

Uticaj barijere za zaštitu od buke na lokaciji Kliničkog centra u Beogradu

MARIJANA R. MOŠIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

NATAŠA D. VIDOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

VLADIMIR D. ĐORIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Saobraćajni fakultet, Beograd

Stručni rad

UDC: 504.6:534.322.3(497.11)

DOI: 10.5937/tehnika1902271M

U ovom radu istraženi su načini merenja nivoa saobraćajne buke upotrebom mernog instrumenta klase 2 i mobilnog telefona sa aplikacijom za merenje buke da bi se utvrdila mogućnost korišćenja aplikacija u ove svrhe. Analiza rezultata merenja sprovedena je na barijeri za zaštitu od buke koja je postavljena u okolini Kliničkog centra u Beogradu. Meren je nivo buke na karakterističnim mestima sa unutrašnje i spoljašnje strane barijere, u istom vremenskom intervalu. Takođe, meren je nivo buke koji se registruje na spratovima Kliničkog centra koji se nalaze na većoj nadmorskoj visini u odnosu na primarno štitičeni objekat Hitne pomoći koji se nalazi u nivou sa barijerom. Poređenjem rezultata izvedeni su zaključci u vezi sa načinima merenja i opravdanošću postavljanja barijere za zaštitu od buke na lokaciji istraživanja.

Ključne reči: saobraćaj, buka, životna sredina, barijera

1. UVOD

Transportni sistemi su važna komponenta društva jer predstavljaju infrastrukturu koja zadovoljava ljudske potrebe za mobilnošću i pristupačnošću. U gradovima veliki deo stanovništva je izložen visokim nivoima buke, a u većini slučajeva glavni izvor buke je saobraćaj. Prema istraživanjima, emisija buke po vozilu nije se značajno promenila od osamdesetih godina dvadesetog veka do danas dok je, sa druge strane, postignut uspeh u pogledu smanjenja zagađenosti vazduha u drumskom saobraćaju [1]. Buka je čest uzrok poremećaja sna, jer mozak nastavlja da obrađuje prispele zvučne stimulanse. Zbog toga su merenje intenziteta saobraćajne buke i procena broja stanovnika izloženih saobraćajnoj buci u gradskim sredinama od suštinskog značaja za zdravo upravljanje okruženjem i mogu da pruže osnovne podatke neophodne za upravljanje saobraćajnom bukom.

Saobraćajna buka je jedan od glavnih faktora u nepovoljnom uticaju na ljudsko zdravlje u Evropi, a nedavna procena u Švajcarskoj utvrdila je da je nepo-

voljan uticaj saobraćajne buke (izražen u novcu) bio jednak uticaju zagađenja vazduha [2]. Buka predstavlja stvarnu opasnost po zdravlje ljudi jer izaziva fizički i psihički stres. Ovaj uticaj najvećim delom proizilazi iz poremećaja i uznemirenosti spavanja izazvanih bukom, povećanja bolesti srca i kognitivnog oštećenja. Brojna istraživanja su pokazala da buka veoma često dovodi do poremećaja sna, budući da mozak i u stanju sna analizira primljene zvučne stimulanse. Stoga može doći i do autonomne reakcije, poput povećanja srčane frekvence. Štaviše, nizak nivo buke koji može da uznemirava tokom sna možda čak neće imati isti efekat u budnom stanju. Zbog toga, uprkos supresivnom efektu stanja spavanja na sistem stresa i nivoa stresnih hormona u krvi, poremećaj spavanja izaziva veću aktivaciju ovih stresnih sistema od njihove tipične aktivacije u budnom stanju [3]. Nekoliko studija je istraživalo izolovani uticaj buke od drumskog saobraćaja na kardiovaskularne bolesti (CVD) gde se pokazalo da hronično izlaganje buci ima negativan uticaj na hipertenziju [4].

Najčešći način zaštite od buke je korišćenjem barijera za zaštitu od buke. U Srbiji se poslednjih godina barijere koriste sve više, naročito na autoputskoj saobraćajnoj mreži, ali učestaliji su i primeri korišćenja u urbanim sredinama. Kako bi barijere bile efikasne u smanjenju nivoa saobraćajne buke, moraju biti dovoljno visoke i odgovarajuće dužine. Barijera može

Adresa autora: Marijana Mošić, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305
e-mail: marijanamosic7@gmail.com

Rad primljen: 16.03.2019.

Rad prihvaćen: 23.03.2019.

postići smanjenje buke od 5 dB kada je postavljena na istoj nadmorskoj visini na kojoj se nalazi objekat koji treba zaštititi. U ovakvom slučaju, može postići približno 1,5 dB dodatnog smanjenja buke za svaki nardni metar visine [9]. Smanjenje nivoa buke uz pomoć barijera u praksi može biti i do 15 dB, ukoliko se barijere realizuju u odgovarajućim uslovima, pre svega terenskim. Ukoliko se štite objekti smešteni uz saobraćajnice sa izrazitim dinamičkim saobraćajem, smanjenje nivoa buke je zapravo bliže 5-10 dB. Međutim, konvencionalne barijere za buku imaju određene nedostatke, npr. može povećati nivo buke sa druge strane puta [10].

Merenja buke koja se koriste u planiranju i upravljanju saobraćajnom bukom obično se dobijaju korišćenjem sofisticirane opreme i sledeći posebne smernice za način i lokacije merenja [5]. U eri mobilnih telefona bilo je značajno ispitati u kojoj meri je moguće osloniti se na ovakva merenja. U prethodnim istraživanjima su već testirane mogućnosti mobilnih telefona kao mernih uređaja.

Do 2016. godine kada je sprovedeno opsežno istraživanje na velikom broju mobilnih telefona aplikacije za merenje buke nisu bile potpuno spremne da zamene tradicionalne načine merenja, ali se naglašava potencijal da sa razvojem tehnike ova mogućnost postaje sve veća [6].

S druge strane, kombinacija više pametnih telefona koji deluju kao mobilni senzorski uređaji omogućavaju postizanje masovnog praćenja, ali ipak greške koje se pojavljuju mogu varirati od 1% do 12% u najboljim slučajevima. U apsolutnom smislu, greške između 1 i 2 dB su prihvatljive za merenje buke u većini situacija [7]. Mobilni telefoni su prepoznati kao izvor koji može da pruži dodatne podatke (npr. buka unutar prostorija), a ne da zameni postojeća naučna (precizna) merenja [5].

2. METODOLOGIJA

U radu su analizirani efekti ugradnje barijere za zaštitu od buke na lokaciji Kliničkog centra, a pre svega objekta Hitne pomoći. Merenja realnih nivoa saobraćajne buke biće utvrđeni korišćenjem uređaja za merenje buke klase 2 i mobilnog telefona, radi utvrđivanja mogućnosti korišćenja rezultata ovih merenja.

2.1. Prostor i period istraživanja

Prostor istraživanja je predstavljen na slici 1 i predstavlja okolinu Kliničkog centra Srbije, na delu auto-puta E-75. Postavljene barijere za zaštitu od buke primarno štite objekat Hitne pomoći, ali dužina i lokacija barijere kao da treba da zaštite i objekte Kliničkog centra koji se nalaze na brdu iznad.



Slika 1 - Lokacije na kojima je vršeno istraživanje

Postavlja se pitanje svrsishodnosti ovako postavljene barijere naročito u delu kojim se štite objekti Kliničkog centra. U tom kontekstu su i izabrane lokacije merenja buke.

Na slici 1 prikazane su precizne lokacije na kojima je izvršeno istraživanje. U pitanju su objekat Hitne pomoći, Klinički centar i barijera za zaštitu od buke. Takođe su prikazane i lokacije merenja vršenih u

svakom pojedinačnom poglavlju. Istraživanje je vršeno u poslepodnevnom vršnom periodu (od 15 h do 17 h) jer je to period sa najvećim protokom saobraćaja.

2.2 Metoda prikupljanja podataka

Za istraživanje korišćen je instrument za merenje buke Peak Tech 8005 (klase 2 preciznosti) i aplikacija Sound meter na smart mobilnim telefonima iste marke i operativnog sistema Android 7.

Uređajima su vršena paralelna merenja sa spoljašnje i unutrašnje strane barijere da bi se ocenile mogućnosti korišćenja mobilnog telefona u realnim merenjima. Instrumentom Peak Tech je kontinualno sniman zvuk sa frekvencijom od 8 Hz (odnosno na svakih 125 ms).

Sound meter aplikacija na smart telefonu je omogućavala snimanje samo sa frekvencijom od 1 Hz (odnosno u svakoj sekundi). Zabeleženi su samo maksimalan, minimalan i prosečan nivo buke.

Izmeren je i nivo buke na višim spratovima Kliničkog centra da bi se utvrdili nivoi buke koji dopiru do objekta. Snimanje je vršeno u unutrašnjosti objekta (u sobi čiji su prozori okrenuti ka izvoru buke, na pola metra od otvorenog prozora), kao i ispred zgrade Kliničkog centra.

Obrada podataka sa oba uređaja izvršena je u programskom paketu MS Excel 2013. Podaci su analizirani za minimalan, maksimalan i ekvivalentan nivo buke. Izvršena je uporedna analiza dobijenih podataka sa mernog instrumenta i aplikacije mobilnog telefona kako bi se utvrdila odstupanja i nivo preciznosti oba korišćena uređaja.

3. REZULTATI

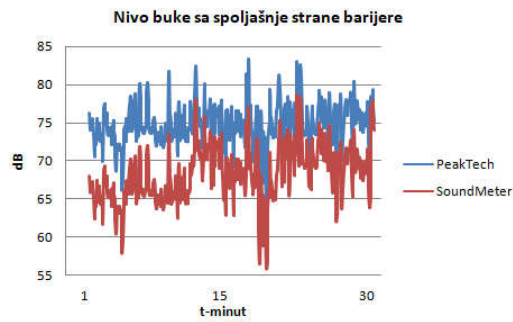
3.1. Rezultati merenja sa spoljašnje strane barijere

Prilikom snimanja, merni uređaji su postavljeni jedan do drugog, na prostoru između zaštitne barijere i auto-puta. Snimanje je vršeno kontinualno 30 minuta. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1. Izmerene vrednosti nivoa buke sa spoljašnje strane barijere

| | MIN | MAX | Ekv.nivo |
|------------|-------|-------|----------|
| PeakTech | 64,20 | 83,30 | 75,54 |
| SoundMeter | 55,90 | 78,70 | 69,74 |

U prvom redu tabele prikazani su dobijeni rezultati mernim instrumentom PeakTech dok su u drugom redu tabele prikazani rezultati mobilne aplikacije SoundMeter. Postoje značajna odstupanja u izmerenim vrednostima mernim instrumentom i uz pomoć mobilne aplikacije, a odstupanja su u nekim momentima i 10 dB. Maksimalna izmerena vrednost je 83,30 dB (PeakTech) odnosno 78,70 dB (SoundMeter).



Grafik 1 - Promena nivoa buke u periodu merenja sa spoljašnje strane barijere

Na grafiku 1 prikazana je promena nivoa buke. PeakTech uređajem su zabeleženi nivoi buke u rasponu između 64,20 dB i 83,30 dB, a aplikacijom SoundMeter vrednosti od 55,90 do 78,70 dB.

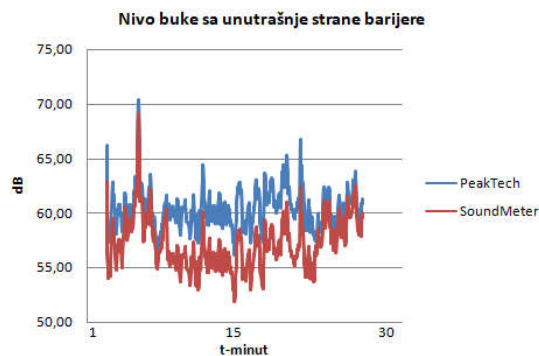
3.3. Rezultati merenja sa unutrašnje strane barijere

U istom vremenskom intervalu, postavljeni su merni instrumenti sa unutrašnje strane zaštitne barijere. Kontinualno je mereno 30 minuta. Izmerene vrednosti prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. Izmerene vrednosti nivoa buke sa unutrašnje strane barijere

| | MIN | MAX | Ekv.nivo |
|------------|-------|-------|----------|
| PeakTech | 56,20 | 70,40 | 60,85 |
| SoundMeter | 51,90 | 69,10 | 57,99 |

Odstupanja u rezultatima merenja pomoću uređaja i uz pomoć aplikacije su iznosila do 7 dB, što je znatno manje nego pri merenju sa spoljašnje strane zida. Maksimalna izmerena vrednost je 70,40 dB (PeakTech) odnosno 69,10 dB (SoundMeter).



Grafik 2 - Promena nivoa buke u periodu merenja sa unutrašnje strane barijere

Izmerene vrednosti su na početku snimanja bile približne na oba uređaja, nakon čega je došlo do oscilacija da bi se na kraju vratile na približne vrednosti. Ekvivalentna izmerena vrednost je 60,85 dB na mernom instrumentu, odnosno 57,99 dB uz pomoć aplikacije.

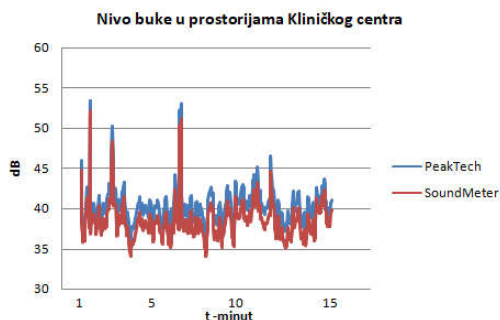
3.3. Rezultati merenja iz prostorija Kliničkog centra

Na definisanim lokacijama unutar Kliničkog centra, u prostorijama koje su svojom lokacijom takve da su najviše izložene buci, na pola metra od otvorenog prozora postavljeni su merni uređaji. Snimanje je vršeno kontinualno 15 minuta, a izmerene vrednosti date su u tabeli 3.

Tabela 3. Izmerene vrednosti nivoa buke u dB

| | MIN | MAX | Ekv.nivo |
|------------|-------|-------|----------|
| PeakTech | 36,00 | 53,40 | 41,20 |
| SoundMeter | 34,10 | 52,20 | 39,39 |

Većih odstupanja od 3 dB u rezultatima sa jednog i drugog uređaja nije bilo. Sve dobijene vrednosti kreću se u rasponu od 34 dB do 54 dB. Maksimalna izmerena vrednost je 53,40 dB odnosno 52,20 dB. Promena nivoa buke na navedenim lokacijama prikazan je na grafiku 3.



Grafik 3 - Promena nivoa buke u periodu merenja u Kliničkom centru

3.4. Rezultati merenja ispred objekta Hitne pomoći

Kako je objekat Hitne pomoći primarni objekat koji se štiti od buke, na šta ukazuje pozicija zaštitnog zida, izvršeno je merenje nivoa buke ispred samog objekta. U skladu sa Pravilnikom o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini, uređaji su postavljeni na visini od 1,4 m od površine terena, na udaljenosti 3,5 m od zida objekta. Na slici 2 prikazani su merni instrumenti i istraživač ispred objekta.

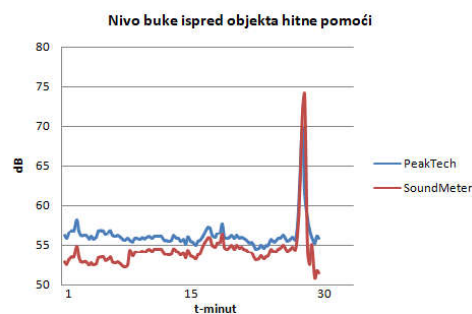
Rezultati merenja prikazani su u sledećoj tabeli.

Tabela 4. Izmerene vrednosti nivoa buke u dB

| | MIN | MAX | Ekv.nivo |
|------------|-------|-------|----------|
| PeakTech | 54,50 | 69,90 | 57,13 |
| SoundMeter | 50,90 | 74,00 | 59,92 |

Mogu se primetiti značajna odstupanja u rezultatima, gde je maksimalna vrednost izmerena mernim instrumentom 69,90 dB dok je mobilnom aplikacijom maksimalna vrednost 74 dB. Razlike između izmerenih nivoa buke sa uređaja su u rasponu od 3 do 6 dB. Ekvivalentna izmerena vrednost je 57,13 dB odnosno

59,92 dB. Karakterističan skok u rezultatima merenja je u vezi sa trenutkom kada je prolazilo vozilo hitne pomoći.



Grafik 4 - Promena nivoa buke u periodu merenja ispred objekta hitne pomoći

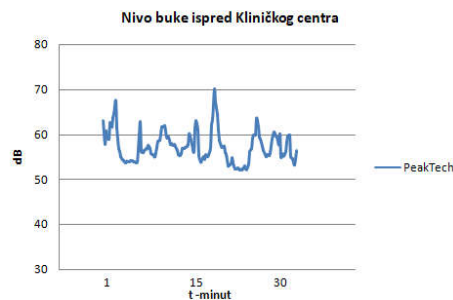
3.5. Rezultati merenja ispred Kliničkog centra

U istom vremenskom intervalu, postavljeni su merni instrumenti ispred zgrade Kliničkog centra. Kontinualno je mereno 30 minuta.

Tabela 5. Izmerene vrednosti nivoa buke u dB

| | MIN | MAX | Ekv.nivo |
|----------|-------|-------|----------|
| PeakTech | 52,10 | 70,20 | 59,02 |

Minimalna vrednost izmerena mernim instrumentom je 52,10 dB, dok je maksimalna 70,20 dB. Ekvivalentna izmerena vrednost je 59,02 dB.



Grafik 5 - Promena nivoa buke u periodu merenja ispred objekta Kliničkog centra

4. DISKUSIJA REZULTATA

Izmerene ekvivalentne vrednosti u vršnom periodu sa unutrašnje strane barijere su 60,85 dB, odnosno 57,99 dB što je u okviru dozvoljenog dnevnog nivoa saobraćajne buke od 65 dB u oblastima zona duž autoputeva. Iz priloženog se može zaključiti da postavljena zaštitna barijera smanjuje nivo buke za oko 15 dB u proseku spuštajući ga na nivo koji je poželjan za posetioce ovog područja.

Dozvoljeni nivoi saobraćajne buke u oblastima bolnica je 50 dB danju, odnosno 40 dB noću. Na osnovu dobijenih rezultata iz prostorija Kliničkog centra koje su svojom lokacijom najizloženije saobraćajnoj buci sa auto-puta ekvivalentna izmerena

vrednost je 41,20 dB odnosno 39,39 dB u dnevnom periodu što je u okviru dozvoljenih vrednosti. Međutim, merenjem izvršenim ispred objekta hitne pomoći utvrđeno je da je ekvivalentan nivo buke značajno iznad dozvoljenog nivoa buke. Minimalna vrednost nivoa buke na posmatranoj lokaciji je 54,50 dB što je 4,50 dB iznad dozvoljenog nivoa u oblasti bolnica.

Na osnovu rezultata dobijenih merenjem ispred zgrade Kliničkog centra jasan je zaključak da izmereni nivoi buke značajno premašuju dozvoljene, gde je ekvivalentna izmerena vrednost 59,02 dB, dok maksimalna izmerena vrednost iznosi 70,20 dB što je značajna razlika od dozvoljenog dnevnog nivoa buke od 50 dB.

5. ZAKLJUČAK

Uporednom analizom rezultata sa oba merna uređaja dolazi se do zaključka da aplikacije na smart mobilnim telefonima nisu merodavne i nikako se ne bi trebale koristiti za ovakva istraživanja jer još uvek nemaju dovoljnu preciznost.

Na osnovu sprovedenog istraživanja može se zaključiti da je na lokaciji auto-puta E-75, potez od Hitne pomoći do petlje Mostar, zahvaljujući zaštitnoj barijeri, nivo buke smanjen, ali ne u dovoljnoj meri da bi nivo buke bio u okviru dozvoljenih granica. Takođe, kada posmatramo Klinički centar koji se nalazi na uzvišenju, buka od auto-puta ne nailazi na prepreku kada su u pitanju viši spratovi.

Saobraćajna buka sa auto-puta nije jedini izvor saobraćajne buke koja dopire do primaoca zvuka u Kliničkom centru i njegovoj bližjoj okolini, već i automobili posetilaca, saniteti i vozila Hitne pomoći, kao i Ulica kneza Miloša koja je takođe prometna.

Kako barijera ne spušta nivo buke u granice dozvoljenih vrednosti kod objekta Hitne pomoći, a prethodno smo naveli i dodatne faktore koji utiču na buku, dovodi se u pitanje da li produžetak barijere kojim se štiti objekat Kliničkog centra uopšte ima bilo kakvu ulogu u tom smislu.

Do danas je razvijeno više strategija smanjenja buke. Različite strategije smanjenja buke dele se na one koji smanjuju buku koja potiče od pneumatika i vozni površina i one koji se odnose na buku pogona, protok saobraćaja ili distribuciju stanovništva. Smanjivanje buke od pneumatika može se postići korišćenjem tzv. „nečujnih“ guma ili vozni površina. Ovakvo postavljene vozne površine mogu biti ili elastične,

poput gumiranog asfalta, ili porozne, poput poroznog ili propusnog asfalta, ili i jedno i drugo (poroelastične vozne površine). Gumirani asfalt se već koristi u mnogim oblastima, a smanjenje buke, u odnosu na standardne vozne površine, kreće se u rasponu od 3 do 10 dB [8] i može biti jedno od rešenja za smanjenje buke kod Kliničkog centra u budućnosti.

LITERATURA

- [1] Ögren M, Molnár P, & Barregard L, Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015–2035. *Environmental research*, 164, 516-521, 2018.
- [2] Cantuaria M. L, Usemann J, Proietti E, Blanes-Vidal, V, Dick B, Flück C. E, ... & Frey U, Glucocorticoid metabolites in newborns: A marker for traffic noise related stress?. *Environment international*, 117, 319-326, 2018.
- [3] Jafari Z, Kolb B. E, & Mohajerani M. H, Chronic traffic noise stress accelerates brain impairment and cognitive decline in mice. *Experimental neurology*, 308, 1-12, 2018.
- [4] Andersson J, Oudin A, Sundström A, Forsberg B, Adolfsson R, & Nordin M, Road traffic noise, air pollution, and risk of dementia—results from the Betula project. *Environmental research*, 166, 334-339, 2018.
- [5] Leao S, Krezel A. and Ong K. L, 2Loud? Monitoring traffic noise with mobile phones. *Environmental Monitoring Assessment*. 186(10):6193-206, 2014.
- [6] Murphy E. and King E. A, Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*. 106. 16–22, 2016.
- [7] Zamora W. et al. Accurate Ambient Noise Assessment. *Sensors (Basel)*. 17(4): 917, 2017.
- [8] Licitra G, Cerchiai M, Teti L, Ascari E. & Fredianelli L, Durability and variability of the acoustical performance of rubberized road surfaces. *Applied Acoustics*, 94, 20-28, 2015.
- [9] INDOT Office of Public Involvement, Noise barriers brochure
- [10] Traffic Noise Study Report, Office of Environmental Engineering and Corridor Studies

SUMMARY

IMPACT OF NOISE BARRIER AT THE LOCATION OF THE CLINICAL CENTER IN BELGRADE

In this paper, the methods for measuring the traffic noise level have been explored using a Class 2 measuring instrument and a mobile phone with a noise measurement application to determine the possibility of using applications for these purposes. Noise level was measured on the barrier for noise protection, located in the vicinity of the Clinical Center in Belgrade. Noise level was measured at pre-defined spots, at the same time, from the inside and outside of the barrier. Also, the noise level measured by sound receivers is recorded on the floors of the Clinical Center at a higher altitude compared to the primary protected ambulance facility which is located at the same level with the barrier. By comparing the results, conclusions were drawn regarding the measurement methods and the justification of setting the noise barrier at the location of the research.

Key words: *traffic, noise, environment, barriers*