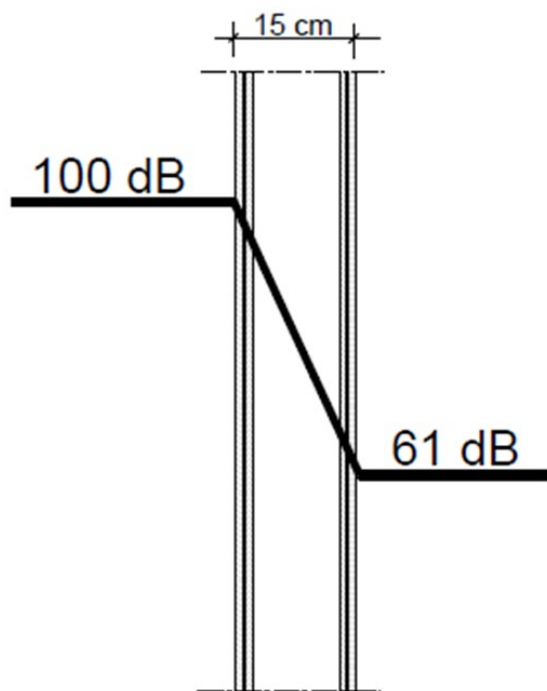
EI60

$R_w = 54 - 68$ dB

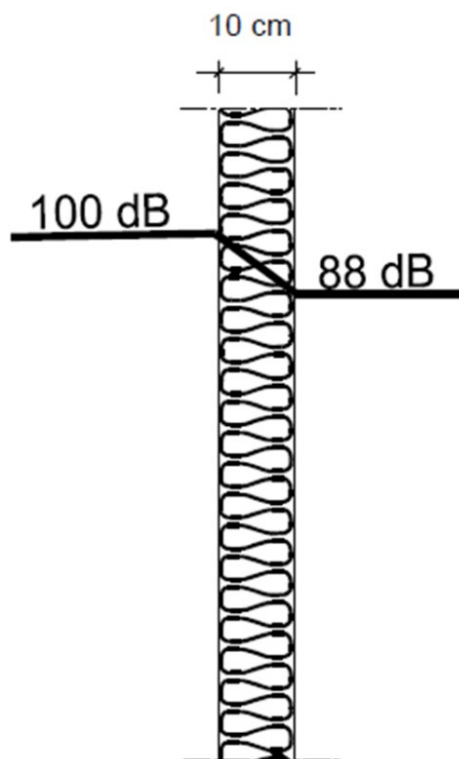
Prema standardu potrebno nije zahtevano

Pregradni zid – sa ili bez vune?

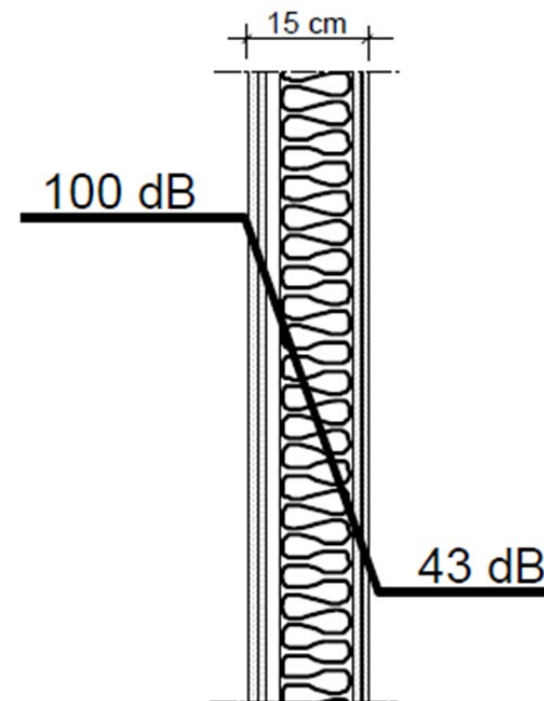
+39 dB



+12 dB



+57 dB



Kamena vuna – staklena vuna u rolni – staklena vuna u ploči



Kamena vuna :
Natur Board FIT-G Plus



Staklena vuna u rolni :
Akustik Roll



Staklena vuna u ploči :
Akustik Board

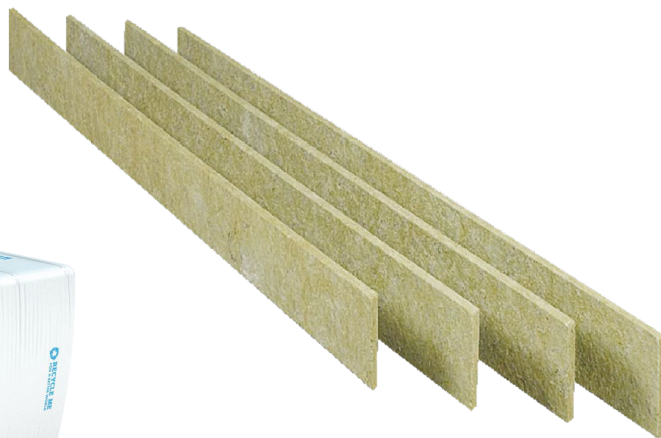
- *Veća koncentracija vazduha – bolja apsorpcija zvuka*
- *Akustik Board – staklena vuna u ploči, odlične apsorpcije, bolje stabilnosti*

Međuspratna konstrukcija

Mineralna vuna u plivajućim podovima

- Mineralna vuna - **materijal za plivajuće podove** koji u međuspratnim konstrukcijama pruža i **ZVUČNU ZAŠTITU**
- Lw (max) 68 dB (prema standardu SRPS U.J6.201)
- Vlaknasta struktura - zvučni talasi se rasprše prolaskom kroz mrežu vlakana

Pod Extra, Pod Plus, Pod Standard (razlika u čvrstoći ploče)



Rubne trake - eliminišu stvaranje krute veze



KAMENA VUNA	TIP OSNOVNE KONSTRUKCIJE	L _{n,ro} (dB)	L _{n,r} (dB)	ΔL (dB)*
POD STANDARD	ARMIRANO-BETONSKA PLOČA 14cm	80	47	33
POD PLUS			51	29
POD EXTRA			50	30

Međuspratna konstrukcija

Primer iz prakse – case study intervencije na objektu

PROBLEM

Maksimalni nivo udarne buke 10 dB premašio odredbe iz zakonske regulative



PREDUZETE MERE

Mere ublažavanja kroz Knauf sisteme



REZULTATI AKUSTIČNIH TESTOVA

ΔL_v od 10 dB je postignuto bez ugožavanja spratne visine



Originalna MK L_{nw} = 63,4 dB

Povećanje mase i odvajanje od potkonstrukcije

Rekonstrukcija MK L_{nw} = 54,5 dB

Renovirana MK

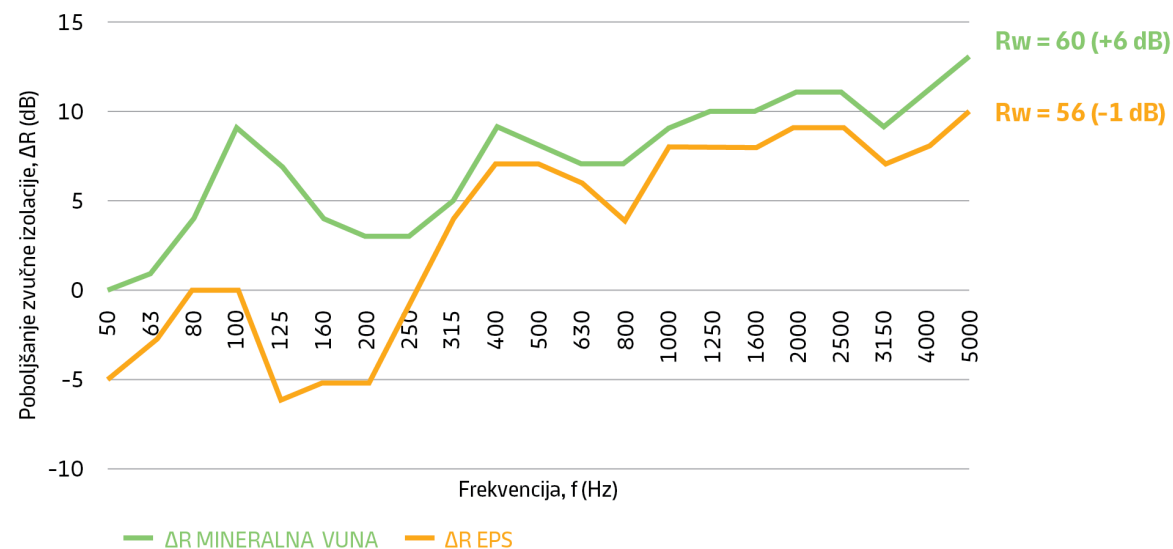
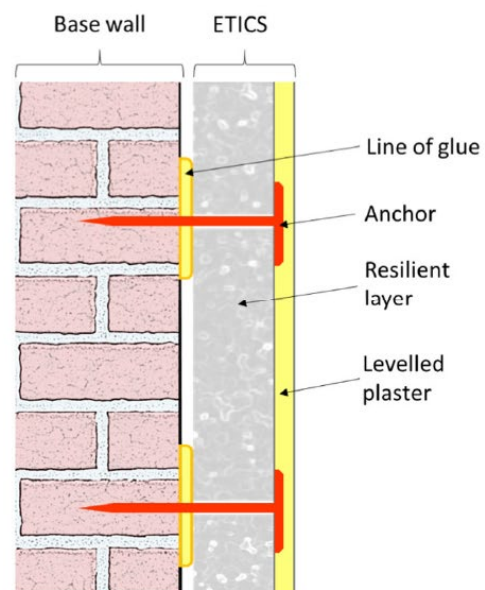
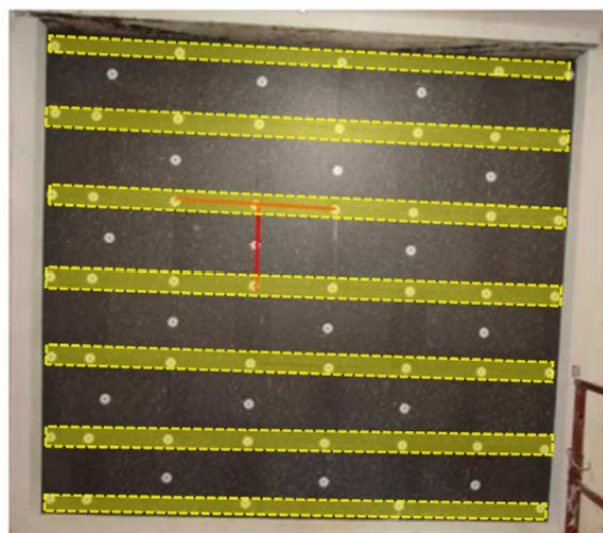
- Parket: 1,5 cm
- Cementni estrih: 6,0 cm
- Akustična PE podloga: 0,5 cm
- EPS: 2x3,0 cm
- Elastični EPS: 4,0 cm
- Lamelirano drvo: 16,0 cm
- **Knauf akustični distancer sa gumicom**
- **Ispuna od staklene vune Unifit 035 : 5,5 cm**
- **Knauf SilentBoard (17.5 kg): 1,25 cm**
- **Knauf Diamant (12 kg): 1,25 cm**

ETICS FASADA

Izolacija mineralna vuna vs EPS

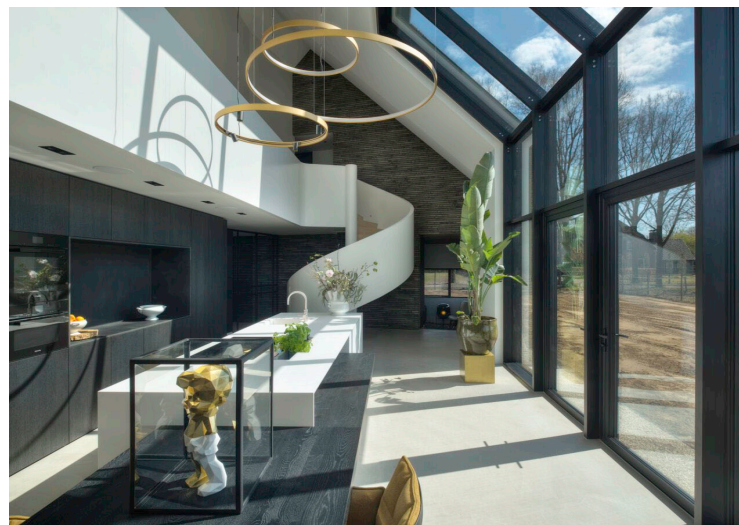
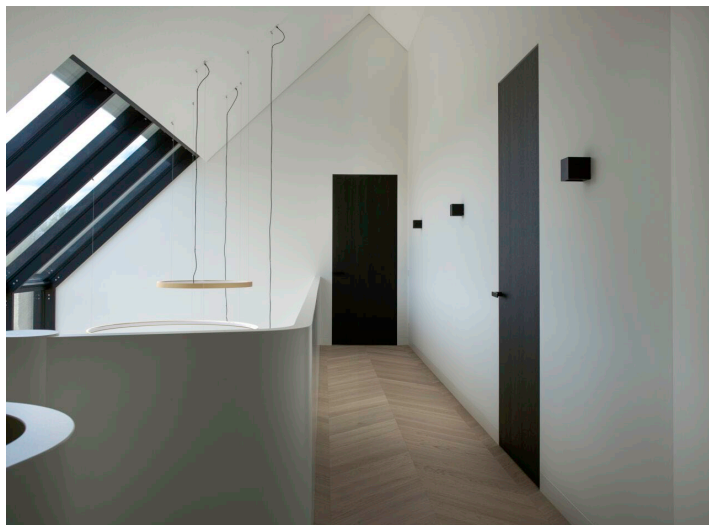
- Prednost mineralnih vuna u odnosu na EPS u fasadnom zidu
- 160mm EPS - 160mm MV ; 240mm zid od cigle ; 8mm malter i završni sloj
- MV nudi poboljšanje od + 6dB; EPS smanjuje zvučnu izolaciju za -1dB

	Wall	Wall+M W	Wall+EPS L	Wall + EPS H
Rw	53	60	56,2	56,2
C	-1	-2	-3	-3
Ctr	-4	-5	-8	-8
Rw + Ctr	49	55	48,2	48,2



Eleganza – monolitni akustični plafon

- Vrhunski apsorber monolitnog izgleda - $\alpha_w = 0.95$
- Uzdužna zvučna izolacija **do 30dB**
- Laka montaža i kasnije laka popravka kod oštećenja
- Mogućnost različitih boja
- Montaža na zid
- Otpornost na vlagu **95%**



Eleganza – monolitni akustični plafon



Kancelarije

Razlika između open space i pregrađenih kancelarija

- Apsorberi – primer iz prakse
- Pregradni zid između kancelarija
- Pregradni zid prema salama za sastanke

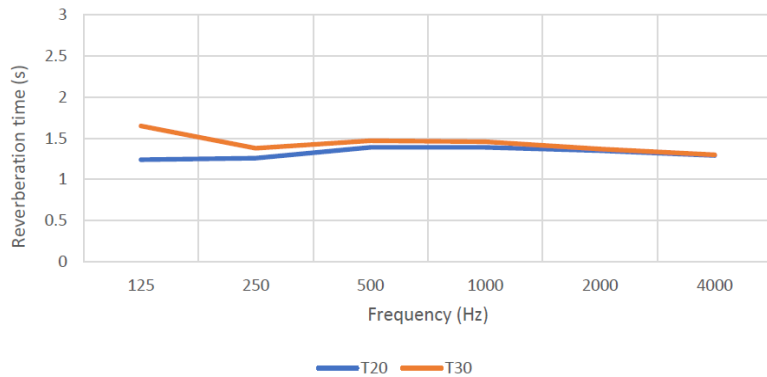


Apsorberi – primeri iz prakse

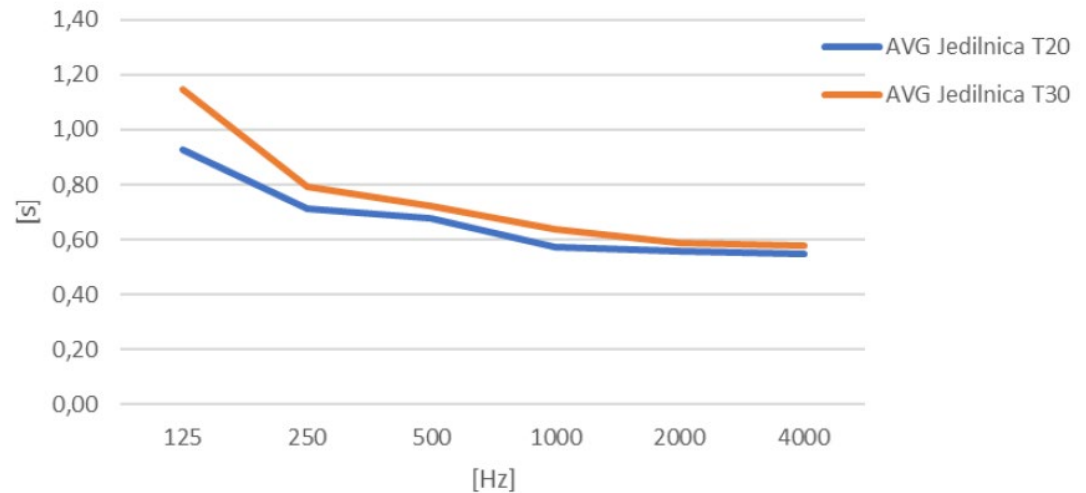
Trata – restoranski deo u okviru Knauf Insulation poslovnog prostora



RT jedilnica



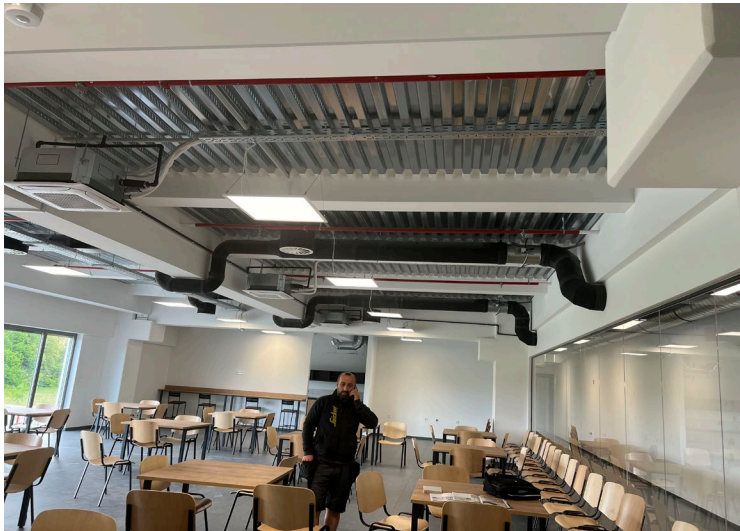
Reverberation time Jedilnica



Apsorberi – primeri iz prakse Kobal Transport, restoran



Topic Sonic Element
Zid i plafon
Reverberacija sa 2,25 na 0.75



PREGRADNI ZID IZMEĐU KANCELARIJA

Standardni zid W112

- Debljina zida 10 -12,5 ili 15,0 cm
 - $R_w = 54 - 68$ dB
 - A / DF / Diamant ili Silentboard ploče
- Požarna otporost EI60 – EI 180



$R_w = 54 - 68$ dB

Prema standardu potrebno 52 dB

PREGRADNI ZID KA SALAMA ZA SASTANKE

W115 Pregradni zid ka bučnim prostorijama

- Debljina zida 15,5 / 20,5 / 25,5 cm
 - $R_w = 64 - 72$ dB
 - DF + Silentboard + Diamant ploče
- Požarna otporost EI 60 – EI 180



$R_w = 64 - 72$ dB

Prema standardu potrebno $R_w = 57$ dB

Garaže

Smanjenje nivoa buke

- CLT C1 Thermal lamele



Izolacija plafona garaža - CLT C1 Thermal Lamele

- ZAŠTO JE VAŽNO ZVUČNO IZOLOVATI GARAŽE :
 - Razumljivost govora – **razglas u tržnim centrima**
 - **Buka od automobila**
- **Smanjenje nivoa buke usled smanjenja vremena odjeka**
- U KI je preduzeta **kampanja za testiranje CLT C1 Thermal**



Preporučeni proizvodi :
**CLT Thermal, Lamella FIX,
Lamella COLOR, Lamella PRIMER**



Apsorpciona moć CLT lamela i uticaj boje



- Lamele su odličan apsorber $\alpha = 1.0$ (max)
- Smanjenje buke od 10dB!



- Lamela bez boje
- Usled bojenja ne dolazi do promene zvučne apsorpcije!



- Obojena lamela

KSI

Softver za proračunavanje zvučne izolacije

The image shows the main interface of the KNAUF SOUND INSULATION software. It features a dark blue background with a large, stylized acoustic absorber graphic. At the top left, the text 'KNAUF SOUND INSULATION' is displayed in white. Below this, there are two buttons: '+ NOVI' (New) and a folder icon labeled 'OTVORI' (Open). At the bottom, there is a row of logos for 'DIRIGENT ACOUSTICS LLC', 'KNAUF KNAUF INSULATION', 'VPS Virtual Properties Solutions', and 'iaat INSTITUTE OF ACOUSTICS AND AUDIO TECHNOLOGY'. A small circular icon with an 'i' is in the top right corner.

Akustični kalkulator

The image shows the 'Akustični kalkulator' (Acoustic Calculator) interface. It includes a 'Create PDF document' button at the top right. On the left, there is a graph showing 'Reverberation Time T / s' on the y-axis (ranging from 0.3 to 3.3) and frequency on the x-axis. A red line with circular markers is plotted, showing a slight increase in reverberation time across the frequency range. Below the graph are two buttons: 'T' and 'ΔL, AV'. To the right of the graph is a list of parameters with dropdown menus: 'Standard' (DIN 18041 (March 2016)), 'Usage' (School: classroom), 'Design' (Without inclusion of persons with hearing impairments), 'Room group' (A3 - Education/communication), 'Occupation' (80% according to standard), and 'Room shape' (Rectangular). At the bottom, there is a 'Length /' field with the value '10.0 m'.

INSUL

The image shows the 'INSUL Sound Insulation Prediction (v9.0.24)' interface. It includes the program title and copyright information: 'Program copyright Marshall Day Acoustics 2017. Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB. - Key No. 1914'. Below this, there are fields for 'Job Name:', 'Job No.:', 'Date: 24.9.2024.', and 'File Name: Varijanta 1.ixl'. To the right, there is a field for 'Initials: ArsicJ' and a 'Notes:' section. The 'INSUL' logo is in the top right. A 3D diagram of a partition wall is shown, with a '2 mm' dimension indicated. A box on the right contains the results: R_w 58 dB, C -5 dB, and Ctr -13 dB. At the bottom right, there is text: 'Mass-air-mass resonant frequency = 59 Hz, 121 Hz', 'Panel Size = 2,7 m x 4,0 m', and 'Partition surface mass = 40,2 kg/m²'. A 'Build on us.' logo is in the bottom right corner.



#1501123



KNAUF

KNAUFCEILING
Solutions

KNAUFINSULATION





HVALA NA PAŽNJI!



KNAUF

KNAUFCEILING
Solutions

KNAUFINSULATION

