

ZVUČNA IZOLACIJA

challenge.
create.
care.

Sadržaj:

3-10 O ZVUKU I BUCI

11-12 MINERALNA VUNA U BORBI PROTIV BUKE

13-19 AKUSTIKA U ZGRADARSTVU:
TEHNIČKI USLOVI ZA PROJEKTOVANJE

20 KSI - KNAUF SOUND INSULATION SOFTVER



Da li ste znali?

challenge.
create.
care.

KNAUFINSULATION

3

Buka je najčešći razlog nezadovoljstva u kancelarijama!



Izvor: Univerzitet Kornel, Njujork



Svaki 5. Evropljanin

je redovno noću izložen nivou buke koji može imati štetne posledice po zdravlje.

Izvor: Svetska zdravstvena organizacija – 2009.

Buka uzrokuje čak

16.600 slučajeva prerane smrti u Evropi svake godine.

Izloženost buci dovodi do nervoze, stresa, poremećaja spavanja, lošeg opšteg zdravlja, loše koncentracije i uznemirenosti kod dece.

Izvor: Evropska agencija za životnu sredinu

11.5 milijardi evra

je godišnja cena koju plaćamo usled nedostatka sna i kardiovaskularnih bolesti izazvanih bukom.



Izvor: Francuski nacionalni savet za buku

Šta je zvuk a šta buka?

ZVUK

Zvuk je auditivna senzacija koja nastaje usled neke vibracije. Za postojanje zvuka neophodna su ova tri elementa:



01

IZVOR

koji proizvodi
zvuk



02

SREDINA

koja prenosi
vibraciju



03

RECEPTOR

uho i sluh

Da bi postale zvuk, vibracije moraju uticati na jedno od naših čula: **sluh**.

BUKA

Buka predstavlja fizičku pojavu koja prouzrokuje osećaj nelagodnosti ili neprijatnosti.

Iako se buka može izmeriti, njena percepcija ostaje individualan i subjektivan osećaj. Svaka osoba različito doživljava buku u zavisnosti od dužine izlaganja, fiziologije, starosne dobi, zdravstvenog stanja ili trenutnog raspoloženja.



Zvuk se opisuje **različitim fizičkim karakteristikama:**

NIVO ZVUČNOG PRITISKA

Intenzitet (jačina) zvuka zavisi od **amplitude vibracije**.

Zvučna snaga izvora koji proizvodi zvuk, međusobno rastojanje između izvora i receptora (uho i čulo sluha), kao i sredina u kojoj se prenosi zvuk, određuju **nivo zvuka**.



Ljudsko uho je u stanju da čuje zvuke između 0 i 130 dB. Postoje različiti pragovi koji određuju šta je podnošljivo a šta ne za ljudsko uho.

PRAVILO SABIRANJA DVA ZVUKA

Zvučni nivoi se ne sabiraju aritmetički već logaritamski:

$$L_c = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right)$$



Kada je razlika između dve buke veća od 10 dB, jača buka će zamaskirati slabiju.

FREKVENCIJE I SPEKTRI

Frekvencija predstavlja izraz nižeg ili višeg tona. Ona odgovara **broju vibracija vazduha u sekundi**.

Niži tonovi su tonovi niže frekvencije. Viši tonovi su tonovi više frekvencije.

Ispod tog nivoa, veoma niske frekvencije nazivamo infra zvučima, a iznad tog nivoa, zvuke visokih vibracija nazivamo ultrazvučima. I jedan i drugi zvuk su nečujni za ljudsko uho.



Često smo izloženi buci, kod kuće, na ulici, na poslu.
Televizija, automobili, vozovi, mašine... sve ovo čini da životna sredina bude bučna.

Različiti izvori buke su grupisani u **4 kategorije**:

ODJEKIVANJE ZVUKA U ZAJEDNIČKOM PROSTORU

Preterano odjekivanje zvuka može smanjiti akustički kvalitet prostora i sposobnost slušanja



BUKA KOJU PROIZVODE UREĐAJI I OPREMA

Liftovi, kanalizacione cevi,
ventilacija, grejna tela...



UDARNA BUKA

Koraci, padanje
predmeta...



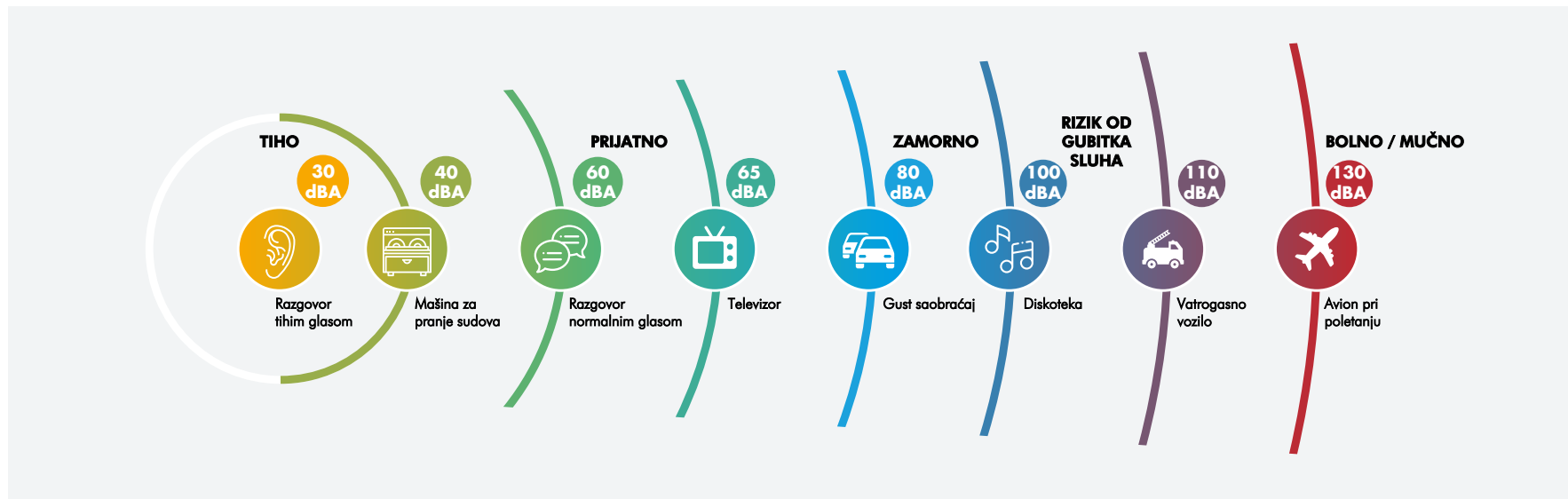
UNUTRAŠNJA / SPOLJAŠNJA VAZDUŠNA BUKA

Drumski saobraćaj, železnički
saobraćaj, vazdušni saobraćaj,
radio i televizija



Zvučno zagađenje

Ljudsko uho je izrazito fin mehanizam koji percipira zvuk na sebi svojstven način, te filtrira određene frekvencije na koje su ljudi veoma osetljivi. Kada želimo uzeti u obzir osetljivost ljudi na zvuk, izmerene vrednosti zvučnog nivoa ponderišemo i izražavamo u **dB**A



U slučaju kada buka postane previše neprijatna za ljudsko uho, govorimo o **zvučnom zagađenju** koje može dovesti do različitih poremećaja:

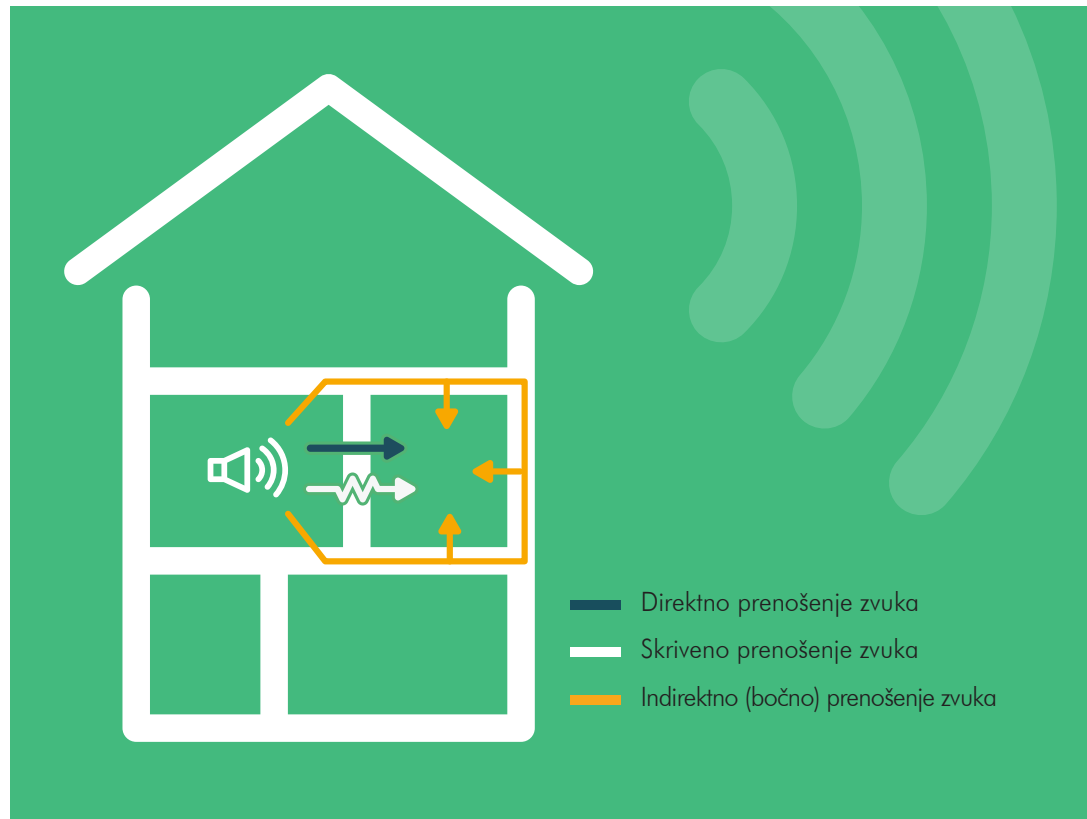
- Povećanje umora i stepena stresa
- Poremećaji sna, posledice po kardiovaskularni sistem (ubrzani rad srca, povišeni krvni pritisak prouzrokovan stresom usled buke), gubitak sluha

Poznavanje prirode prenošenja zvuka omogućava bolje razumevanje različitih rešenja zvučne izolacije koja vam se nude.

Za optimalnu zvučnu izolaciju stambenog ili poslovnog prostora, potrebno je znati kako se zvuk prostire i koju ulogu ima zvučna izolacija.

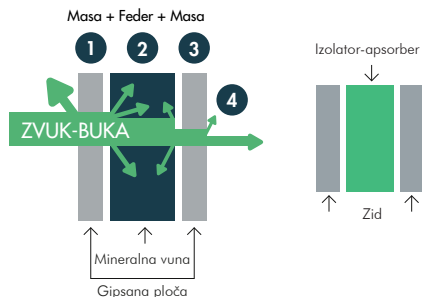
Zvuk se može preneti **direktno** kroz različite pregrade (zidovi, podovi, plafoni, pregradni zidovi, prozori). Zvuk se takođe može prenositi **indirektno** (ili bočno), kroz nepregradne zidove, između izvora buke i mesta gde je osećamo.

Skriveno prenošenje zvuka odvija se kroz otvore za utičnice, otvore oko prozora i vrata koji nisu zaptiveni ili kroz pukotine i šupljine u zidovima.



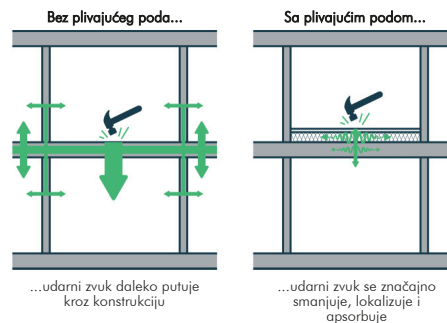
+ SLABLJENJE ZVUKA PO PRINCIPU "MASA-FEDER-MASA"

- 1 Prvi sloj zida ima funkciju „mase“ i odbija jedan deo zvučnog talasa dok drugi deo propušta.
- 2 Deo zvučnog talasa se prenosi u mineralnu vunu koja amortizuje, apsorbuje i smanjuje amplitudu talasa, ona predstavlja „feder“.
- 3 Drugi sloj zida opet ima funkciju „mase“ i ponovo odbija zvuk i to u izolator koji dodatno apsorbuje talas.
- 4 Rezultat je prenos redukovanog zvuka.



+ STRUKTURALNO ODVAJANJE - PLIVAJUĆI POD

Prilikom hodanja, rada već mašine, udaranja čekićem ili čvrstim predmetom stvara se vibracija u konstrukciji koja se prenosi ne samo do prostorije ispod, već kroz konstruktivni sistem cele zgrade. Mineralna vuna je odličan izolator od udarne buke zbog svoje porozne a opet međusobno povezane vlaknaste strukture koja je dovoljno kompaktna da podnese velika strukturalna opterećenja. Mineralna vuna u plivajućem podu ima ulogu da na mestu udara primi vibracije i ublaži ih pre nego što one krenu da se šire dalje kroz konstrukciju zgrade.



+ ZAPTIVANJE

Tamo gde vazduh prolazi, proći će i buka: ispod vrata, kroz dimnjake, kroz dovode za vazduh, kroz kutije za roletne, kao i kroz šupljine u zidovima. Za dobru zvučnu izolaciju, potrebna je dobra zaptivenost. Međutim, provetranje životnog prostora je od suštinskog značaja. Prema tome, mora se dozvoliti ulaz vazduha uz minimalan prolazak buke. Da bi se to postiglo, postoje rešenja.

Zvučna izolacija ili apsorpcija zvuka



Za pravilnu izolaciju prostora, važno je da odredimo osnovne zahteve: da li želimo da postignemo zvučnu izolaciju ili akustičku korekciju apsorpcijom zvuka.

ZVUČNA IZOLACIJA

Zvučno izolujemo zidove kada želimo da se zaštitimo od spoljašnjih zvukova koji dolaze izvan prostora u kome se nalazimo. U tom slučaju zvučno izolovani zidovi reflektuju, apsorbuju i prenose redukovane zvučne talase.

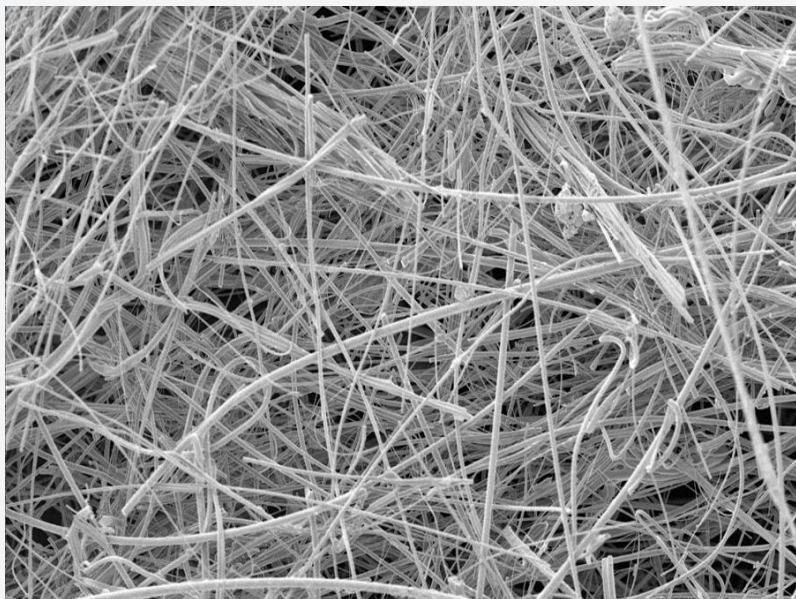
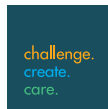


ZVUČNA APSORPCIJA

Kada se nalazimo u prostoriji gde želimo da poboljšamo svoju sposobnost slušanja koja je veoma slaba usled odjekivanja, potrebno je postaviti zvučne apsorbere koji prihvataju energiju zvučnih talasa i pretvaraju je u toplotnu energiju čime amortizuju zvuk tj. upijaju ga.



REŠENJA ZVUČNE IZOLACIJE SA MINERALNOM VUNOM



Mikroskopski prikaz vlakana mineralne vune

Zahvaljujući svojim fizičkim svojstvima, mineralna vuna je najpogodniji izolacioni materijal za obezbeđivanje odgovarajuće kontrole buke.

Efikasnost mineralne vune u obezbeđivanju akustičkog komfora pripisuje se njenoj vlaknastoj i poroznoj strukturi (bezbroy mikrošupljina vazduha) koja je svojstvena samom materijalu. Zvuk se kreće kroz gustu mrežu vlakana i pri tome gubi akustičku energiju.

Ključni faktori akustičkih performansi su:

- **Orijentacija vlakana**
- **Veličina vlakana**
- **Gustina**
- **Hemijski sastav**

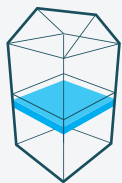
Zahvaljujući širokom spektru proizvoda od mineralne vune Knauf Insulation, moguće je napraviti građevinske kompozitne sisteme koji su u stanju da reše probleme akustike i da obezbede optimalne nivoe zvučnog komfora.

ISTRAŽITE KNAUF INSULATION REŠENJA PROTIV BUKE



ODJEKIVANJE ZVUKA
U ZAJEDNIČKOM
PROSTORU

PLAFONI I
GARAŽE



> KLIK

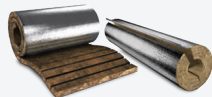


BUKA OD
INSTALACIJA

TEHNIČKA
IZOLACIJA



> KLIK



UDARNA BUKA

PLIVAJUĆI
POD

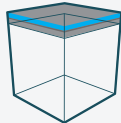


> KLIK

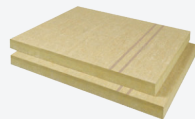


UNUTRAŠNJA / SPOLJAŠNJA VAZDUŠNA BUKA

RAVAN
KROV



> KLIK



KOSI
KROV



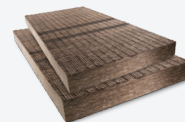
> KLIK



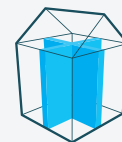
FASADA



> KLIK



PREGRADNI
ZID

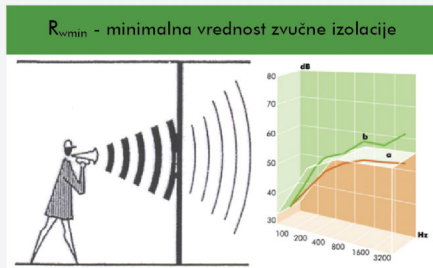


> KLIK

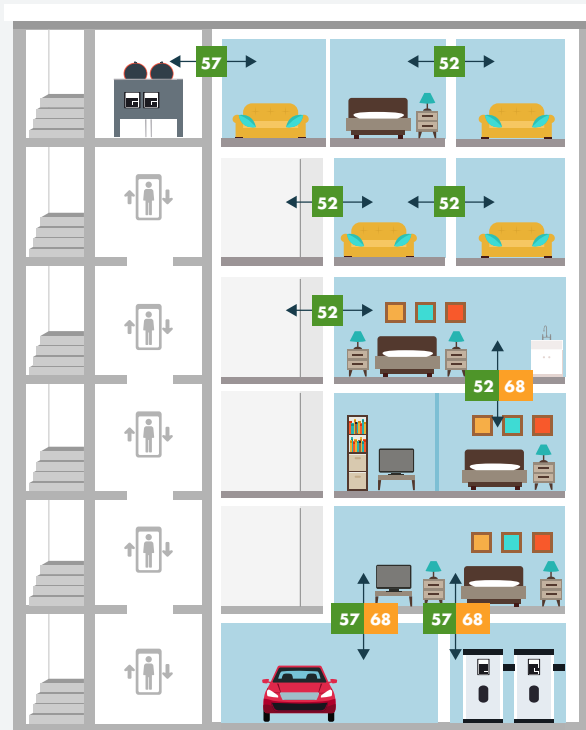


Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201

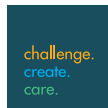
+ STAMBENE I STAMBENO-POSLOVNE ZGRADE



Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R_{min} dB	L_{maks} dB
A	Stambene i stambeno-poslovne zgrade		
A.1	Zid između dva stana; zid bez vrata između sobe stana i zajedničkog stepeništa (hodnika); zid između stana i vaznog okna lifta	52	-
A.2	Zid (zidovi) s vratima između boravišnih prostorija stana i zajedničkog stepeništa (hodnika) - D_{min} .	52	-
A.3	Zid između stana i garaže	57	-
A.4	Zid između stana i prostorije druge namene (poslovne prostorije, prodavnice, prostorije kućnog saveta, zajedničke prostorije za smeće i sl.)	55	-
A.5	Zid između susednih stanova u dvojnoin objektu, dve lamele, zgrade u nizu i sl.	52	-
A.6	Zid između stana i bučnih (pogonskih ili poslovnih) prostorija	57	-
A.7	Zid između stana i vrlo bučnih prostorija	posebne mere	
A.8	Tavanica između bilo kojih prostorija dva stana; tavanica ispod stana, a iznad podruma, spremišta stanara, ulaznih prostora i sl.	52	68
A.9	Tavanica ispod stana, prema prostorijama druge namene (poslovnim prostorijama, prodavnicama, prostorijama kućnog saveta, zajedničkim prostorijama za smeće, zajedničkim ostavama, sušionicama i sl.)	57	68
A.10	Tavanica iznad stana, prema prostorijama druge namene (poslovnim prostorijama, prodavnicama, prostorijama kućnog saveta, zajedničkim prostorijama za smeće, zajedničkim ostavama, sušionicama i sl.)	57	58
A.11	Tavanica ispod stana prema garaži	57	68
A.12	Tavanica iznad stana prema lođi ili terasi drugog stana; tavanica-podest i stepenice stepeništa odnosno hodnika	-	68
A.13	Tavanica iznad stana, prema zajedničkoj terasi	-	63
A.14	Tavanica između stana i bučnih (pogonskih ili poslovnih) prostorija ispod stana	57	68
A.15	Pod bučne prostorije prema stanu iznad i pored Tavanica između stana i bučnih (pogonskih ili poslovnih) prostorija iznad stana	-	48
A.17	Tavanica između stana i vrlo bučnih prostorija	57	48
		posebne mere	



Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201



+ POSLOVNE ZGRADE

Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R _{wmin} dB	L _{wmaks} dB
B	Poslovne zgrade i poslovne prostorije u drugim zgradama		
B.1	Zid između prostorija dva korisnika	52	-
B.2	Zid bez vrata između prostorije za intelektualni rad i prostorija za sastanke prema prostorijama za drugu namenu istog korisnika	44	-
B.3	Zid bez vrata između kancelarijskih prostorija; zid bez vrata između prostorija za intelektualni rad istog korisnika	42	-
B.4	Zid prema bučnoj pogonskoj prostoriji	57	-
B.5	Zid prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	
B.6	Sve tavanice između poslovnih prostorija; tavanice ispod poslovnih prostorija prema holovima, hodnicima i sl.	52	68
B.7	Tavanice iznad poslovnih prostorija prema holovima, hodnicima i sl.	52	63
B.8	Tavanica prema bučnoj (pogonskoj ili poslovnoj) prostoriji	57	68
B.9	Tavanica prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	



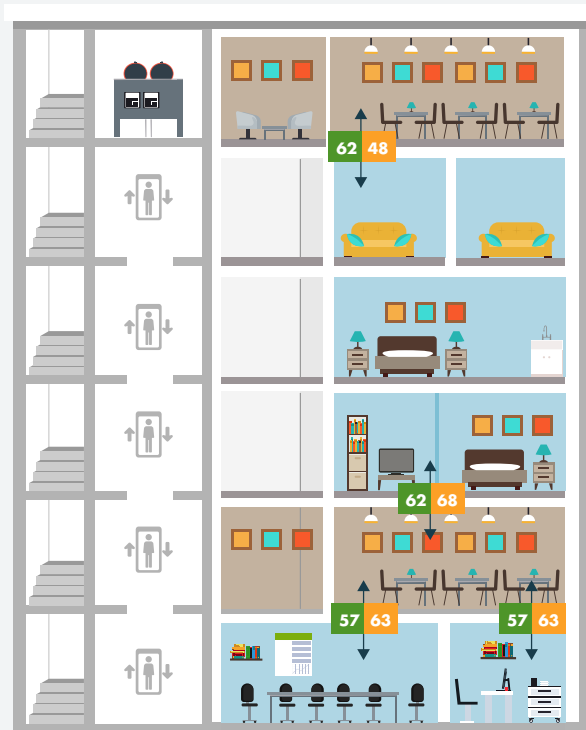
Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201

challenge.
create.
care.

KNAUFINSULATION 15

+ RESTORANI

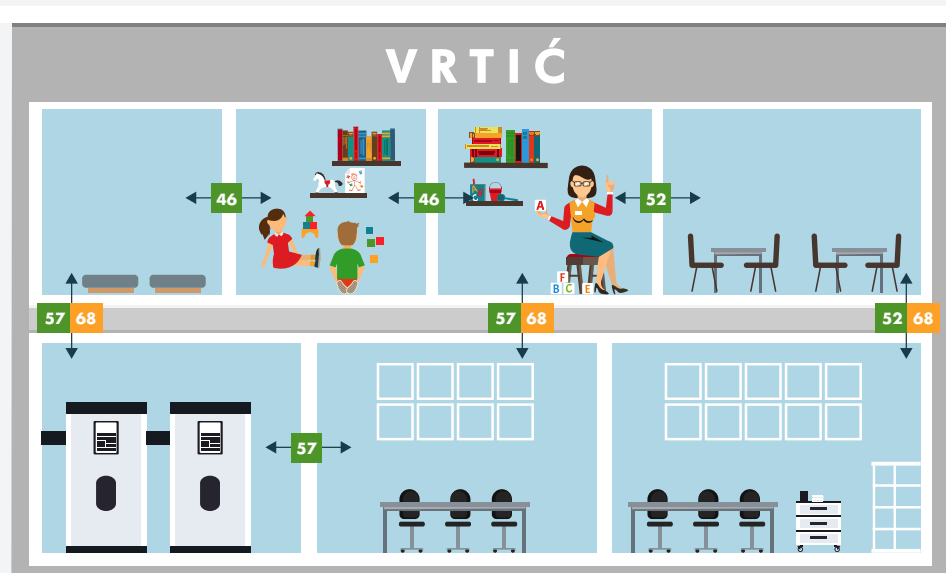
Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R _{min} dB	L _{max} dB
C	Restorani (kafe-restorani, picerije, snek-barovi i sl.), prostorije za igru i zabavu, bioskopi (video klubovi i sl.), zanatski pogoni i sl. - prema stanovima ili tuđim poslovnim prostorijama		
C.1	Razdelni zid prema stanu	62	-
C.2	Zid prema poslovnim prostorijama drugog korisnika	57	-
C.3	Tavanica prema stanu ispod	62	48
C.4	Tavanica prema stanu iznad	62	68
C.5	Pod lokala prema stanu iznad i pored	-	48
C.6	Tavanica prema poslovnim prostorijama drugog korisnika	57	63



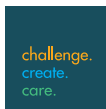
Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201

+ USTANOVE ZA PREDŠKOLSKU DECU, DEČIJI VRTIĆI, DEČIJE JASLE

Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R_{wmin} dB	L_{wmax} dB
G	Ustanove za predškolsku decu, dečiji vrtići, dečije jasle i sl.		
G.1	Zid bez vrata između prostorija za dnevni boravak dece; zid bez vrata između spavaonica	46	-
G.2	Zid bez vrata između prostorija za dnevni boravak dece ili spavaonica i prostorija za druge namene	52	-
G.3	Zid prema bučnoj prostoriji	57	-
G.4	Sve tavanice izuzev pod G.5 i G.6	52	68
G.5	Tavanica prema donjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	68
G.6	Tavanica prema gornjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	48

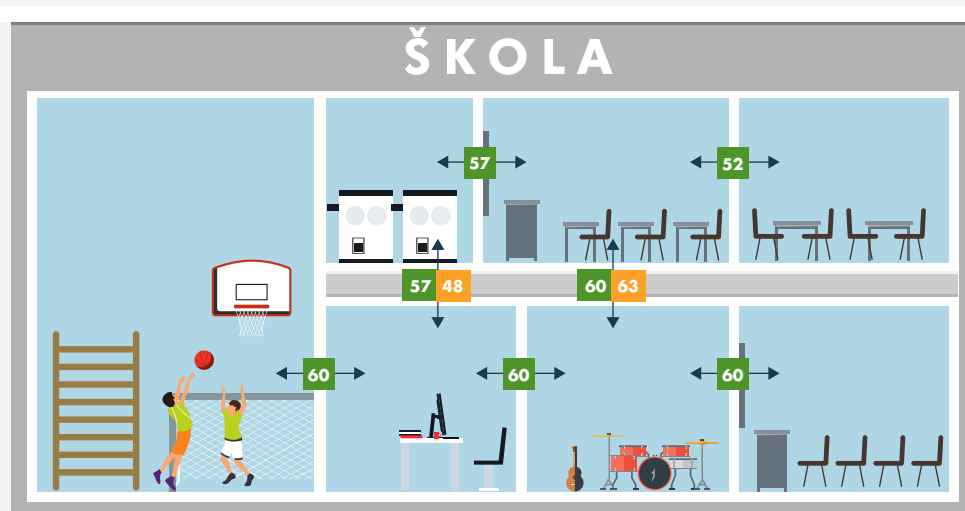


Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201

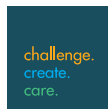


+ ŠKOLE, FAKULTETI I SLIČNO

Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R_{wmin} dB	L_{wmax} dB
F	Škole, fakulteti i sl.		
F.1	Zid bez vrata između učionica ili između laboratorija; zid bez vrata između učionica i kabineta; zid bez vrata između učionica i prostorija za druge namene; zid između kabineta	52	-
F.2	Zid između učionice ili kabineta i dvorana za telesno, opštetehničko, muzičko i sl. vaspitanje - D_{wmin} .	60	-
F.3	Zid s vratima između učionice ili kabineta i hodnika - D_{wmin} .	37	-
F.4	Zid prema bučnoj pogonskoj prostoriji	57	-
F.5	Zid prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	
F.6	Tavanica između učionice ili kabineta i dvorane za telesno, opštetehničko, muzičko i sl. vaspitanje	60	63
F.7	Tavanica prema donjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	68
F.8	Tavanica prema gornjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	48
F.9	Tavanica prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	

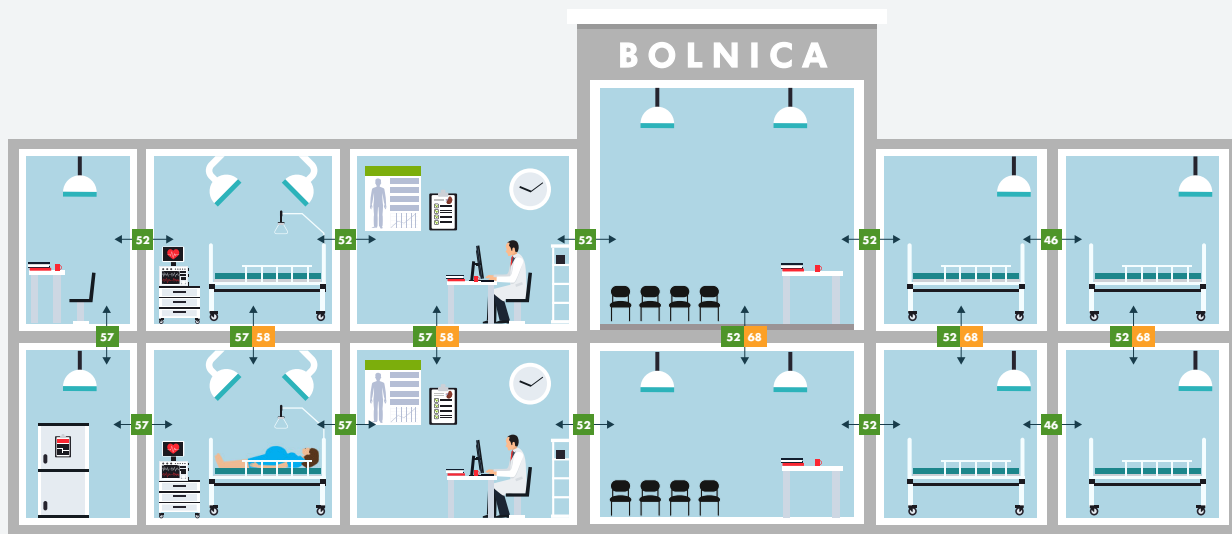


Akustika u zgradarstvu: Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada JUS U.J6.201



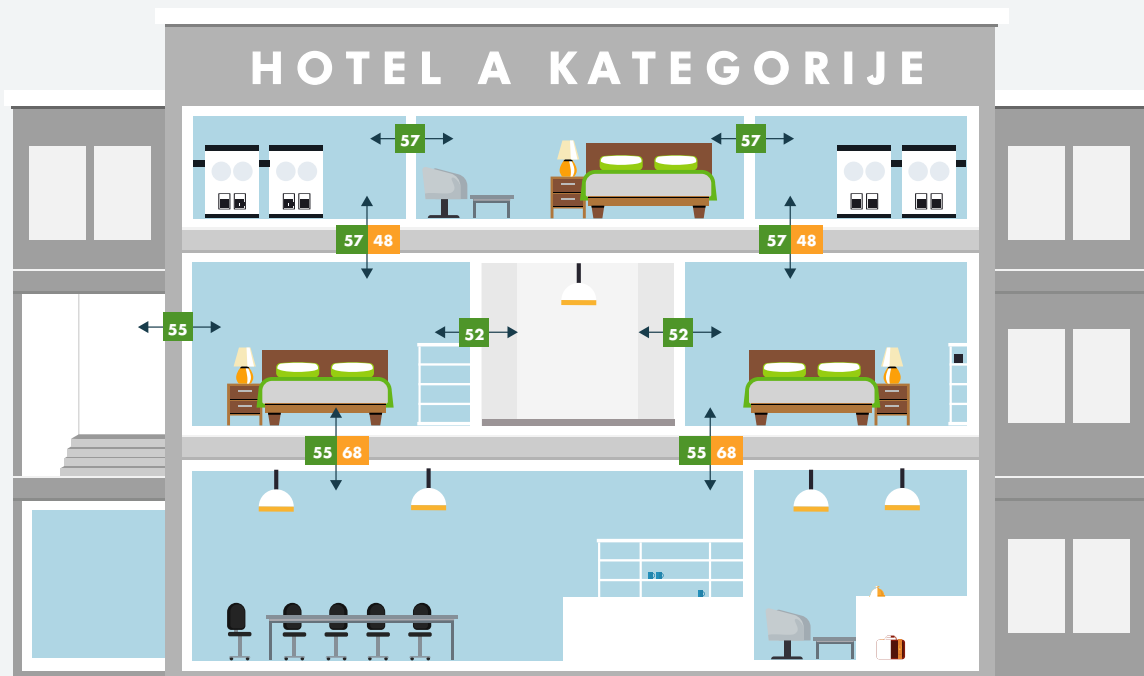
+ BOLNICE, KLINIKE, DOMOVI ZDRAVLJA

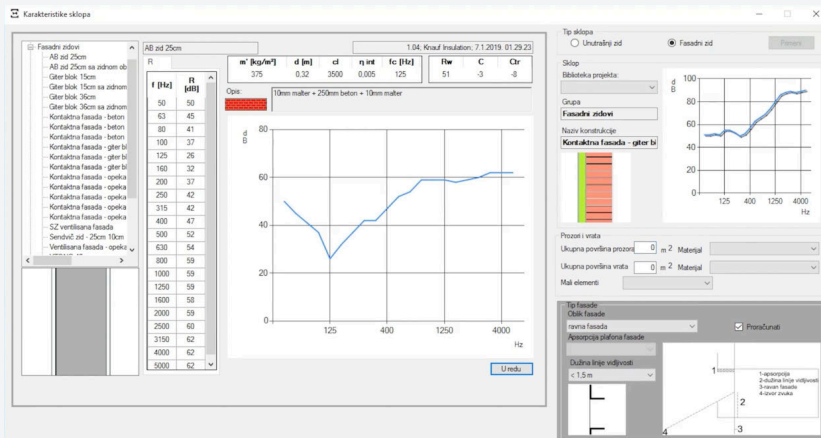
Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R_{wmin} dB	L_{wmax} dB
E	Bolnice, klinike, domovi zdravlja i sl.		
E.1	Zid između bolesničkih soba	46	-
E.2	Zid između bolesničke sobe i susedne ili najbliže prostorije druge namene osim hodnika - R_{wmin} , ili D_{wmin} .	49	-
E.3	Operacione sale ili blokovi prema ostalim susednim ili bliskim prostorijama (čekaonicama, hodnicima, ambulantama - R_{wmin} , ili D_{wmin} .	52	-
E.4	Porodilišta prema ambulantama i sl. - D_{wmin} .	57	-
E.5	Zid bez vrata između ordinacija, ambulanti i sl.	47	-
E.6	Zid s vratima između ordinacija, ambulanti ili prema hodniku, čekaonici i sl. - D_{wmin} .	44	-
E.7	Zid prema bučnoj pogonskoj prostoriji	57	-
E.8	Zid prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	
E.9	Sve tavanice u bolničkom traktu	52	68
E.10	Sve tavanice osim navedenih u E.9, E.11 i E.12	57	58
E.11	Tavanica prema bučnoj pogonskoj prostoriji	57	-
E.12	Tavanica prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	



+ HOTELI, MOTELI, STUDENTSKI DOMOVI, SAMAČKI HOTELI, STARAČKI DOMOVI

Redni broj	FUNKCIJA PREGRADE	R_{wmin} dB	L_{smala} dB
D	Hoteli, moteli, studentski domovi, samački hoteli, starački domovi sl.		
D.1	Zid između hotelskih soba (hotelskih jedinica) hotela B kategorije i nižih kategorija; zid između soba samačkih hotela; zid između soba (jedinica) u domovima penzionera; zid između soba studentskih domova	46	-
D.2	Zid između hotelskih soba (hotelskih jedinica) hotela A kategorije i viših kategorija; zid bez vrata između boravišnog dela hotelske/stambene jedinice i hodnika	52	-
D.3	Boravišni deo hotelske/stambene jedinice sa vratima prema hodniku, zvučna izolovanost D_{wmin} .	46	-
D.4	Zid između hotelskih ili stambenih soba prema prostorijama za druge opšte namene (prema salonima, restoranima, holovima i sl.) - R_{wmin} ili D_{wmin} .	55	-
D.5	Zid prema bučnoj pogonskoj prostoriji	57	-
D.6	Zid prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	
D.7	Tavanica između hotelskih soba odnosno stambenih jedinica	52	68
D.8	Tavanica ispod hotelskih soba odnosno stambenih jedinica, prema prostoru druge namene (salonu, restoranu, holu)	55	68
D.9	Tavanica iznad hotelskih soba odnosno stambenih jedinica, prema prostoru druge namene (salonu, restoranu, holu)	55	48
D.10	Tavanica prema donjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	68
D.11	Tavanica prema gornjoj bučnoj pogonskoj prostoriji	57	48
D.12	Tavanica prema vrlo bučnoj prostoriji	posebne mere	





KSI softverski paket je program za izračunavanje zvučne izolacije koji je Knauf Insulation razvio zajedno sa kompanijama Knauf i Dirigent Acoustics, na čelu sa Dejanom Todorovićem i njegovim timom koji se ubrajaju među najveće stručnjake u Srbiji u oblasti zvučne zaštite.

KSI (Knauf Sound Insulation) softverski paket je alat čija je namena pomoć pri projektovanju zvučne izolacije, zaštite od buke i akustike različitih građevinskih objekata. Prvenstveno je namenjen primeni Knauf Insulation i Knauf materijala, ali baza podataka nudi i konvencionalne materijale u arhitekturi i građevinarstvu.

Softver je jednostavan za korišćenje, a projektanta usmerava ka optimalnom rešenju. Metoda proračuna zvučne izolacije je u skladu sa harmonizovanim standardom SRPS EN 12354. Osim laboratorijski izmerenih vrednosti, u obzir se uzimaju i geometrija prostorija, izolaciona moć svih pregrada, kao i slabljenje pri prolasku zvuka na spojevima.

Osnovna prednost ovog programa je što za rezultat daje realne vrednosti koje se mogu očekivati na gradilištu, a ne vrednosti koje korespondiraju laboratorijskim vrednostima, koje se praktično nikada ne mogu očekivati na gradilištu. Program pruža mogućnost izračunavanja zvučne izolacije fasadnih zidova kao i izrade lžeštaja/Elaborata zvučne izolacije.

Program se može besplatno preuzeti na našem sajtu, na linku: <https://www.knaufinsulation.rs/ksi-knauf-sound-insulation>

KNAUF INSULATION PODRŠKA

- Konsultacije u vezi sa adekvatnim proizvodima i primenom
- Softver Knauf Sound Insulation (KSI). Besplatno preuzimanje: <https://www.knaufinsulation.rs/ksi-knauf-sound-insulation>
- Podrška pri projektovanju zvučne izolacije u vidu proračuna u softveru Insul



Za sve dodatne informacije na temu zvučne izolacije pišite našoj tehničkoj podršci na:

marija.andjelic@knaufinsulation.com

Knauf Insulation d.o.o. Beograd

Batajnički drum 16b,
11080 Zemun - Beograd
office.belgrade@knaufinsulation.com
Tel.: +381 (11) 3310 800
www.knaufinsulation.rs

challenge.
create.
care.