

Kriterijumi zvučnog komfora u prostorijama za vežbanje i izvođenje muzičkog programa

Dragana Šumarac Pavlović, Tatjana Miljković, Miloš Bjelić, Miomir Mijić

Apstrakt— Zvučni komfor u prostorima za vežbanje i izvođenje muzičkog programa definisan je kriterijumima iz tri domena: zvučne zaštite, kvaliteta zvučne slike i zaštite privatnosti. U ovim akustički osetljivim prostorima zvučni komfor se ne može regulisati opštim normativima iz više razloga. Radi se o prostorima u kojima se uobičajeno javljaju povišeni nivoi zvuka u prostorijama i istovremeno pooštreni kriterijumi za dozvoljene nivoe ambijentalne buke koja dospeva iz okruženja. U ovom radu dat je pregled različitih parametara koji se koriste u projektovanju ovakvih objekata, koji se oslanja na istraživanja, pre svega subjektivnih preferenci korisnika. Polazeći od spektralnih i dinamičkih karakteristika zvuka pojedinačnih muzičkih instrumenata i kriterijuma za zvučnu izolaciju i zaštitu privatnosti analizirani su mogući dometi zvučne zaštite prostora za vežbanje standardnim pregradnim konstrukcijama. Obzirom da je u planu izgradnja nove zgrade Fakulteta muzičke umetnosti u Beogradu, cilj ovog rada je pregled relevantnih standarda i principa koji se moraju poštovati u projektovanju da bi se u prostorima za muzičko obrazovanje ostvario zvučni komfor u svim njegovim aspektima.

KLjučne reči— probne sale, zaštita privatnosti, zvučna zaštita

I. UVOD

Zvučni komfor, to jest kriterijumi akustičkog dizajna, zaštite privatnosti i zvučne izolacije u prostorijama za vežbu i muzička izvođenja u okviru muzičkih škola i fakulteta predstavljaju složen zadatak obzirom na brojne kriterijume koji treba da budu zadovoljeni. U ovim specifičnim objektima kriterijumi akustičkog dizajna prostorija i zvučne zaštite treba da zadovolje mnogobrojne specifične zahteve kako bi se postigla optimalna funkcionalnost prostora i realizovala podsticajna sredina za razvoj i muzičko izražavanje korisnika,

Dragana Šumarac Pavlović – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: dsumarac@etf.rs).

Tatjana Miljković – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: tm@etf.rs).

Miloš Bjelić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: bjelic@etf.rs).

Miomir Mijić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: emijic@etf.rs).

bilo da se radi o prostorima za vežbu ili izvođenje. U ovakvim objektima uobičajeno se nalazi veliki broj prostorija različitih namena, kao što su male sale za probe pojedinačnih instrumenata, grupne sale za probe, velike sale za probe orkestra, studijski prostori i različiti prostori za muzička izvođenja (koncertne sale, operne sale, baletske sale). Osnovni nivo zahteva u projektovanju odnosi se na potreban volumen i dimenzije prostorija, optimalno vreme reverberacije i difuznost zvučnog polja u njima, kao i kontrolu sopstvenih modova prostorije. Sledeći nivo zahteva diktiran je karakteristikama pojedinačnih instrumenata kao što su različite spektralne karakteristike njihovog zvuka, dinamičke opsege pojedinih instrumenata i potrebu da se akustički dizajn optimizuje na osnovu kriterijuma optimalne glasnosti i podrške koju prostorija treba da pruži muzičarima kroz povratnu spregu sopstvenog kontrolnog mehanizma u izvođenju. U slučaju obrazovnih ustanova tema je i podrška koju prostor pruža u obrazovnom procesu. U domenu zvučne zaštite zahtevi se odnose na kriterijume za dozvoljene nivoe buke koja dospeva iz spoljašnje sredine, nivoa buke mašinskih sistema i potrebnu zvučnu izolovanost između prostorija.

Prostorije za vežbanje i muzička izvođenja su prostori u kojima je pažnja korisnika prostora usmerena prvenstveno na zvuk, to jest zvuk je predmet njihovog primarnog interesovanja i rada. Otuda svi kriterijumi za projektovanje treba da se oslanjaju s jedne strane na objektivne kriterijume, a s druge na subjektivna očekivanja korisnika. Korisnici ovakvih prostora, čak i kada imaju jasnu predstavu o tome šta im odgovara, ne mogu uvek svoje zahteve da izraze u korelaciji sa uobičajenim objektivnim parametrima.

Poslednjih 50 godina istraživači tragaju sa psihološkim mernim instrumentima kojima bi se opisao utisak o akustici prostorija i više od 100 godina traju naponi da se predlože objektivne mere koje bi omogućile predviđanje perceptualnih karakteristika. Metodologijama koje su u upotrebi nema sasvim zadovoljavajućeg rešenja. [1,2].

U literaturi postoji generalni stav [3,4,5] da uslovi zvučnog komfora u postojećim prostorima za vežbu i izvođenje muzike ne odgovaraju sasvim potrebama korisnika. Projektanti često nisu upoznati sa kompleksnošću problema koji ne može biti jednostavno obuhvaćen zakonskim normama i projektantskim preporukama.

Zakonskom regulativom u našoj zemlji nisu obuhvaćeni ovakvi prostori u svojoj složenosti [6]. U nacionalnom standardu SRPS U.J6.201 definisana je minimalna potrebna izolovanost između prostorija koje se graniče sa prostorijama za muzičko vaspitanje, i navodi se da je minimalan zahtev $D_{wmin} = 60$ dB. Za istu poziciju u zgradama za međuspratnu

konstrukciju se traže uslovi $R'_{w} \geq 60\text{dB}$ i $L'_{wn} \leq 55\text{dB}$.

Zvučni komfor u muzičkim vežbaonicama bio je tema istraživanja u mnogim državama. Tako je u Norveškoj 2014. godine usvojen standard NS 8178 pod nazivom „Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performanse“ [7]. U njemu su definisane potrebne dimenzije prostorija za muzička vežbanja i vreme reverberacije u njima za različite tipove muzike i različit broj članova muzičke grupe. Razmatrane su tri kategorije muzičkog sadržaja: prirodni instrumenti, muzički instrumenti male snage i muzika koja koristi elektroakustički sistem za ozvučavanje. U Velikoj Britaniji publikovan je vodič za projektovanje škola u kome je jedno poglavlje posvećeno preporukama za dizajn prostora namenjenih muzičkom obrazovanju [4,8].

U ovom radu su kao polazna osnova za utvrđivanje objektivnih kriterijuma poslužili rezultati jednog velikog istraživanja koje je sprovedeno na Škotskoj kraljevskoj akademiji za muziku i dramu (*Royal Scottish Academy of Music and Drama*) [5]. Osnovna ideja ovog istraživanja bila je da se na osnovu subjektivnih stavova korisnika prostora utvrdi koji su najvažniji faktori u dizajnu prostora za muzičko vežbanje, s obzirom da ih studenti aktivno koriste više od 42 sata nedeljno. Cilj istraživanja je bio da se utvrdi optimalno vreme reverberacije, tolerantnost na ambijentalnu buku i fizičke karakteristike prostora u korelaciji sa akustičkim karakteristikama. Istraživanjem je obuhvaćeno 22% ukupnog broja studenata muzike, a izabrani su oni koji sviraju drvene duvačke instrumente, limene duvačke, žičane instrumente i pevači. Istraživanje je sprovedeno u više faza u okviru kojih je namenski napravljeno šest različitih vežbaonica sa velikim razlikama u dimenzijama, akustičkim karakteristikama i različitim nivoima ambijentalne buke.

Rezultati analize su pokazali da je za 86% anketiranih studenata primetna saobraćajna buka, ali da većina smatra da je glavni ometajući faktor buka koja potiče iz susednih vežbaonica i to prevashodno kada je u pitanju isti instrument. Utvrđeno je da su prihvatljivi nivoi buke:

- NC30 za buku ventilacionih sistema
- NC25 za buku saobraćaja
- NC15 za buku od istog instrumenta iz susednih vežbaonica.

Pri tome, preko 90% ispitanika se slaže da je nivo od 45 dB(A) koji potiče od saobraćajne buke manje uznemirujući od nivoa 23 dB(A) koji potiče iz susedne vežbaonice.

Prema mišljenju ispitanika optimalno vreme reverberacije prostorija za muzička vežbanja je oko 0.7 s, pri čemu je poželjno da postoje uslovi za promenljivu akustiku kojom bi se vreme reverberacije moglo menjati u opsegu od 0.5 do 0.9s.

Najzad, utvrđeno je da su optimalne dimenzije prostorija za individualno vežbanje 15-20 m².

U britanskom dokumentu BB93 definisane su kriterijumi za nivo ambijentalne buke koja potiče iz susedne prostorije za nekoliko različitih slučajeva [8]. Oni su prikazani u Tabeli I. Uzimajući u obzir nivo aktivnosti u pobudnoj prostoriji i

stepen tolerancije na nivo ambijentalne buke u tabeli II su definisane minimalne vrednosti izolovanosti između prostorija za različite kombinacije.

TABELA I
KLASIFIKACIJA PROSTORIJA PREMA TOME KOLIKI SE NIVO ZVUKA U NJIMA
GENERIŠE, KOLIKO SU OSETLJIVE NA SPOLJAŠNJU BUKU I KRITERIJUM
DOZVOLJENOG NIVO A BUKU [8]

Tip prostorije	Nivo na pobudnoj strani	Tolerancija na prijemnoj strani	Kriterijum dB(A)
Učionica	Veoma visok	Niska	35
Mala vežbaonica	Veoma visok	Niska	35
Grupna vežbaonica	Veoma visok	Veoma niska	30
Koncertna sala	Veoma visok	Veoma niska	30
Studio za snimanje	Veoma visok	Veoma niska	30
Kontrolna soba	Visok	Niska	35

U norveškom standardu NS 8178 polazna osnova za utvrđivanje optimalnog vremena reverberacije za zadati volumen prostora su dva podatka: prosečna jačina zvuka G (*stength*) i tipične vrednosti nivoa zvučne snage koju generišu pojedini instrumenti kada se svira dinamikom *forte*.

Polazeći od ukupnog optimalnog nivoa zvuka i spektralnih karakteristika pojedinih grupa instrumenata moguće je utvrditi domete izolacione moći standardnih pregradnih konstrukcija kako bi se zadovoljili uslovi izolovanosti između susednih prostora za muzičku vežbu.

Za nivo udarnog zvuka u svim prostorijama u kojima se izvodi ili snima muzički program definisan je kriterijum $L'_{nT,w} \leq 55\text{ dB}$

TABELA II
MINIMALNE VREDNOSTI MERODAVNE IZOLOVANOSTI ZA RAZLIČITE
KOMBINACIJE AKTIVNOSTI I TOLERANCIJE NA NIVO AMBIJENTALNE BUKU U
RAZLIČITIM PROSTORIMA [8]

Min D_{nT} (dB)	Nivo aktivnosti u pobudnoj prostoriji				
Tolerancija na nivo amb. buke	Visoka	30	35	45	55
	Srednja	35	40	50	55
	Niska	40	45	55	55
	Veoma niska	45	50	55	60

II. NIVO ZVUKA I DINAMIČKI OPSEG

Nivo zvuka u prostoriji koji generišu prirodni instrumenti zavisi od više faktora:

- tipa i broja instrumenata,
- načina sviranja, dinamike
- zapremine prostorije
- vremena reverberacije u prostoriji.

Muzički instrumenti se prema načinu generisanja tona dele na žičane instrumente sa gudačkom i okidanjem žica, drvene duvačke, limene duvačke i udaraljke. Način generisanja tona određuje nivo zvuka koji proizvode kao i spektralni sadržaj. Nivo zvuka zavisi takođe i od dinamike sviranja. Kao ilustracija, u tabeli III pobrojane su dinamike sviranja i

prosečni nivoi koji se na taj način postižu.

Vrednosti prikazane u tabeli odgovaraju vrednostima nivoa zvuka simfonijskog orkestra koji se očekuju u koncertnim salama. Iz tabele možemo da zaključimo da je dinamički opseg koji proizvodi simfonijski orkestar u toku kompozicije može dostići nivo od 60 dB. Zbog velikog dinamičkog opsega uobičajeno je da se u proračunima razmatraju nivoi koji odgovaraju dinamici *forte*. Majer je u svojim istraživanjima pokazao da se optimalni nivoi za slušaoce kreću u rasponu 85-92 dB, pa su te vrednosti uzete u standardima kao osnova za proračun svih vrednosti vezanih za zvučni komfor.

TABELA III
RAZLIČITE DINAMIKE SVIRANJA I PROSEČNI NIVOI ZVUKA KOJI SE POSTIŽU U KONCERTNIM SALAMA [10]

Oznaka dinamike	Značenje	Deskripcija	Približan nivo SPL
<i>ppp</i>	<i>piano pianissimo</i>	ekstremno tiho	45-50 dB
<i>pp</i>	<i>pianissimo</i>	jako tiho	55-60 dB
<i>p</i>	<i>piano</i>	tiho	65-70 dB
<i>mf</i>	<i>mezzo forte</i>	srednje glasno	75-80 dB
<i>f</i>	<i>forte</i>	glasno	85-90 dB
<i>ff</i>	<i>fortissimo</i>	jako glasno	95-100 dB
<i>fff</i>	<i>forte fortissimo</i>	ekstremno glasno	105-110 dB

TABELA IV
PODACI O ZVUKU RAZLIČITIH INSTRUMENTA: NIVOI ZVUČNE SNAGE PRI DINAMICI *pp*, *f* i *f*, DINAMIČKI OPSEG *D* I *k* FAKTOR [4]

Tip instrumenta	$L_{w(pp)}$ dB	$L_{w(f)}$ dB	D dB	$L_{w(f)}$ dB	k
Violina	65	97	32	89	0,8
Viola	68	93	25	87	0,5
Violončelo	67	97	30	90	1,0
Kontrabas	75	97	22	92	1,6
Flauta	77	96	19	91	1,3
Klarinet	74	101	27	93	2,0
Saksofon	87	101	14	98	6,3
truba	87	106	19	101	12,6
trombon	89	109	20	104	25,1

U tabeli IV prikazani su osnovni podaci o nivoima zvučne snage i dinamičkim opsezima koje dostižu pojedinačni instrumenti sa različitim dinamikama sviranja [4].

III. PRORAČUN NIVOVA ZVUKA U RAZLIČITIM PROSTORIJAMA

Kada je poznat nivo zvučne snage izvora zvuka nivo zvučnog pritiska u prostoriji se može proceniti na osnovu izraza:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right) + 10 \log \left(\frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right) \text{ (dB)} \quad (1)$$

Kritično rastojanje u prostorijama u funkciji zapremine i vremena reverberacije prikazano je na slici 1. Vidi se da u prostorijama za vežbanje ono ne prelazi vrednost 0,7 m. To znači da se samo muzičar koji svira nalazi u zoni direktnog zvuka njegovog instrumenta, dok se svi ostali prisutni u

prostoriji nalaze van zone direktnog zvuka. Na osnovu toga proizilazi da se nivo zvuka koji slušaju ostali prisutni može približno odrediti izrazom:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right) \text{ (dB)} \quad (2)$$

Pojačanje koje prostorija unosi opisuje se veličinom G koja se naziva jačina (*strength*). Ona je:

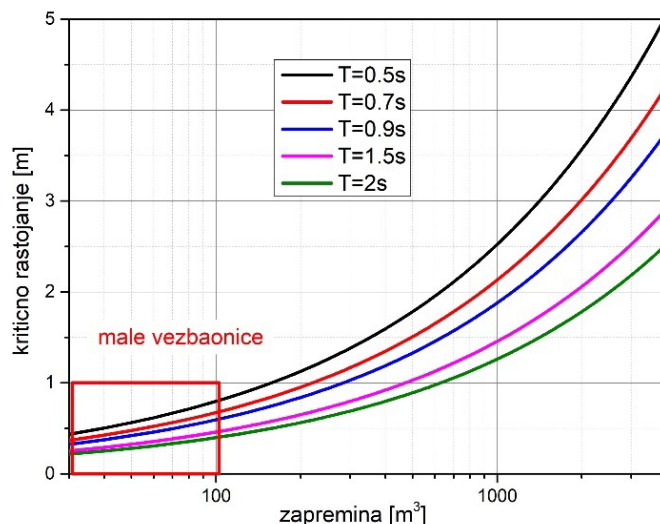
$$G = L_p - L_{pdir}(r_0 = 10m) \text{ (dB)} \quad (3)$$

G se može proceniti na osnovu srednjeg koeficijenta apsorpcije i ukupne unutrašnje površine u prostoriji na sledeći način:

$$G = 10 \log \left(\frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right) - 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r_0^2} \right) \approx 31 + 10 \log \left(\frac{4(1-\bar{\alpha})}{S\bar{\alpha}} \right) \text{ (dB)} \quad (4)$$

Za svaku geometrijsku formu prostorije može se definisati parametar koji je nazvan "faktor oblika", i koji predstavlja jedan mogući kvantifikator njene geometrijske forme [9]

$$k = \frac{\sqrt[3]{V}}{\sqrt{S}}, \quad S = \frac{V^{2/3}}{k^2} \text{ (m}^2\text{)}, \quad S = \frac{0.16V}{\bar{\alpha}T}, \quad \bar{\alpha} = \frac{0.16V^{1/3}}{k^2T} \quad (5)$$



Slika 1 Kritično rastojanje u prostorijama u funkciji zapremine za različite vrednosti vremena reverberacije

Za jednu formu prostora konstantan je faktor oblika nezavisno od stvarnih dimenzija prostorije. Faktor oblika za paralelopipedne prostorije različitih proporcija kreće se u rasponu 0,35-0,4 [9]. Opseg vrednosti srednjeg koeficijenta apsorpcije u prostorima za vežbu označen je na slici 2. Nivo zvuka u prostoriji može se izraziti preko vrednosti G i akustičke snage izvora [2]. Uobičajeno je da se nivo zvuka instrumenata razmatra pri sviranju sa dinamikom *forte*.

$$L_p(f) = L_w(f) + G - 31 \text{ (dB)} \quad (6)$$

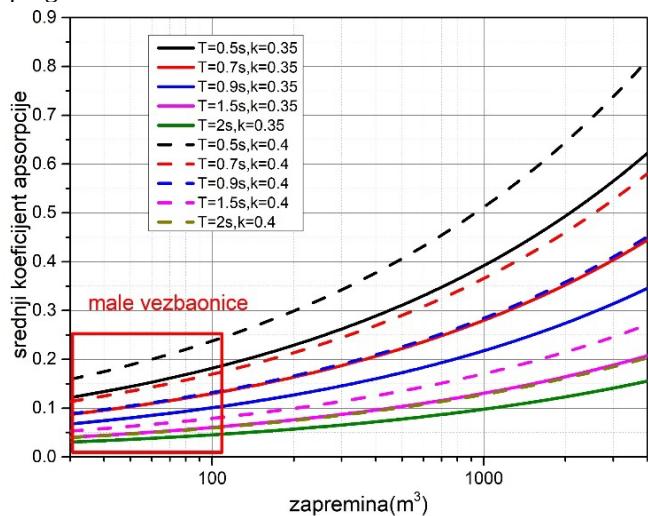
Ukoliko u prostoriji postoji više izvora ukupan nivo zvuka može se proceniti pomoću izraza [11]:

$$L_p(f) = G + 59 + 10 \log \sum_i n_i k_i \text{ (dB)} \quad (7)$$

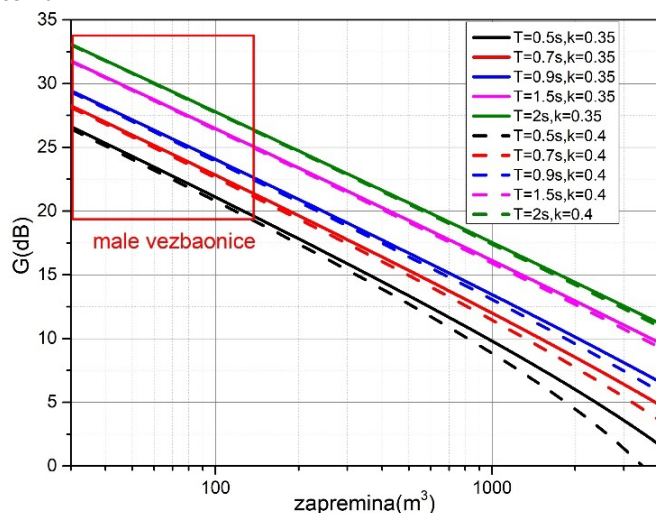
gde je n_i broj instrumenata iz iste grupe i k_i faktor definisan u tabeli IV.

Jačina zvuka u prostoriji menja se zavisno od njenog volumena, vremena reverberacije i faktora oblika. Na slici 3 prikazane su promene G u funkciji zapremine za različite

vrednosti vremena reverberacije i faktora oblika. U vežbaonicama manjih zapremina za raspone vremena reverberacije od 0,5 s do 0,7 s jačina zvuka G ima vrednosti u opsegu 20-30 dB.



Slika 2 Srednji koeficijent apsorpcije u prostorijama u funkciji zapremine za različite vrednosti vremena reverberacije i različite granične vrednosti faktora oblika



Slika 3 Vrednosti parametra G u funkciji zapremine, vremena reverberacije i faktora oblika; označen je opseg vrednosti u kome se nalaze male muzičke vežbaonice.

IV. SPEKTRALNE KARAKTERISTIKE INSTRUMENATA

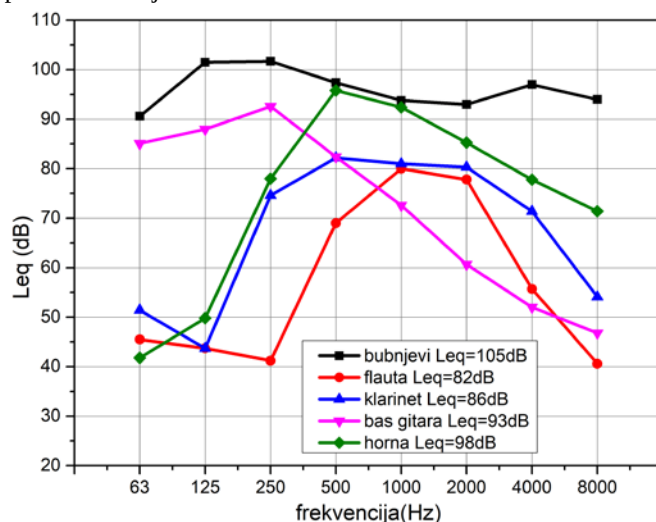
Različiti instrumenti osim što se mogu okarakterisati različitim nivoima zvučne snage i različitim dinamičkim opsegom, značajno se međusobno razlikuju po opsegu frekvencija u kojima dominantno stvaraju zvuk, pa prema tome i po spektralnim karakteristikama. Pored ukupnog nivoa zvuka u prostoriji spektralna karakteristika može značajno da utiče da princip akustičkog dizajna i zvučne zaštite prostora.

Takođe, spektralna karakteristika se menja u zavisnosti od dinamike sviranja. Mayer je utvrdio da je povećanjem dinamike signala menja nagib spektralne karakteristike tako što se dominantno povećava energija na višim harmonicima [11]. To dovodi i do toga da dinamika koji izvođač čuje u zoni direktnog zvuka instrumenta nije ista kao dinamika koju

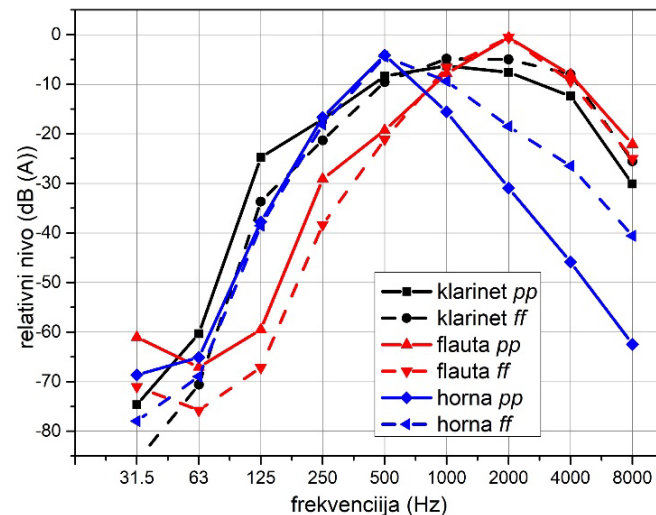
percipiraju slušaoci na udaljenim mestima u sali, pogotovo kada je prisutno značajno smanjenje vremena reverberacije sa frekvencijom.

Na slici 4 prikazane su izmerene vrednosti ekvivalentnog nivoa zvuka u manjim vežbaonicama različitih instrumenata [10]. Ovi podaci mogu se koristiti kao relevantni za procenu nivoa zvučne snage ovih izvora. Razmatrano je nekoliko kategorija instrumenata i to baterija bubnjeva, flauta, klarinet, bas gitara i francuski rog.

Na slici 5 prikazani su normalizovani spektri flaute, klarineta i horne sa dinamikom sviranja *pianissimo* i *fortissimo*. Spektralne karakteristike su ponderisane A filtrom. Kod svih instrumenata uočljivo je manje ili više izdizanje spektra na visokim frekvencijama, što instrumentalisti daje subjektivni doživljaj veće dinamike koju postiže sviranjem.



Slika 4. Spektralne karakteristike i ukupni ekvivalentni nivo za različite instrumente.



Slika 5. Normalizovane spektralne karakteristike sa dinamikom *pianissimo* i *fortissimo* ponderisane A filtrom

V. POTREBNA IZOLACIONA MOĆ PREGRADNIH KONSTRUKCIJA

Istraživanja subjektivnog doživljaja muzičara kada vežbaju u malim i srednjim vežbaonicama pokazala su da su u pogledu zvučne izolacije i zaštite privatnosti u objektu kritične pozicije

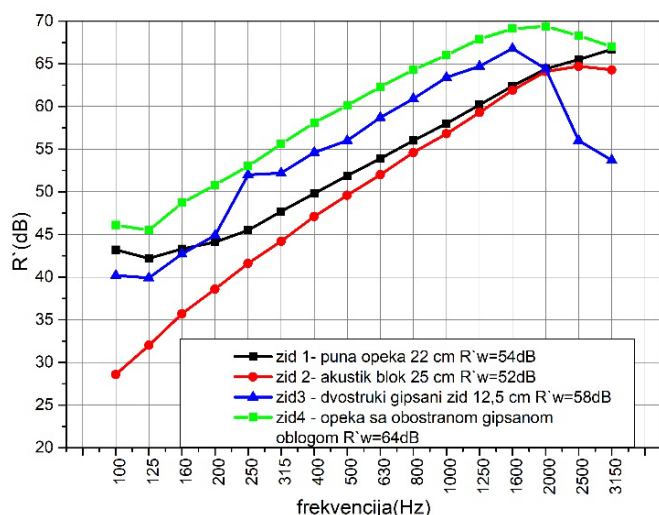
one koje se neposredno graniče sa prostorijama u kojima se pojavljuju isti instrumenti [5]. Kod muzičara koji sviraju određeni instrument dodatno je pojačano analitičko slušanje i osetljivost na za njih prepoznatljiv zvuk.

U literaturi je ranije konstatovano da su najstrožiji kriterijumi za zvučnu izolovanost između dva susedna prostora u slučaju da u njima vežbaju muzičari koji sviraju isti instrument. U tom slučaju nivo zvuka koji prolazi u susednu prostoriju mora zadovoljavati kriterijum NR15, odnosno nivo zvuka 23 dB(A) [5].

Polazeći od ovih zaključaka analizirane su izolovanosti koje se postižu sa nekoliko standardnih pregradnih konstrukcija:

- ZID 1 - zid od pune opeke (22cm) dvostruko malterisan;
- ZID 2 – zid od blokova debljine 25 cm obostrano malterisan;
- ZID 3 – sendvič zid od dvostrukih gipsanih obloga;
- ZID 4 – zid od pune opeke sa dvostranom gipsanom oblogom od dve ploče gipsa.

Građevinske izolacione moći razmatranih pregradnih konstrukcija prikazane su na slici 6.



Slika 6. Građevinske izolacione moći za četiri tipa pregrada

Za proračune izolovanosti posmatran je slučaj malih vežbaonica veličine 40 m³ koje deli pregradni zid površine 10 m² i u kojima je srednji koeficijent apsorpcije $\alpha = 0,15$. Izolovanost D između njih izračunava se na osnovu vrednosti građevinske izolacione moći pregrade koja ih deli, površine te pregrade S i ukupne apsorpcije u prijemnoj prostoriji:

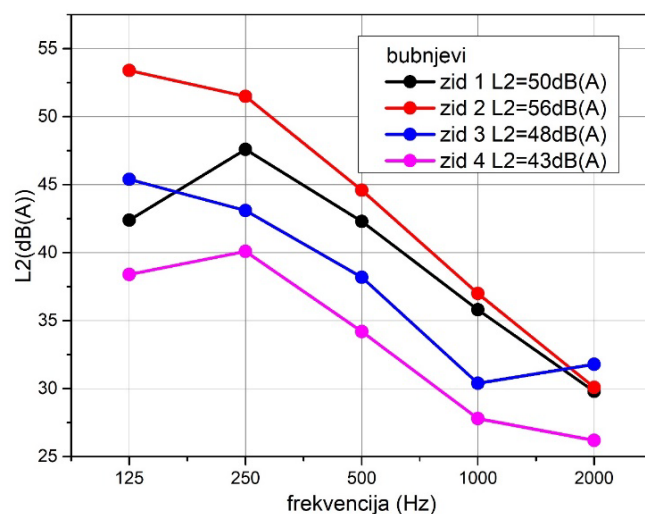
$$D = R' - 10 \log \frac{S}{A_{\text{prijem}}}$$

Za usvojene dimenzije i akustičke karakteristike vežbaonice izračunati su nivoi u prijemnoj prostoriji kada su u predajnoj prostoriji usvojeni ekvivalentni nivoi prikazani na slici 5. Za svaki od analiziranih instrumenata prikazane su spektralne karakteristike buke u prijemnoj prostoriji koja nastaje preslušavanjem (slike 7,8,9,10 i 11)

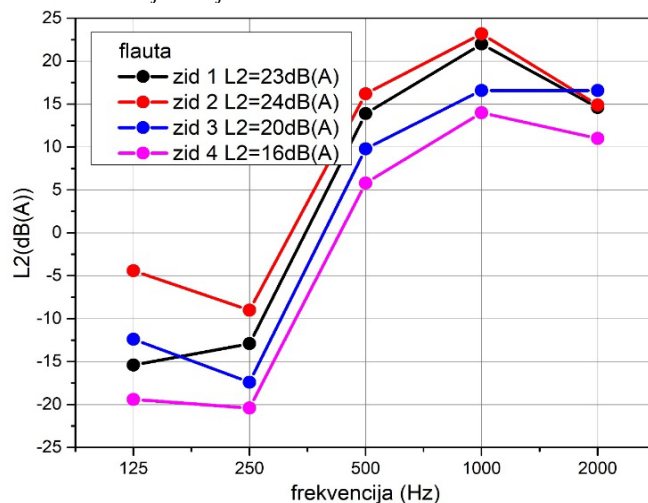
Analizom nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji pri pobudama različitim instrumentima pokazano je da standardne pregradne

konstrukcije nisu u mogućnosti da zadovolje stroge kriterijume zvučne izolovanosti. U slučaju baterije bubnjeva ni sa obostranim oblaganjem dvostrukim gipsanim oblogama na potkonstrukciji od mineralne vune nije moguće postići željeni nivo izolovanosti. Šta više, nivoi u prijemnoj prostoriji premašuju i nivo dozvoljene buke koja potiče od saobraćaja i sistema za ventilaciju. To su situacije u kojima se zadovoljavajuća izolovanost može postići samo uvođenjem tampon zona oko vežbaonica za bučne instrumente.

Prikazani rezultati pokazuju da u slučaju flaute i klarineta, zbog njihove znatno manje zvučne snage i drugačijeg oblika spektra zvuka, moguće je postići traženu izolovanost i sa standardnim zidovima, to jest bez dodatnih gipsanih obloga. U slučaju bas gitare i francuskog roga standardnim pregradama građevinskim nije moguće postići adekvatnu zvučnu izolaciju između prostorija za vežbanje.



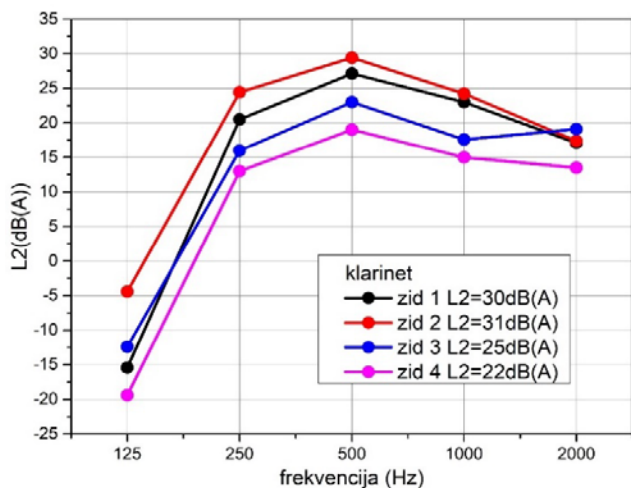
Slika 7. Spektralne karakteristike nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji kada je izvor zvuka baterija bubnjeva



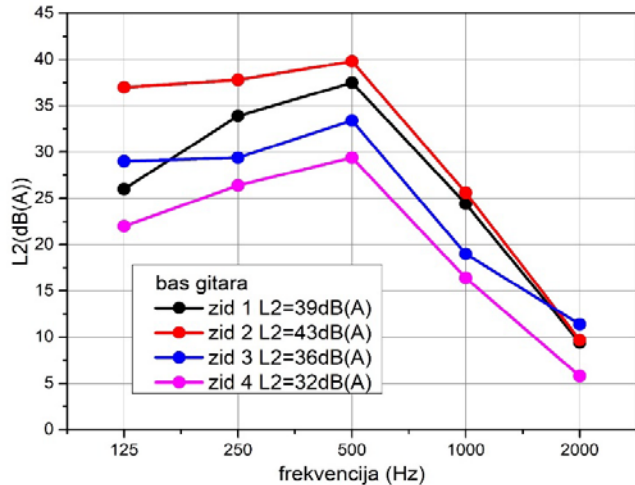
Slika 8. Spektralne karakteristike nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji kada je izvor zvuka flauta

VI. ZAKLJUČAK

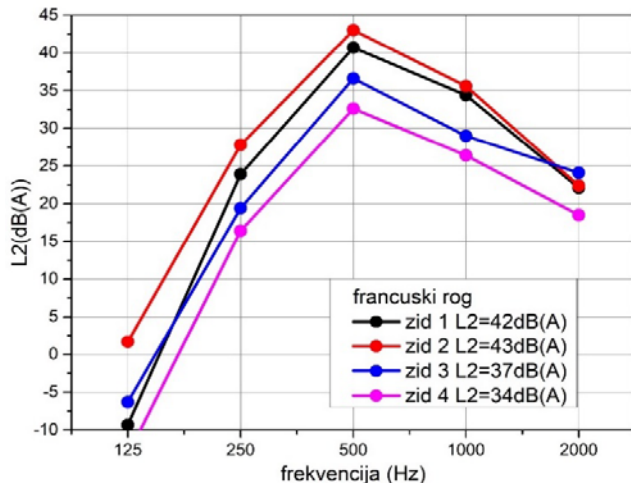
U radu je prikazan pregled poznatih metodologija i standarda koji se odnose na zvučni komfor u zgradama sa prostorijama za vežbanje i izvođenje muzičkog programa.



Slika 9. Spektralne karakteristike nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji kada je izvor zvuka klarinet



Slika 10. Spektralne karakteristike nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji kada je izvor zvuka bas gitara



Slika 11. Spektralne karakteristike nivoa zvuka u prijemnoj prostoriji kada je izvor zvuka bas gitara i sa različitim pregradama između njih

Prikazan je pregled nekih rezultata koji su dobijeni u subjektivnim istraživanjima vezanim za očekivanja muzičara u pogledu zvučnog komfora i definisane su osnovne veličine od kojih se polazi u procesu akustičkog dizajna i projektovanja zvučne zaštite u takvim objektima. Analizirana je zvučna izolovanost i privatnost koja se postiže sa četiri

standardne pregrade za slučaj različitih instrumenata kao izvora zvuka.

Analiza rezultata pokazala je da se pri izboru pregradnih konstrukcija mora voditi računa o realnim nivoima zvuka i spektralnim karakteristikama instrumenata kako bi se pronašla adekvatna rešenja koja obezbeđuju traženu međusobnu izolovanost prostorija. Ta rešenja moraju u određenim slučajevima da podrazumevaju tampon zone između prostorija.

LITERATURA

- [1] Weinzierl, S., Vorlander M., „Room Acoustical Parameters as Predictors of Room Acoustical Impression: What Do We Know and What Would We Like to Know?“, Acoustic Australia, DOI 10.1007/s40857-015-0007-6
- [2] SRPS ISO 3382-1:2009, Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces.
- [3] Knofel B., Weisheit L., Troge, J., „Musicians and their practice rooms: What do they think about present room acoustics and would they prefer?“, Conference: Euronoise 2018, 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering : Reduce Noise to Improve Life
- [4] Rindel, J. H., „Rooms for music – Acoustical needs and requirements“, BNAM2014
- [5] Lamberty, D.C., (1980) „Music Practice Rooms“, *Journal of Sound and Vibration*, Vol 60, No1, p149-155
- [6] SRPS ISO UJ.6.201, „Akustika u zgradarstvu- Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada“, 1989
- [7] NS 8178:2014, „Acoustic criteria for rooms and spaces for music rehearsal and performance“. (In Norwegian). Standard Norge, Oslo, 2014
- [8] BB93: „Acoustic design of School, performance standard“, Education Funding Agency, 2015
- [9] D. Šumarac-Pavlovic' and M. Mijic, „An approach to numerical quantification of room shape and its function in diffuse sound field model (L)“, *J. Acoust. Soc. Am.* 140 (4), October 2016
- [10] James A., Thompson A., Rees I., „School Music Rooms- designing Beyond BB93, Proceedings of the Institute of Acoustics, 2005
- [11] J. Meyer, „Acoustics and the performance of music“, Springer, 2009

ABSTRACT

Sound comfort in the spaces for rehearsing and performing music program is defined by criteria from three domains: sound protection, sound image quality and privacy protection. The problem is especially significant in the buildings of music schools and faculties. In such acoustically sensitive spaces, sound insulation cannot be regulated by general legislation for two reasons. First, these are spaces where high sound levels usually occur compared to standard spaces such as those in other buildings. Second, they have strict criteria for the allowed levels of ambient noise coming from the environment. That is reflected in the special measures of sound insulation, as well as the control of all systems in the building. Starting from the spectral and dynamic characteristics of the musical instruments sound and the criteria for sound insulation and privacy protection, the sound insulation ranges of standard partition structures were analyzed. Special attention is paid to individual and group rehearsal spaces. Given that the construction of a new building for the Music Academy in Belgrade is planned, the aim of this paper is to review all relevant standards and principles that must be respected in order to achieve sound comfort in music education spaces in all its aspects.

Criteria for acoustic comfort in the premises for practicing and performing music program

Dragana Šumarac Pavlović, Tatjana Miljković, Miloš Bjelić, Miomir Mijić