

Analiza primenljivosti postojećih standarda za određivanje zvučne snage izvora u oceni buke noćnih klubova na vodi

Stefan Dimitrijević, Miomir Mijić, *Elektrotehnički fakultet u Beogradu*

Apstrakt — Noćni klubovi na vodi, takozvani „splavovi“, poznata su specifičnost Beograda, ali su takođe ozbiljni izvori buke u širem okruženju, posebno noću. Za proračune njihove buke neophodno je odrediti podatak o njihovoj zvučnoj snazi. Odabir odgovarajućeg standarda za ocenu zvučne snage takvih izvora može predstavljati veliki izazov. Pri donošenju konačne odluke u obzir se moraju uzeti različiti faktori: tip zvučnog izvora, sredina u kojoj se merenje izvodi, zakonska regulativa itd. U radu je prikazan pregled postojećih standarda za određivanje zvučne snage izvora i mogućnost primene takvih standarda za karakterisanje noćnih klubova na vodi kao izvora buke. Uzimajući u obzir specifičnost buke koju oni stvaraju kao i njihove dimenzije, u radu je predloženo da se za određivanje njihove zvučne snage koristi inženjerski pristup, definisan Nordtest metodom.

Ključne reči — buka, noćni klubovi na vodi, zvučna snaga

I. UVOD

Noćni klubovi na vodi poznata su turistička znamenitost Beograda. Oni predstavljaju omiljeno mesto okupljanja mladih beograđana, a takođe se navode i u reklamama turističke ponude za sve one koji posećuju Beograd. Međutim, ti klubovi su istovremeno jedna od centralnih tema kojom se bave inspeksijske službe zadužene za buku, jer se glasna muzika iz njih može čuti u širokom krugu, čak i na daljinama većim od kilometra. Tome značajno doprinosi kongifuracija terena u okruženju. Pokušaji da se ovaj problem reši traju već godinama bez nekog jasno primetnog rezultata. Problem proističe iz činjenice da su nivoi zvuka u njima veoma visoki, ali i zbog toga što se njihova konstrukcija pre može nazvati kulisama, nego zgradama. Neki od njih nemaju uopšte čvrste zidove koji bi umanjili nivo zvuka koji se širi u okruženje.

Izgradnja građevinskog kompleksa poznatog kao „Beograd na vodi“ podrazumeva skori nastanak velikog broja luksuznih apartmana i hotela na obali Save. Pri tome, lokacija ovog budućeg kompleksa je tačno preko puta danas najbučnijih noćnih klubova. To je iniciralo potrebu za konačnim rešenjem problema buke koju oni stvaraju.

Svako bavljenje takvom temom u prvom koraku zahteva merenja i proračune nivoa buke u zoni od interesa, pre svega na fasadama budućih zgrada od kojih su neke već u izgradnji,

Stefan Dimitrijević – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: stefan.dimitrijevic@structor.se).

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

a neke u fazi projektovanja. Za takve proračune koriste se odgovarajući softveri. Ulazni podaci koji su neophodni za to su zvučne snage prisutnih izvora buke, u ovom slučaju noćnih klubova kao fizičkih objekata u prostoru.

Pristup modelovanja stanja buke na nekom terenu varira u pogledu kompleksnosti kojom je opisan i analiziran svaki od elemenata modela. Pored fizičkog okruženja u kom se buka prostire do prijemnika, ključna informacija u svim modelima je i način predstavljanja izvora buke. Modelovanjem zvučnih izvora (korišćenjem rezultata *in-situ* merenja ili merenja karakteristika zvučnih izvora u laboratorijskim okruženjima) moguće je modelovati propagaciju buke prouzrokovanu ovim objektima u različitim situacijama. Minimalni zahtevi pri modelovanju zvučnih izvora su: broj zvučnih izvora, ukupna zvučna snaga svakog od izvora, karakteristike usmerenosti svakog od izvora, njihovi položaji kao i frekvencijske karakteristike. Poznavanje vremenske zavisnosti buke kao i parametra buke koji najverodostojnije opisuje stanje zvučnog izvora (ekvivalentna vrednost, maksimalna vrednost, itd.) za koje se modelovanje buke primenjuje dodatno povećavaju tačnost proračuna. Imajući u vidu da kvantifikovanje zvučnih izvora predstavlja prvi korak u budućim proračunima njihovih uticaja na sredinu u kojoj se nalaze, način i preciznost merenja karakteristika zvučnih izvora u velikoj meri će uticati na tačnost samog proračuna.

Merenje zvučnih pojava u određenoj sredini najčešće podrazumeva merenje zvučnog pritiska radi određivanja nivoa zvuka. Međutim, vrednosti zvučnog pritiska variraju u zavisnosti od položaja mernog mikrofona. U cilju objektivne ocene zvučnih izvora potrebno je odrediti njihovu zvučnu snagu koja je nezavisna od sredine u kojoj se zvučni izvor nalazi kao i udaljenosti od zvučnog izvora.

Zvučnu snagu izvora je moguće odrediti merenjem zvučnog pritiska [Pa] ili intenziteta zvuka [W/m^2]. Određivanje zvučne snage izvora merenjem zvučnog pritiska se najčešće koristi za potrebe sertifikacionih merenja i obično se primenjuje u specifičnim uslovima (anehoične sobe i reverberacione komore). Sa druge strane, merenje intenziteta zvuka se može primeniti u slučaju pojedinačnih mašina ili izvora zvuka u prisustvu stacionarne ambijantelne buke, jer ona neće uticati na krajnji rezultat merenja. Ovakav pristup ima ograničen frekvencijski opseg, vremenski zahtevne procedure merenja i ograničenja u pogledu karakteristika buke koju stvara izvor zvuka.

Da bi se dobili validni podaci o zvučnoj znazi izvora, nezavisno od tipa merenja, potrebno je primeniti odgovarajuće procedure koje su najčešće definisane međunarodnim ISO standardima [1] — [12]. Ovim standardima su definisane tri metode različitih preciznosti:

1. Precizan metod (eng. *Precision method*) — Primenom ovog metoda dobijaju se najtačniji rezultati. Merenja se sprovode u laboratorijskim uslovima sa najpreciznijom dostupnom opremom. Precizan metod obezbeđuje najmanje vrednosti merne nesigurnosti ali zahteva najviše napora tokom merenja.
2. Inženjerski metod (eng. *Engineering method*) — Primenom ovog metoda dobijaju se dovoljno precizni rezultati, a u obzir se uzimaju uticaj akustičkog okruženja kao i tip izvora zvuka.
3. Metod istraživanja (eng. *Survey method*) — Ovaj metod zahteva najmanje vremena i opreme, ali ima ograničenu upotrebnu vrednost u proceni buke. Rezultati se koriste za poređenje zvučnih izvora sličnih karakteristika.

Većina dostupnih ISO standarda za merenje zvučne snage ima ograničenu primenu u pogledu okruženja u kom se merenja implementiraju (reverberaciona komora, anehoična prostorija, zvučni izvor u slobodnom polju, itd.), karaktera buke koju zvučni izvor stvara (stacionarna buka, impulsna buka, itd.), kao i načina prikaza konačne vrednosti zvučne snage izvora (oktavno, terčno, ukupno).

Zanimljivo je da se u Nordijskim zemljama preporučuje upotreba metode [13] koja nema većih ograničenja u svojoj primeni kao većina spomenutih ISO standarda. Za razliku od ISO standarda, ova metoda preporučuje procedure za merenje jačine izvora (eng. *source strength*), tj. dela zvučne snage koji je relevantan za proračun nivoa zvuka na određenoj udaljenosti od zvučnog izvora.

U nastavku je prikazan pregled postojećih standarda za određivanje zvučne snage koje je moguće primeniti u slučaju noćnih klubova na vodi i predložen je način njihove primene.

II. PREGLED STANDARDA ZA ODREĐIVANJE ZVUČNE SNAGE NOĆNIH KLUBOVA NA VODI BAZIRANIH NA MERENJU ZVUČNOG PRITISKA

U ovom pristupu, nivo zvučne snage se dobija proračunom koji je baziran na merenju nivoa zvuka u više mernih pozicija oko izvora, primeni korekcije uticaja ambijentalne buke i korekcije uticaja okruženja.

A. ISO 3744:2010

Standard ISO 3744 (inženjerski metod) [6] propisuje metode za određivanje nivoa zvučne snage i nivoa zvučne energije (za slučaj buke praska ili tranzijentne buke) zvučnih izvora merenjem nivoa zvučnog pritiska na površini koja obuhvata zvučni izvor u okruženju koje približno odgovara slobodnom polju u blizini jedne ili više refleksionih površina. Ovim standardom su obuhvaćeni svi tipovi zvučnih izvora (stacionarni, nestacionarni, fluktuirajući, zvučni izvori sa izolovanom impulsnom bukom). Ne postoje ograničenja u veličini zvučnih izvora i okruženja u kom se zvučni izvor nalazi. Zvučna snaga određena primenom ovog standarda se

može predstaviti vrednostima u frekvencijskim opsezima ili kao ukupna snaga izražena u dBA.

Merenja zvučne snage se mogu izvoditi u zatvorenom ili u otvorenom prostoru, sa jednom ili više prisutnih reflektujućih površina. U slučaju neidealnog okruženja, definisane su dodatne procedure u cilju određivanja potrebne korekcije. Uticaj okruženja se određuje upotrebom referentnog zvučnog izvora (primarno) ili merenjem apsorpcije u prostoriji. Merenja u saglasnosti sa ovim standardom su validna isključivo za vrednosti korekcije u odnosu na uticaj okruženja manje od 4 dB. U suprotnom, potrebno je primeniti [4], [9], [10] i [11].

Za primenu ovog standarda, moraju biti ispunjeni sledeći uslovi:

- Nivo ambijentalne buke mora biti bar 6 dB (poželjno 15 dB) niži od odgovarajućeg nekorigovanog nivoa zvuka zvučnog izvora izmerenog u prisustvu ambijentalne buke. Za merenja u pojedinačnim frekvencijskim opsezima, ovaj uslov mora biti ispunjen za svaki frekvencijski opseg;
- Zvučno polje u mernom okruženju ne bi trebalo da bude pod uticajem neželjenih refleksija koje dolaze od okolnih objekata ili površina u prostoriji (ne računajući refleksione površine na koje je zvučni izvor naslonjen);
- Refleksiona površina bi trebalo biti bar 0.5 m veća od merne površine;
- Merna oprema mora zadovoljiti uslove definisane u standardu [14] za klasu I.

Zvučni izvor čiji nivo zvučne snage je potrebno odrediti bi trebalo ograditi jednom od četiri merne površine:

- Polusfera, četvrtina sfere ili osmina sfere;
- Kvadar;
- Valjak, polovina valjka ili četvrtina valjka;
- Kombinacija bilo koja dva segmenta (polusfera, kvadar ili valjak).

Dimenzije ovih površina zavise od dimenzija referentne kutije (eng. *reference box*), tj. hipotetičke površine definisane najmanjim kvadrom kojim se može ograditi zvučni izvor. Konačan izbor površine se može zasnivati na obliku i dimenzijama zvučnog izvora, vodeći računa da rastojanje između svakog mikrofona i zvučnog izvora bude što sličnije. Broj i položaj mikrofona potrebnih za realizaciju merenja će zavisiti od selektovane površine, svrhe merenja, ali i tipa buke koju stvara zvučni izvor (u slučaju polusfere taj broj iznosi dvadeset).

Krajnji rezultat ISO 3744 standarda je nivo zvučne snage (ukupni ili u frekvencijskim opsezima) izračunat na osnovu vremenski usrednjenog nivoa zvuka sa korekcijom uticaja ambijentalne buke, uticaja okruženja i merne površine:

$$L_w = \overline{L'_{p(ST)}} - K_1 - K_2 + 10 \log \frac{S}{S_0} \text{ dB} \quad (1)$$

$\overline{L'_{p(ST)}}$ — vremenski usrednjen nivo zvuka, dB;

K_1 — korekcija uticaja ambijentalne buke, dB;

K_2 — korekcija uticaja okruženja;

S — merna površina u m^2 ; $S_0 = 1 m^2$.

Korekcija u odnosu na ambijentalnu buku se računa na osnovu razlike nivoa zvuka zvučnog izvora i ambijentalne buke na istoj mernoj poziciji ΔL_p . Ako je $\Delta L_p > 15$ dB, tada je $K_1 = 0$ i nema korekcije. Ako je $\Delta L_p < 6$ dB, tada je $K_1 = 1.3$ dB. Za vrednosti ΔL_p između 6 i 15 dB, primenjuje se sledeća formula:

$$K_1 = -10 \log \left(1 - 10^{-0.1 \Delta L_p} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

B. Nordtest metoda

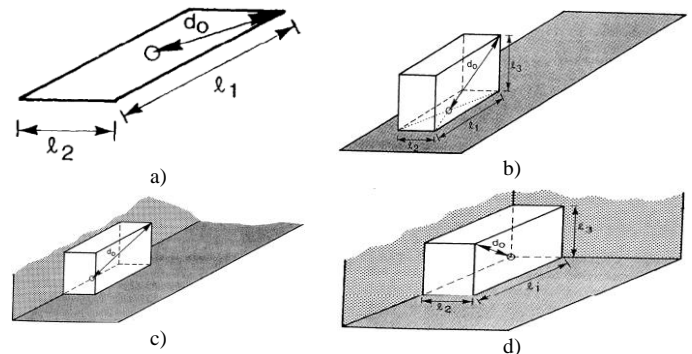
Nordtest (inženjerski metod) [13] definiše metode merenja nivoa zvuka na propisanim pozicijama u okolini zvučnog izvora i proračuna jačine izvora (eng. *source strength*) bazirane na tim merenjima. Jačina izvora je deo zvučne energije koji je relevantan za proračun nivoa zvuka na određenoj udaljenosti od zvučnog izvora. Zvuk koji se emituje vertikalno je zanemaren, a merne pozicije se biraju na način da se emitovani zvuk meri pod uglovima između 0° i 20° iznad horizontalne ravni. Zvuk emitovan pod ovim uglovima je najrelevantniji za proračun nivoa zvuka u okruženju zvučnog izvora. Rezultati merenja bazirani na ovoj metodi su primarno namenjeni za upotrebu u predikcijskim modelima kao ulazni parametri, pod pretpostavkom da se svaki zvučni izvor može modelovati ekvivalentnim tačkastim izvorom. Iz tog razloga, mora se voditi računa da se zvučni izvori definišu tako da je moguće odrediti njihov akustički centar.

Nordtest metodom je preporučena upotreba jedne od sledećih procedura:

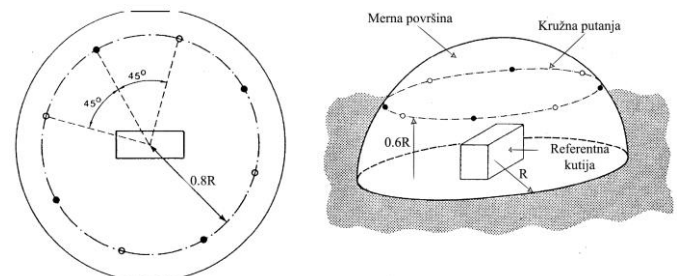
- *Nordtest sferična procedura* — Ovom procedurom je preporučeno merenje nivoa zvuka na pozicijama koje se nalaze na delu sfere opisane oko zvučnog izvora. Prečnik sfere može biti veoma veliki. Takođe, upotrebom ove procedure moguće je dobiti informaciju o karakteristici usmerenosti zvučnog izvora.
- *Nordtest procedura kutije* — Ovom procedurom je preporučeno merenje nivoa zvuka na pozicijama koje se nalaze na zamišljenoj kutiji koja je opisana oko zvučnog izvora. Udaljenost zamišljene kutije od zvučnog izvora može biti prilično mala. U ovom slučaju nije moguće dobiti informaciju o karakteristici usmerenosti zvučnog izvora.

Na sl. 1 je prikazan izgled referentne kutije (eng. *reference box*) i način određivanja karakteristične dimenzije zvučnog izvora d_0 (eng. *characteristic source dimension*), što je potrebno uraditi na početku svakog merenja. Broj mernih tačaka za obe procedure će, između ostalog, zavisiti od izgleda referentne kutije i vrednosti karakteristične dimenzije zvučnog izvora. *Nordtest sferična procedura* je primenljiv na udaljenostima bar duplo većim od karakteristične dimenzije zvučnog izvora ($R \geq 2d_0$). Sa druge strane, *Nordtest procedura kutije* je primenljiv na udaljenostima većim od 0.15 m (poželjno na udaljenostima većim od 1 m). Za

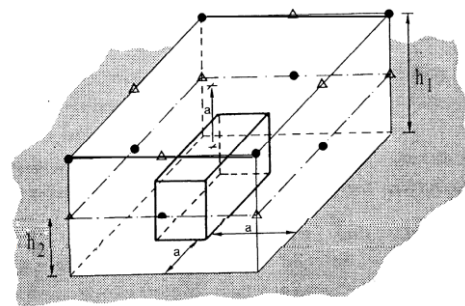
preciznije određivanje jačine izvora potrebno je da udaljenost bude što veća, uz ograničenja definisana akustičkim okruženjem (ambijentalna buka, efekat tla, refleksije). Na manjim udaljenostima od zvučnog izvora preciznost merenja je umanjena, što je posebno izraženo na niskim frekvencijama.



Sl. 1. Ilustracija referentne kutije i karakteristične dimenzije d_0 u slučaju: a) Površinskih zvučnih izvora; b) Zvučnih izvora u blizini jedne reflektujuće ravni; c) Zvučnih izvora u blizini dve reflektujuće ravni; d) Zvučnih izvora u blizini tri reflektujuće ravni [13];



Sl. 2. Nordtest sferična procedura — položaj ključnih (puni kružići) i dodatnih (prazni kružići) mikrofonskih pozicija oko referentne kutije u slučaju položaja zvučnog izvora iznad jedne reflektujuće ravni. Visina 0.6R se mora nalaziti u opsegu od 1 m do 10 m, bez obzira na vrednost dobijenu proračunom [13].



Sl. 3. Nordtest procedura kutije — položaj ključnih (puni kružići) i dodatnih (trouglovi) mikrofonskih pozicija oko referentne kutije slučaju položaja zvučnog izvora iznad jedne reflektujuće ravni. Visine h_1 i h_2 se moraju nalaziti u opsegu od 1 m do 10 m, bez obzira na vrednosti dobijenu proračunom [13].

Proračun zvučne snage izvora se, kao i u slučaju ISO 3744 standarda, određuje na osnovu (1). S obzirom da je korišćenje referentnog zvučnog izvora u cilju određivanja korekcije uticaja okruženja nepraktično, *Nordtest metoda* predlaže opisuje proceduru određivanja ove korekcija na bazi empirijskog razmatranja. Na slikama 2 i 3 prikazane su mikrofonske pozicije (ključne i dodatne) u slučaju položaja zvučnog izvora iznad jedne reflektujuće ravni za sferičnu i

proceduru kutije, respektivno. Dodatne pozicije se uvode u slucajevima kada je razlika izmedu bilo koje dve vrednosti nivoa zvuka na kljucnim pozicijama veća od 6 dB.

III. PREGLED STANDARDA ZA ODREĐIVANJE ZVUČNE SNAGE NOĆNIH KLUBOVA NA VODI BAZIRANIH NA MERENJU INTENZITETA ZVUKA

U ovom pristupu, zvučnu snagu izvora je moguće izračunati na osnovu merenja protoka zvučne energije koju emituje zvučni izvor. Procedure određivanja zvučne snage na osnovu merenja intenziteta zvuka su opisane familijom ISO 9614 standarda. Krajnji rezultat familije ISO 9614 standarda je nivo zvučne snage izražen u dBA u oktavnim ili tercnim opsezima, proračunat na bazi normalne komponente intenziteta zvuka izmerenog na svakom segmentu merne površine i svakoj površini tog segmenta. Za razliku od metoda baziranih na merenju zvučnog pritiska opisanih familijom ISO 3740 standarda, metode opisane familijom ISO 9614 standarda je moguće primeniti u manje striktnim uslovima okruženja. Ograničenja ovih pristupa baziranih na merenju intenziteta zvuka su ograničen frekvencijski opseg sonde intenziteta zvuka i vreme potrebno za implementaciju merenja.

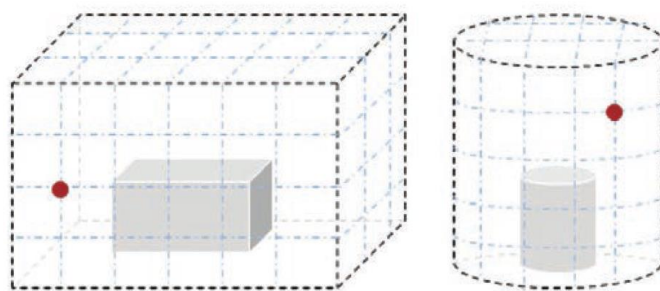
A. ISO 9614 - 1

Metode opisane ovim standardom [10] omogućavaju proračun zvučne snage u oktavnim ili tercnim opsezima ili ukupne zvučne snage u dBA bazirane na komponenti zvučnog intenziteta koja je normalna na mernu površinu, merenjem u tačkama oko zvučnog izvora. Ovaj standard je primenljiv za zvučne izvore sa širokopojasnom bukom, bukom ograničenog spektra ili tonalnom bukom. Merenja se mogu implementirati ili *in situ* ili u specijalnim okruženjima. Preporuka je da se izbegavaju merenja u prisustvu dodatnih zvučnih izvora sa promenljivom bukom ili u promenljivim uslovima okruženja.

Merenja se moraju izvoditi pomoću sonde za merenje intenziteta zvuka na precizno definisanoj mernoj površini. U proseku, udaljenost između merne površine i zvučnog izvora treba da bude veća od 0.5 m. Merenje intenziteta zvuka se vrši u najmanje 10 uniformno raspoređenih mernih pozicija sa najmanje 1 pozicijom/m². Ukoliko je potrebno izvršiti više od 50 merenja ili ukoliko u okolini ne postoji dodatni zvučni izvor sa promenljivom bukom, moguće je ograničiti broj mernih pozicija na 1 pozicija/2 m².

Za mernu površinu moguće je izabrati kvadar, polusferu, valjak ili polu-valjak. Ukoliko je moguće, preporučuje se isključenje zvučnog izvora radi utvrđivanja važnosti dodatnih zvučnih izvora za ukupno određivanje zvučne snage. Indikatori sredine (eng. *field indicators*) se moraju izračunati radi procene uticaja okruženja i veličine merne rešetke (sl. 4). Takođe, na osnovu proračuna vrednosti indikatora sredine utvrđuje se i metod preciznosti merenja (precizan metod, inženjerski metod i metod istraživanja). Indikatori sredine definisani standardom su:

- F₁ — Indikator vremenski promenljivog zvučnog polja;
- F₂ — Indikator površinskog intenziteta;
- F₃ — Indikator negativne parcijalne snage;
- F₄ — Indikator neuniformnosti polja.



Sl. 4. Merna površina sa označenim mernim pozicijama na mernoj rešetki.

B. ISO 9614 - 2

Način prikaza konačne vrednosti zvučne snage izvora proračunate upotrebom ovog standarda [11] je isti kao i u prethodnom slučaju. Međutim, za razliku od ISO 9614 - 1 standarda, u ovoj metodi sondu intenziteta zvuka je potrebno kontinuirano pomerati duž jedne ili više definisanih putanja oko zvučnog izvora (merna površina kojom je obuhvaćen zvučni izvor mora biti podeljena u segmente). Dodatno, sondom intenziteta zvuka mora biti skeniran svaki segment, kao što je prikazano na sl. 5.

Ovaj standard je primenljiv za zvučne izvore sa širokopojasnom bukom, bukom ograničenog spektra ili tonalnom bukom. Ne postoje ograničenja u dimenziji zvučnog izvora. Merenja se mogu izvoditi ili *in situ* ili u specijalnim okruženjima. Preporuka je da se izbegavaju merenja u prisustvu dodatnih zvučnih izvora sa promenljivom bukom ili u promenljivim uslovima okruženja.

Za mernu površinu moguće je izabrati kvadar, polusferu, valjak ili polu-valjak. U proseku, udaljenost između merne površine i zvučnog izvora treba da bude veća od 0.5 m. Tokom merne procedure, skeniranje je moguće izvoditi ručno ili upotrebom mehaničkog pokretnog sistema (robotska ruka). Posebna pažnja se mora obratiti na položaj sonde intenziteta zvuka kao i putanju skeniranja. Ovo može biti poseban izazov, posebno ukoliko se skeniranje vrši ručno. Jednostavniji oblici mernih površina obezbeđuju preciznije rezultate. Način skeniranja i raspodela putanja skeniranja (kao što su brzina skeniranja i udaljenost između putanja skeniranja) su definisani skupom pravila.

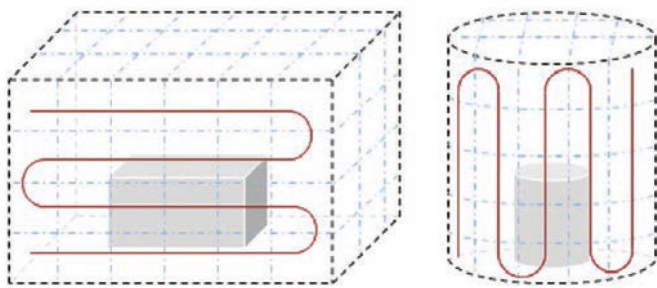
Stepen preciznosti merenja (precizan metod, inženjerski metod i metod istraživanja) zavisi od proračuna indikatora sredine:

- F_{pl} — Indikator površinskog intenziteta;
- F_{+/-} — Indikator negativne parcijalne snage.

Konačna ocena preciznosti merenja će zavisiti od tri kriterijuma:

1. Adekvatnosti merene opreme, bazira se na F_{pl};
2. Ograničenja negativne parcijalne snage, bazira se na F_{+/-};
3. Provere ponovljivosti dobijene vrednosti parcijalne snage.

Ukoliko su ispunjeni svi kriterijumi, merenje se može okarakterisati inženjerskom metodom. Ukoliko su ispunjeni samo kriterijumi 1 i 3, merenje se može okarakterisati metodom istraživanja. U ostalim slučajevima, potrebno je preduzeti skup mera definisanih ovim standardom.

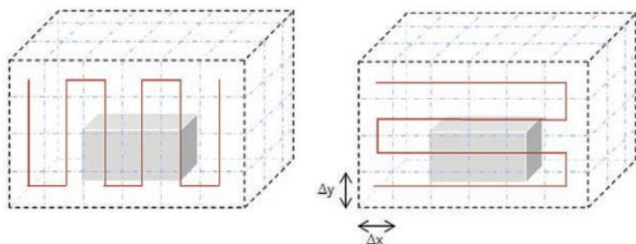


Sl. 5. Merna površina sa označenom putanjom skeniranja.

C. ISO 9614 - 3

U ovom standardu [12] je definisan sličan pristup kao i u ISO 9614 - 2 standardu, ali njegova upotreba omogućava dobijanje rezultata veće preciznosti (precizan metod). Sve preporuke u vezi sa tipom i dimenzijom zvučnog izvora, okruženjem u kome se merenje izvodi kao i prisustvom dodatnih zvučnih izvora su iste kao i u slučaju ISO 9614 - 2 standarda.

Za razliku od ISO 9614 - 1 i ISO 9614 - 2 standarda, merni sistem za merenje intenziteta zvuka upotrebom ISO 9614 - 3 standarda bi trebalo da ima mogućnost kontinualnog snimanja i intenziteta zvuka i kvadrata zvučnog pritiska. Merna površina mora sadržati parcijalne površine koje se mogu podeliti na pravougaone segmente (sl. 6). Segmenti moraju zadovoljiti sledeći uslov: $0.83 \leq \Delta x / \Delta y \leq 1.2$. U poređenju sa standardom ISO 9614 - 2 putanja skeniranja mora biti ortogonalna i način njihovog selektovanja je ograničen.



Sl. 6. Ortogonalna putanja skeniranja na pravougaonoj parcijalnoj površini.

Da bi se ispunili uslovi za metodu preciznosti, procedura merenja se sastoji od brojnih kriterijuma koji moraju biti zadovoljeni. Za izabranu putanju skeniranja, merenje se izvodi dva puta. Dve vrednosti normalne komponente zvučnog intenziteta usrednjene duž parcijalne površine skeniranja se upoređuju i ukoliko je razlika u definisanom opsegu, prvi kriterijum je zadovoljen. Ostali kriterijumi su bazirani na proračunu indikatora sredine:

- F_T — Indikator vremenski promenljivog zvučnog polja;
- $F_{p|n|}$ — Indikator površinskog intenziteta (neoznačen);
- F_{pln} — Indikator negativne parcijalne snage (označen);
- F_S — Indikator neuniformnosti polja.

Ukoliko je prvi kriterijum zadovoljen, konačna ocena preciznosti merenja će zavistiti od preostala četiri kriterijuma:

1. Adekvatnost merene opreme, bazira se na $F_{p|n|}$;
2. Prisustvo jake eksterne buke, bazira se na F_{pln} i $F_{p|n|}$;
3. Neuniformnost polja, bazira se na F_S ;
4. Adekvatnosti gustine linije skeniranja, bazira se na F_S .

Ukoliko je svih pet kriterijuma zadovoljeno, određena

vrednost intenziteta zvuka se može koristiti za određivanje zvučne snage izvora preciznom metodom. Ovim standardom je definisan skup mera za slučaj kada neki od kriterijuma nije zadovoljen.

IV. ZAKLJUČAK

Noćni klubovi na vodi se odlikuju velikim dimenzijama i nestacionarnom bukom koja će zavistiti od vrste reprodukovane muzike i broj standarda koji se mogu primeniti u ovakvim okolnostima nije veliki. Teorijski, moguće je primeniti dva standarda koji se zasnivaju na merenju zvučnog pritiska (ISO 3744 i *Nordtest metod*) i tri standarda koji se zasnivaju na merenju intenziteta zvuka (ISO 9614 - 1, ISO 9614 - 2 i ISO 9614 - 3). U svim standardima osim *Nordtest metode* definisane su tri metode preciznosti: precizan metod, inženjerski metod i metod istraživanja. S obzirom da se metod istraživanja najčešće koristi u svrhe poređenja zvučnih izvora i ima ograničenu vrednost u proceni buke i da se precizan metod uglavnom koristi u laboratorijskim uslovima — u oceni buke noćnih klubova na vodi preporučuje se upotreba standarda baziranih na inženjerskoj metodi.

Iako standardi bazirani na merenju intenziteta zvuka imaju manja ograničenja u kontekstu okruženja u kom se merenja izvode, dimenzije noćnih klubova čine ih nepraktičnim zbog velikog broja mernih pozicija i dužine putanje skeniranja. Takođe, za izvođenje takvih merenja potrebna je posebna merna oprema koja uključuje sondu intenziteta zvuka, što predstavlja dodatno tehničko ograničenje za većinu relevantnih institucija. Dodatno, paralelno merenje intenziteta zvuka u više mernih tačaka za slučaj noćnih klubova na vodi je praktično neizvodljivo i samim tim dovodi u pitanje tačnost određene zvučne znage izvora.

Iako naizgled vrlo slični, ISO 3744 i *Nordtest metod* imaju dve bitne razlike. Prva razlika se ogleda u broju preporučenih mernih pozicija — u slučaju ISO 3744 standarda taj broj je dvadeset, dok je u slučaju *Nordtest metode* taj broj četiri (u slučaju nepovoljnih uslova okruženja ali i preciznijeg merenja preporučuje se uvođenje dodatne četiri pozicije, ukupno osam). Druga razlika je vezana za određivanje korekcije uticaja okruženja. ISO 3744 preporučuje upotrebu referentnog zvučnog izvora u slučaju merenja u otvorenom prostoru ili upotrebu merenja vremena reverberacije u slučaju merenja u prostoriji. Oba načina određivanja korekcije uticaja okruženja se ne mogu primeniti u slučaju noćnih klubova na vodi. Sa druge strane, *Nordtest metod* precizno definiše vrednosti ove korekcije za različite praktične situacije u kojima se može naći zvučni izvor. Sve prethodno navedeno dovodi do zaključka da je za ocenu buke noćnih klubova na vodi preporučljivo koristiti *Nordtest metod*.

ZAHVALNICA

Autor rada želi da izrazi posebnu zahvalnost kompaniji Structor Akustik AB sa sedištem u Stokholmu na korisnim diskusijama, resursima koji su mu dati na korišćenje, kao i finansiranju učešća na konferenciji.

LITERATURA

- [1] *Acoustics – Noise emitted by machinery and equipment – Rules for the drafting and presentation of a noise test code*, ISO 12001, December, 1996.
- [2] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards*, ISO 3740, November, 2000.
- [3] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation rooms*, ISO 3741, October, 2010.
- [4] *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for a hard walled test room*, ISO 3743 - 1, October, 2010.
- [5] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms*, ISO 3743 - 2, November, 1994.
- [6] *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane*, ISO 3744, October, 2010.
- [7] *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic rooms*, ISO 3745, March, 2012.
- [8] *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*, ISO 3746, December 2010.
- [9] *Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering/survey methods for use in situ in a reverberant environment*, ISO 3747, December, 2010.
- [10] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*, ISO 9614 - 1, June, 1993.
- [11] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning*, ISO 9614 - 2, August, 1996.
- [12] *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 3: Precision method for measurement by scanning*, ISO 9614 - 3, November, 2002.
- [13] *Industrial plants: Noise emission*, NT ACOU 080, February, 1991.
- [14] *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*, IEC 61672 - 1, May, 2002.

ABSTRACT

Floating river clubs are well known specificity of Belgrade, but also serious noise sources in the wide environment, especially during night. For noise prediction it is necessary to estimate data concerned their sound power. Choosing the correct standard for qualifying such acoustic sources can be a challenge. The decision must take into account a number of factors: type of noise source, available equipment and testing environment, regulations, etc. This paper provides an overview of the existing standards for determining the sound power, but also a possibility of application of such standards in order to quantify the nightclubs on the river as a noise source. According to the specificity of the noise emitted by the floating night clubs and their dimensions, this paper suggests usage of engineering approach defined by Nordtest method in order to determine their sound power.

Analysis of the applicability of the existing standards for determining the sound power in the assessment of noise emitted by the floating river clubs

Stefan Dimitrijević, Miomir Mijić