

primljen: 15.11.2023.  
korigovan: 22.01.2024.  
prihvaćen: 27.01.2024.

Pregledni rad

UDK : 699.844  
<https://doi.org/10.62683/NiP27.69-76>

## PRIMENA SAVREMENIH APSORPCIONIH MATERIJALA ZA POBOLJŠANJE ZVUČNE IZOLACIJE U ZGRADAMA

Nataša Ćirović<sup>1</sup>, Đorđe Đuričić<sup>2</sup>, Aleksandar Jevđić<sup>3</sup>

**Rezime:** U današnje vreme, nov način građenja i upotreba novih građevinskih materijala izvode se u svrhu bržeg, jeftinijeg i kvalitetnijeg građenja. Upotreba modernih građevinskih materijala ima i svoju lošu stranu, a to je da oni manje apsorbuju zvuk od klasičnih, masivnijih materijala, čime se pojačava nivo buke i ometanje ljudi za vreme boravka u zgradama. Upotreba novih materijala omogućuje izvođenje bolje zaštite od buke koja je efikasnija nego ranije. Istovremeno, različite funkcije zgrada postavljaju nove zahteve u postizanju kvalitetne zvučne izolovanosti. Gradska sredina uslovljava veliku gustinu naseljenosti i da bi se postigao mir doma i funkcionisao saživot veće količine ljudi na manjem prostoru, koje karakterišu različiti načini života i aktivnosti, neophodno je izolovati mesta za život od neželjenih zvukova. To se ne odnosi samo na spoljnu buku, već i na onu koja se horizontalno i vertikalno prenosi, i to preko konstrukcije objekta. U radu su analizirani problemi gde se i kako javlja buka koja se prenosi preko konstrukcije objekta, zatim elementi koji prenose buku, kao i analiza akustičkih karakteristika prostorija i primena apsorpcijskih materijala u funkciji poboljšanja zvučne izolovanosti u stanovima višespratnica.

**Ključne reči:** zvuk, zvučna izolacija, poboljšanje zvučne izolacije, akustika prostora, apsorpcija zvuka, apsorpcijski materijali

## APPLICATION OF MODERN ABSORPTION MATERIALS FOR IMPROVING SOUND INSULATION IN BUILDINGS

**Abstract:** Nowadays, a new way of building and the use of new building materials are carried out for the purpose of faster, cheaper and better quality construction. The use of modern building materials has its downside: they absorb less sound than classic, more massive materials, which increases the noise level and disturbs people during their stay in buildings. The use of new materials makes it possible to perform better noise protection that is more effective than before. The urban environment conditions a high density of population and in order to achieve peace at home and the coexistence of a large number of people in a small space, characterized by different ways of life and activities, it is necessary to isolate living spaces from unwanted sounds. This applies not only to external noise, but also to that transmitted horizontally and vertically, through the structure of the building. The paper analyzed the problems of where and how noise transmitted through the construction of the building occurs, the elements that transmit noise, as well as the analysis of the application of absorption materials in order to improve sound insulation in multi-story apartments.

**Key words:** sound, sound insulation, sound insulation improving, space acoustics, sound absorption, absorption materials

<sup>1</sup> Doktor nauka, Prof.struk.stud., Akademiji strukovnih studija Zapadna Srbija, Odsek Užice, [natasacirovicvv@gmail.com](mailto:natasacirovicvv@gmail.com)  
ORCID N/A

<sup>2</sup> Doktor nauka, Prof.struk.stud., Akademiji strukovnih studija Zapadna Srbija, Odsek Užice, [djordje.djuricic@vpts.edu.rs](mailto:djordje.djuricic@vpts.edu.rs)  
ORCID N/A

<sup>3</sup> Student Master strukovnih studija Građevinsko inženjerstvo, Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, Odsek Užice, [balkangradnjauzice@gmail.com](mailto:balkangradnjauzice@gmail.com)  
ORCID N/A

## 1 UVOD

Zvučna zaštita je skup mera kojima se, arhitektonskim rešenjem, kontroliše prostiranje zvuka i sprečavaju uslovi da zvuk postane buka. Adekvatna zvučna izolacija i kvalitetna gradnja u velikoj meri utiču na prodor buke. Međutim, putevi prostiranja zvuka ne vrše se samo od spolja ka unutra, već i kroz unutrašnjost čitavog objekta preko konstrukcije objekta, bilo horizontalno ili vertikalno. Karakteristični svakodnevno prisutni zvuci koji se mogu prenositi kroz konstrukciju objekta su: bat koraka, trčanje, bušenje zida, škripa kreveta, povlačenje stolica po podu, kucanje eksera na zid, udar vratima bilo unutrašnjim ili balkonskim, kućni uređaji kao što su veš mašina, klima uređaji i sl. (ovi izvori proizvode tzv. udarni zvuk, onaj koji nastaje direktnim mehaničkim udarcima na konstrukciju), (Slika 1).



Slika 1 - Primeri buke sa svih strana koji prodiru do stana u sredini [1]

Veoma je bitno naglasiti da se rešenja po pitanju zvučne izolacije u zgradama, moraju dati u ranoj fazi projektovanja i moraju se ugraditi tokom izgradnje objekta, jer naknadni pokušaji su u nekim pozicijama neizvodljivi, a pozicije gde se može naknadno izvesti zvučna izolacija nisu ni blizu rezultatima koji se postižu kad se zvučna izolacija ugradi tokom izgradnje.

### 1.1 ZVUČNA IZOLACIJA

Zvučna izolacija je svojstvo građevinske konstrukcije da u što većoj meri spreči prenošenje zvučne energije iz jednog prostora u drugi. Zvučna izolacija se deli na:

- zvučnu izolaciju od udarne buke (prenosi se konstrukcijom ili krutim medijem) i
- zvučnu izolaciju od prostorne buke (prenosi se vazduhom putem vazдушnih talasa).

S obzirom na to da nije moguće izolovati sve izvore buke, a nije prirodno da se zaštitimo od primanja svih zvukova, moramo pronaći način da sprečimo dolazak samo neusklađenih i složenih zvučnih talasa [2].

### 1.2 ZVUČNA IZOLACIJSKA MOĆ, $R_w$

Metoda koja se najčešće radi za određivanje zvučne izolacije je zvučna izolacijska moć  $R_w$  i izražava se u decibelima (dB). Zvučna izolacijska moć  $R_w$ , za neki materijal iskazan u dB, ne pokazuje koliko buke taj materijal propušta, već iskazuje za koliko dB on smanjuje njen nivo.

Na primer: ako je spoljna ulazna buka 100 dB, a prozor sa jednostrukim staklom  $d = 4\text{mm}$ ,  $R_w = 30\text{dB}$ , odnosno, smanjuje buku za 30 dB, u prostor nam ulazi buka od 70 dB.

Zvučna izolacijska moć,  $R$ , je fizička veličina koja opisuje građevinsku konstrukciju (zid, međuspratnu konstrukciju, vrata, prozor i sl.) u pogledu zvučne izolacije od prostorne buke. Zvučna izolacijska moć,  $R_w$ , određuje se u laboratorijskim uslovima i propisano je standardima. Zvučna izolacijska moć data je izrazom (1):

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \quad (1)$$

gde je:

$L_1$  – nivo zvučnog pritiska u predajnoj prostoriji,

$L_2$  – nivo zvučnog pritiska u prijemnoj prostoriji,

$S$  – površina kroz koju zvučna energija prolazi,

$A$  – ukupna apsorpcirana površina u prijemnoj prostoriji.

Veličine  $L_1$ ,  $L_2$  i  $A$  određuju se u tercnim opsezima. Zvučna izolacijska moć se po pravilu daje u tehničkim uslovima kojim se ostvaruje zvučna izolacija [2].

## 2 APSORPCIONI MATERIJALI

Svi materijali i predmeti u nekoj prostoriji apsorbuju zvuk. Kad se govori o apsorpcijskim materijalima, misli se na one kojima je osnovni zadatak da svojim akustičkim svojstvima proizvedu kontrolisanu apsorpciju. Svrha takvih akustičkih materijala i elemenata je da u praksi:

skrate vreme odjeka,

otklone pojavu jeke i

priguše buku.

Zvuk se u nekom materijalu apsorbuje na taj način što se pretvori u drugi oblik energije i konačno, u toplinu.

U praktičnoj građevinskoj akustici, susreću se tri vrste apsorpcijskih materijala i elemenata:

- porozni,
- membranski i
- rezonatorski materijali [3].

## 2.1 APSORPCIJA ZVUKA U POROZNIM MATERIJALIMA

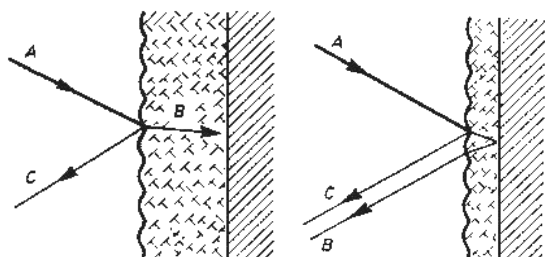
Tipični porozni, apsorpcijski materijali su tekstilni produkti od vune, pamuka i svile, izrađevine od biljnih niti (koks, juta i dr.), vlakna, mineralna vuna, sunđer, strugotine od drveta, staklena vuna itd.

U njima se zvuk apsorpira na taj način što on potakne vazduh u porama na titranje pa se trenjem vazduha o zidove pora, zvučna energija „poništava“, tj. pretvara u toplinu. Ona se u porama troši i zbog razmene topline zidova materijala i ugrejanog ili ohlađenog razređenog vazduha [3].

Koeficijent apsorpcije poroznih materijala zavisi od:

- debljine sloja,
- frekvencije,
- otpora strujanja,
- poroznosti i
- faktora strukture.

U debljem poroznom sloju (Slika 2), apsorbuje se cela zvučna energija koja prodire u sloj i pretvara se u toplinu, pa je koeficijent određen samo reflektujućem delom. Ako je sloj tanak, (Slika 3), jedan deo zvučne energije, koji prođe kroz sloj, reflektuje se od čvrstine materijala i koeficijent apsorpcije manji [3].



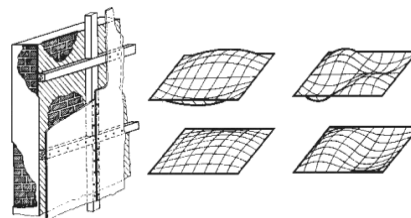
Slika 2 - Apсорpcija zvuka u debelom sloju poroznog apsorbera [3]

Slika 3 - Apсорpcija zvuka u tankom sloju poroznog apsorbera [3]

## 2.2 APSORPCIJA ZVUKA U MEMBRANSKIM MATERIJALIMA – MEMBRANSKI APSORBERI

U praksi se membranski apsorberi izvide tako što se preko rešetke od letava pričvrsti tanka ploča ili membrana od drveta, kartona, kože uljnog platna i sl.

Apsorpcija nastaje tako da deo ploče koji pokriva pojedino polje rešetke pod delovanjem zvučnih talasa titra, što troši energiju zvuka. Ploča može titrati na više načina (Slika 4). Najveća apsorpcija nastaje na osnovnoj rezonantnoj frekvenciji.



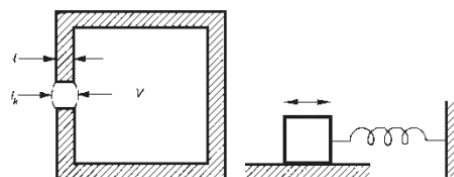
Slika 4 - Primer konstrukcije membranskog apsorbera i nekoliko načina titranja ploče [3]

Koeficijent apsorpcije membranskih apsorbera može se znatno povećati ako se porozni apsorpcijski materijali stave u prostor zračnog jastuka. Pritom, nije potrebno ispuniti celi prostor, dovoljno je da se materijal stavi samo uz okvir. Menjanjem debljine ploče, debljine zračnog jastuka i načinom akustičke obrade prostora iza ploče, može se mnogo uticati na vrednost koeficijenta apsorpcije zvuka.

U građevinama i unutrašnjoj opremi prostorija, ima mnoštvo nehotičnih membranskih apsorbera. Spušteni plafon od gipsa, drvene obloge ili lamperija, ormari, prozori, vrata itd., sve su to apsorberi koji povoljno deluju na niskim frekvencijama jer smanjuju vreme odjeka. Poznat je neprijatan osećaj u podrumima, kupaonicama i sličnim prostorijama gde nema apsorbera membranskog tipa, pa je vreme odjeka u niskom frekvencijskom opsegu vrlo dugo.

## 2.3 APSORPCIJA ZVUKA U REZONATORSKIM MATERIJALIMA REZONATORSKI APSORBERI

Za rezonatorske apsorbere upotrebljavaju se akustički rezonatori. To su kutije ili posude s otvorom kojima zrak u otvoru, grlu, predstavlja masu koja pod djelovanjem zvučnog tlaka titra, a volumen zraka u samoj kutiji ili posudi, služi kao opruga (Slika 5) [4,5,6].



Slika 5 - Akustični rezonator i analogni mehanički rezonator [4,5,6]

### 3. PRIMERI PROBLEMA PRENOŠENJA BUKE PREKO KONSTRUKCIJE OBJEKTA

Prilikom finalnog izvođenja podova, završni slojevi se ugrađuju u skladu sa nacrtima projekatana, kao „plivajući pod“ sa slojem projektovane zvučne izolacije. Međutim, i izrada „plivajućeg poda“ sa zvučnim izolatorom u podu, koji zadovoljava kriterijume, bez ostalih tretiranja elemenata objekta zvučnom izolacijom (AB, zidovi, otvori itd.) neće dati onakve rezultate kakvi mogu biti nakon tretiranja svih elemenata objekta. Kada se govori o zvučnoj izolaciji planiranog objekta, potrebno je izbegavati mnoštvo betonskih zidova.

Konstrukcija objekta u izgradnji, sa pretežno betonskim zidovima, je, upravo, takva, da neće pružiti potreban komfor vlasnicima stanova što se tiče zvučnog komfora, odnosno, rešenja zvučne izolacije su gotovo rezultatski neizvesna (Slika 6 a).



a)



b)

Slika 6 – Objekti u izgradnji (dokumentacija autora)



Slika 7 - Zvučni izvor koji uzrokuje prenošenje zvučnog talasa na konstrukciju objekta (dokumentacija autora)



Slika 8 - Zvučni izvor ne može da prenese zvučni talas na konstrukciju objekta (dokumentacija autora)

Objekat u izgradnji sa konstrukcijom objekta takvom da će pružiti potreban komfor vlasnicima stanova, odnosno rešenja zvučne izolacije su veoma izvesna (Slika 6 b).

Konstruktivni sistem je idealan za projektovanje zvučne izolacije. AB stubovi, AB platna i AB tavanice će prenositi zvukove i buku, kroz celu zgradu, onoliko koliko im mi to dozvolimo, posmatrajući sa strane zvučne izolovanosti. Zidovi su ozidani klima blokom  $d = 25\text{cm}$ , na klasičan način, tj. kao ispunjena između AB i dodiruju AB konstrukciju u rasteru sa sve 4 strane (Slika 6 b). Postavljena je fasadna stolarija, a vrh stolarije (iznad kutije za roletnu) je maksimalno postavljen dodirujući AB serklaže, na svim etažama. Međutim, neželjeni efekat je da će se zvukovi i buka prenositi:

- preko AB,
- preko ozidanih zidova koji će zvučne talase i vibracije prenositi na AB i
- od zatvaranja (udara) krila prozora i balkonaca, koji će zvučne talase i vibracije prenositi na AB, kao i na ozidane zidove koji će dalje prenositi na AB.

Analizirajući, dalje, objekat (Slika 6 b), npr. prilikom bušenja zida u cilju postavljanja police na taj zid, buka će se prenositi i širiti kroz ceo objekat bez mogućnosti određivanja sa koje etaže taj neprijatan zvuk bušenja dolazi. Prenošanjem preko konstrukcije, zvuk postaje dosta jači nego što je to na mestu gde se bušenje zida obavlja, što je u modernoj arhitekturi i građevinarstvu nedopustivo

Primer zvučnog izvora, u jednom stanu, gde se iznutra buši zid za postavljanje npr. police ispod prozora (Slika 7), pokazuje da se tokom bušenja opekarskog bloka prenosi zvuk na ozidani zid, a ovaj, dalje, prenosi zvuk na AB i sve tako dalje, kroz ceo objekat, dok neprijatnost ne utihne. Svaki od stanova ili većina stanova (najugroženiji su susedni stanovi) ove zgrade će biti izložena buci, bilo ona jača ili slabija.

Isti zvučni izvor, sa zvučnim izolatorom koji je napravio prekid između opekarskog bloka i AB, ne može da prenese zvučni talas na konstrukciju objekta (Slika 8). Zvučni izvor će emitovati zvučni talas koji će se odmah amortizovati i raspršiti u zvučnu izolaciju, delom će se reflektovati i nema daljeg prolaska zvučnog talasa kroz konstrukciju objekta. Na ovaj način, rešeno je prenošenje zvučnog talasa od udara zatvaranja krila prozora i balkonaca, jer je na gornjoj stranici postavljen zvučni izolator, koji pored toga što ima zadatak da spreči zvučni talas da se prenese na konstrukciju objekta, ujedno i upija zvučni talas koji bi se napravio udarom krila prozora, a koji bi se, da nema zvučnog izolatora, preneo na konstrukciju objekta. U ovom slučaju, prilikom projektovanja otvora, projektovana zidarska visina

otvora mora da bude viša za 1-2cm, radi smeštanja zvučnog izolatora na gornjoj stranici, ukoliko su otvori pozicionirani (Slika 8), tj. da su prozori odmah ispod AB serklaža.



**Slika 9 - Pregradni zidovi u objektu (dokumentacija autora)**

U slučaju klasično ozidanih pregradnih zidova, predloženi pregradni zid može biti tvrdo oslonjen na AB tavanicu, kao i vrh koji je podzidan pod AB tavanicu (Slika 9).



**Slika 10 - Zvučni izvor preko pregradnog zida vrši prenošenje zvučnog talasa (dokumentacija autora)**

**Slika 11 - Zvučni izvor ne može da prenese zvučni talas na konstrukciju objekta (dokumentacija autora)**

Bušenjem zida za postavljanje npr. polica (Slika 10) dolazi do emitovanja zvučnog izvora. Bušenje opekarskog bloka prenosi zvuk na ozidani zid, a ovaj, dalje, prenosi zvuk na AB kroz ceo objekat, dok neprijatnost ne utihne. Svaki od stanova ili većina stanova, najugroženiji su susedni stanovi ove zgrade, će biti izložena buci, bilo ona jača ili slabija. Isti zvučni izvor, koji ne može da prenese zvučni talas na AB tavanice prikazan je na (Slika 11).

Treba napomenuti da predloženi modeli važe za presecanje spoja blokova i AB konstrukcije, a sa ciljem da se spreči prenos zvučnog talasa dalje na konstrukciju objekta. Ono što može da prenese zvučni talas dalje na konstrukciju su AB platna, koja su ujedno i zid u nekom stanu. Zato je formiranje konstruktivnog sistema i postavljanje AB platana samo tamo gde je to neophodno zbog seizmike, veoma važno. Potrebno je imati što više zidanih zidova u rasterima, jer upravo na zidove možemo

primeniti apsorcijske materijale koji će sprečiti prenošenje buke dalje na konstrukciju.

## 4 PREDLOZI I PRIMENA MODERNIH APSORCIONIH MATERIJALA

### 4.1 APSORBER U „PLIVAJUĆEM PODU“ – AKUSTIK TERM E70



**Slika 12 - Akustik term E700 [7]**

Akustik Term E700 (Slika 12), je višenamenski porozni apsorber zvuka sličan Azmafonu, koji se proizvodi u vidu filcanog tepiha od fino raščešljanih pamučnih vlakana povezanih smolom. Proizvodi se u debljinama od 1, 2 i 3cm, a standardne dimenzije su 109 x 92cm. Ono što izdvaja Akustik Term E700 u odnosu na konkurentske proizvode su rezultati ispitivanja koja su pokazala da se Akustik Term E700 u manjim debljinama može koristiti kao odlično rešenje za ispunjavanje usklađenosti sa vrednostima predviđenim važećim propisima. Materijal u debljini od 2 ili 3cm, će pružiti izuzetne rezultate u stambenim zgradama, a posebno je pogodan za zahtevnije prostorije koje se nalaze u objektima, kao što su studija, bioskopi, noćni klubovi, teretane, luksuzni apartmani, hotelske sobe i slično (Tabela 1).

**Tabela 1 – Rezultati ispitivanja izolacije - Akustik Term E700 [7]**

Poboljšanje izolacije od zvuka udara rema SRPS EN ISO 717 – 2:2015		
AKUSTIK TERM E700	1cm	$\Delta L = 27\text{dB}$
	2cm	$\Delta L = 33\text{dB}$
	3cm	$\Delta L = 39\text{dB}$

### 4.2 APSORBER ZIDA IZMEĐU DVA STANA – PLUTA

Pluta je prirodan, ekološki, biorazgradiv i potpuno obnovljiv materijal. Takođe, jedan je od najboljih zvučnih i toplotnih izolatora, a koristi se i kao dekorativni element u vidu zidnih i podnih obloga, ali i nameštaja i detalja, Slika 13. Pluta važi za oblogu redukovane akustičnosti koja dobro apsorbuje udarce i upija sve šumove i periferne zvukove iz prostora pa



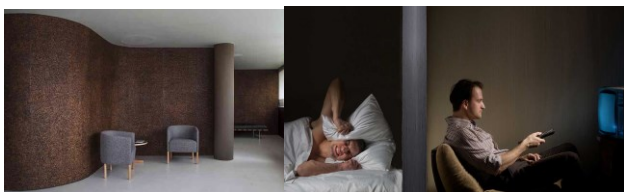
se, pre svega, preporučuje kao kvalitetan zvučni izolator.



Slika 13 – Pluta [8]

Uz to, ima i niz odličnih osobina:

- Izuzetan je i termoizolator, a kada se koristi kao podna obloga spada u red toplih podova; pluta za izolaciju može imati nepromenjene toplotne performanse i do 50 godina;
- Ima antialergijska i antistatička svojstva, odnosno nije povoljna podloga za razvoj gljivica i razmnožavanje grinja, u njoj se ne zadržava prašina niti izaziva alergijske reakcije kod dece ni kod odraslih;
- Nije plesniv materijal, ne trune i ne napadaju je insekti;
- Propušta paru i vazduh;
- Lako se seče i kroji, samim tim i lako ugrađuje;
- Otporna je na vodu;
- Ima neograničen vek trajanja;
- Teško sagoreva;
- Posедуje izuzetnu otpornost na vibracije;
- Sporo se ugljeniše.



Slika 14 - Pluta prirodnog izgleda zvučno i dekorativno u enterijeru [8,9]

Slika 15 - Pregradni zid između dva stana i loša zvučna izolacija [8,9]

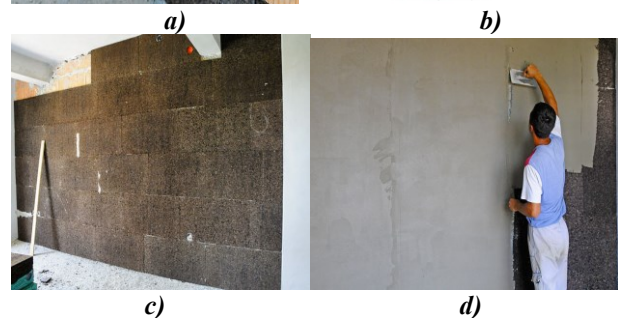
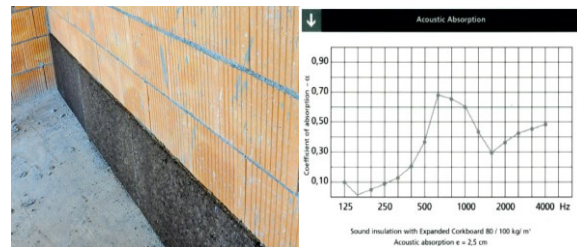
Industrijska pluta se proizvodi u raznim debljinama od 2mm do 5 - 10cm i deblje. U debljini od 1 - 2cm predstavlja dobar odnos cena/performansa.

Ako posmatramo poboljšanje zvučne izolacije između dva stana, pluta se može postaviti na obe strane zida, koji je npr. od giter bloka  $d = 19\text{cm}$ , a koji deli dva stana i time bi se dobila superiornija zvučna izolacija nego sa jedne strane zida. Čak i sa samo

jedne strane indeks  $R_w$  zida se značajno poboljšava, Slika 10.

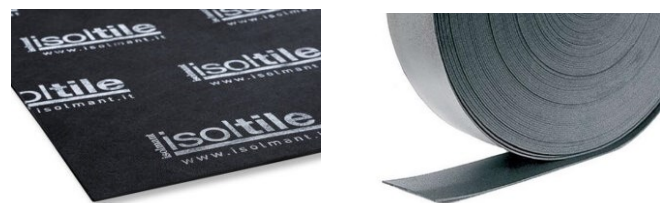
Postavljanjem plute na obe strane zida, gubitak prostora je minimalan: samo 2,5cm, sa jedne strane, računajući građevinski lepak 0.5cm. Osim toga, pluta je potpuno prirodna i ne predstavlja nikakav problem fiksiranja na zid jer se lako prolazi kroz nju. Postavljanje plutanih obloga na zid je jednostavno. Pluta se veoma lako seče sa skalpelom. Pošto je potpuno prirodan materijal ne treba specijalna zaštita pri radu. Ona i miriše fino kada se postavi na zidove.

Pluta obezbeđuje zvučnu i toplotnu izolaciju zidova i plafona. Apsorbuje od 16 - 30 dB zvuka, npr. debljina plute od samo 3mm apsorbuje i smanjuje buku za 19 dB, Slika 16 b). Ujedno, sprečava hladnoću koja se oseća od zidova. Pluta se može ofarbati, okrečiti ili izgletovati (Slika 16 a c d).



Slika 16 - „Amorim“ plutane obloge od industrijske plute debljine 2 cm [8,9]

#### 4.3 APSORBER ISPOD I OKO FASADNIH I PREGRADNIH ZIDOVA



Slika 17 - Isolmant Isotile [10]

Izuzetan apsorber od udarne buke, postavljanjem ispod i oko zida u rasteru AB konstrukcije, prikazan je

na (Slika 8). Može se seći i formirati širina koliko je potrebno da bi se postavio oko zidova, lepiti lepkom istog proizvođača, lepak za keramiku. Postoje i trake koje se proizvode u širinama 10 – 15 – 30cm i samolepljive su. Zbog svojih naprednih performansi, ovaj proizvod, debljine samo 2mm, obezbeđuje poboljšanje izolacije od zvuka udara za 17 dB i više.



**Slika 18 - Isolmant ispod zida [9]**

Ispitivanje apsorbera Isolmant Isoltile vršena su na čvrstoću i pritisak, tako što je parkiran automobil preko apsorbera [11]. Atesti ovog proizvoda potvrđuju da nema deformacije i slabljenja performansi usled opterećenja. Postavljanjem apsorbera ispod zida od klima bloka  $d = 25\text{cm}$ , težina u rasteru (Slika 18) je oko 600kg, a težina Ford Fiesta, na prezentaciji, je 954kg.

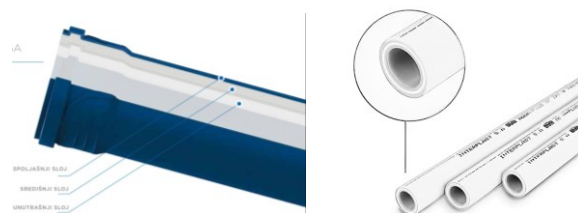
#### 4.4 APSORBER OKO INSTALACIJA – FONODAN BJ



**Slika 19 - Fonodan BJ [12]**

Fonodan BJ je specijalni proizvod namenjen posebno za poboljšanje zvučne izolacije cevi i instalacija. Sastoji se iz filcanog dela i samolepljive akustičke membrane koja povećava masu, snižava rezonancu sistema, povećava elastičnost i eliminiše strukturnu buku. Seče se skalpelom i montira izuzetno lako. Umanjenje buke od cevi iznosi oko 17 dB za jedan sloj. Moguće je i preporučljivo obmotati Fonodan BJ i u više slojeva i time drastično povećati efikasnost zvučne izolacije cevi. Takođe, mogu se koristiti bešumne kanalizacione cevi Peštan S-Line, Slika 15., koji u svojoj strukturi imaju sloj koji apsorbuje zvučne talase. Sastoje se iz tri sloja, spoljašnjeg, srednjeg i unutrašnjeg. Upotrebom ovih

cevi, postiže se nivo zvučne izolovanosti od 12 dB pri protoku otpadne vode.



**Slika 20 - Peštan S-Line [13]**

**Slika 20 - Aqua-plus [14]**

Aqua-plus (Slika 20) vodovodne cevi izrađene su naprednom strukturom materijala i površinskom teksturom tako da osiguravaju male frikcione sile kao i neznatne padove pritiska. Postiže se značajna redukcija nivoa buke u instalacijama.

#### 4.5 APSORBER KLIMATIZACIJE – SYLOMER

Za postavljanje klima uređaja, neophodno je da se prilikom projektovanja, prvo, predvide pozicije klima uređaja, izračuna potreban kapacitet klima uređaja za svaku od jedinica, kao i pozicija i način kanalisanja za povezivanje u skladu sa projektom mašinskih instalacija. Svako naknadno postavljanje spoljašnjih klima jedinica u zgradi, na nepredviđenim mestima, može proizvesti buku (brumove) i uznemiravanje suseda usled neadekvatnog i direktnog postavljanja na krutu strukturu. Primer iz prakse: ukoliko se nosači spoljašnje klima jedinice postave paralelno sa Demit fasadom, buka (brum) u stanovima, odnosno vibracije će biti manje zbog „upijanja“ od strane stiropora. Ipak, u nekom delu doći će do prenošenja usled vibracija preko šrafova koji se duboko šrafe u zid, a koji fiksiraju nosače spoljašnje klima jedinice. Najbolje rešenje je postavljanje spoljašnje klima jedinice na ravni deo krova zgrade, zajedničkih terasa i sl., jer na taj način je moguće postaviti antivibracione podmetače ispod stopa spoljašnje klima jedinice, čime se neutrališe zvučni izvor usled vibracija i prenošenje na konstrukciju objekta (Slika 21).

Sylomer,  $d = 2,5\text{cm}$ , je materijal koji kompletno eliminiše vibraciju. Osim toga, karakteriše ga dug vek trajanja i sjajne statičke i dinamičke karakteristike nosivosti jer postižu ekstremno veliku otpornost na pritisak iako pri tome zadržavaju svoju elastičnost. Takođe, čak i dejstvo preopterećenja ne izaziva trajnu deformaciju već samo veću vrednost deformacije.



Slika 21 - Sylomer ispod spoljašnje klima jedinice (dokumentacija autora)



Slika 22 - Silka blokovi [15]

### 4.6 SILKA BLOKOVI

Silka blokovi su tradicionalan materijal za gradnju, izrađen od potpuno prirodnih sirovina. To su kalcijum silikatni blokovi, velike zapreminske mase, pogodni za gradnju spoljašnjih i unutrašnjih zidova, na svim pozicijama na kojima postoje povećani zahtevi za zvučnom izolacijom. Zidanje ovim blokovima, umesto opekarskih proizvoda, već u startu daje bolju zvučnu izolovanost. Ukoliko se kombinuju sa zvučnim izolatorima, rezultati će biti još bolji, čak do 70 -75 dB, u slučaju veoma malih debljina zidova.

### 5 ZAKLJUČAK

Izloženi smo zvuku koji ne želimo i naši domovi više nisu mirna utočišta kakva bi trebala biti. Činjenica da buka nije samo smetnja nego i pretnja zdravlju, navela je mnoge zemlje da se ozbiljnije pozabave ovim pitanjem. Tako su doneseni mnogi standardi i zakoni kojima se nastoji regulisati nivo buke u čovekovom okruženju. I mi imamo standarde SRPS-U.J6.201 iz 1989.godine, međutim ti standardi ne pružaju onakav nivo zvučne udobnosti kakvu mogu pružiti savremena tehnička rešenja. Pokazalo se da je potreban veći nivo zvučne zaštite radi životnog komfora i inovativna rešenja i ozbiljniji pristup ovom problemu.

Razni moderni izolacijski sastavi i proizvodi koji danas postoje daju temelj za dobra građevinska rešenja zaštite od buke, a samim tim donose bolji kvalitet življenja. Potrebni su, pored postojećih, novi materijali kako bi se došlo do kvalitetnijih, jeftinijih i najvažnije po okolinu zdravih materijala koji će omogućiti stvaranje akustičnog ugodnog, funkciji primerenog i zdravog okruženja u zgradama.

Posebna pažnja se mora obratiti:

- na izradu projektne dokumentacije a koja se odnosi na zvučnu izolaciju buduće zgrade,
- na izvođenje radova i ugradnju projektovanih materijala i elemenata, koji podižu nivo zvučne izolovanosti, a u skladu sa projektom dokumentacijom i

- na akustički kvalitet građevinskog objekta, prilikom tehničkog prijema objekta,

a sve u svrhu podizanja nivoa zvučne zaštite i postizanja akustičnog kvaliteta izgrađenog građevinskog objekta.

Ono što je veoma bitno je da se zvučna izolacija mora ugraditi u toku izgradnje građevinskog objekta, u svemu prema ponuđenim rešenjima po pitanju zvučne izolacije. Ključnu ulogu u toku izgradnje ima Nadzorni organ.

Svaki pokušaji da se naknadno izvrše poduhvati radi bolje zvučne izolovanosti i akustike prostorija su poprilično neizvesni, skupi i nekompletni.

### LITERATURA

- [1] Kozmidis-Petrović Ana: **Građevinska fizika**. Univerzitet u Novom Sadu, FTN, 2011.
- [2] Prašević R. Momir, Cvetković S. Dragan, **Buka u životnoj sredini**. Fakultet zaštite na radu Niš, 2005
- [3] Jelaković Tihomil: **Zvuk, sluh, arhitektonska akustika**. Školska knjiga, Zagreb, 1978.
- [4] Šumarac-Pavlović Dragana; Mijić Moimir: **Elektroakustika**. 2017.
- [5] Mijić Miomir: **Građevinska akustika**. 2009.
- [6] Mijić Miomir: **Akustika u arhitekturi**. 2001.
- [7] Časopis Izolacija, <https://izolacija.rs/resenje-za-akusticki-komfor/>
- [8] <https://www.gradnja.rs/zvucna-izolacija-izmedju-dva-stana-problemi-i-moguca-resenja/>
- [9] <https://beodom.com/sr/partners/amorim.html>
- [10] <https://www.informa.rs/izolacija-poda/isolmant.html>
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=YvkXpkwgZvM>
- [12] <https://www.ikoustic.co.uk/products/soundproof-membranes/acoustic-pipewrap-fonodan-bj/>
- [13] <https://pestan.net/wp-content/uploads/2016/06/S-LINE-Technical-Catalogue-2.pdf>
- [14] <https://www.etaz.rs/interplast-cev-ppr-pn-20-32-5-4>
- [15] <https://www.gregef.com/>
- [16] **Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini**. S. Glasnik RS, br. 96/21., [https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_zastiti\\_od\\_buke\\_u\\_zivotnoj\\_sredini.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_od_buke_u_zivotnoj_sredini.html)
- [17] **Pravilnik o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini**. Službeni Glasnik RS, BR. 54/92., ebdopisi (podaci.net)