

DOI: 10.7251/EMC1801134B

Datum prijema rada: 28. mart 2018.

Datum prihvatanja rada: 22. maj 2018.

UDK: 625.712:332.36

Časopis za ekonomiju i tržišne komunikacije

Godina VIII • broj I

str. 134-149

KRATKO SAOPŠTENJE / SHORT REPORT

EKONOMSKI ASPEKTI BUKE OD GRADSKOG SAOBRAĆAJA: STUDIJA SLUČAJA

Jelena Božić | Redovni profesor, naučni savjetnik, JNU Institut za zaštitu i ekologiju Republike Srpske, Banja Luka, jelena.bozic@institutzei.net

Predrag Ilić | Vanredni profesor, viši naučni saradnik, JNU Institut za zaštitu i ekologiju Republike Srpske, Banja Luka, predrag.ilic@institutzei.net

Ljiljana Stojanović Bjelić | Docent, Panevropski univerzitet Apeiron, Banja Luka, ljiljana.v.stojanovicbjelic@apeiron-edu.eu

Apstrakt: *Zagađenje bukom jedan je od glavnih problema životne sredine danas. Efekti prekomjerne buke održavaju se na životne i radne uslove, a time i na ekonomiju. Glavni izvor buke u životnoj sredini je saobraćajna buka, osobito buka drumskih vozila. Cilj studije slučaja bio je utvrditi nivo buke na lokaciji "Borik" u Banjoj Luci i provjeriti hipotezu o značajnom prekoračenju graničnih vrijednosti. Mjerenje i analiza dobijenih rezultata pokazuju da je nivo buke alarmantan. Raspravljaju se zdravstveni i socijalno-ekonomski uticaji zagađenja bukom te ekonomske i društvene koristi povezane s njegovim smanjenjem. Kao rezultat razmatranja ekonomskih uticaja povezanih s različitim funkcionalnostima u procesu smanjenja buke u urbanizmu, arhitekturi i dizajnu vozila analiziraju aspekti ekonomske evaluacije najefikasnijih i ekonomski najopravdanijih intervencija s ciljem saniranja zagađenja bukom u strateškom interesu javnog zdravlja i nacionalne ekonomije.*

Ključne riječi: *zagađenje bukom, gradski drumski saobraćaj, mjerenje i analiza, smanjenje, ekonomska evaluacija.*

JEL klasifikacija: Q 53, R 41, I 1.

UVOD

Buka je, po definiciji, čujnaakustična energija koja ima štetan uticaj na fiziološko i psihološko stanje ljudi i životne sredine i njihove ukupne dobrobiti, a time i na ekonomske i socijalne benefite. Prema Direktivi Evropske unije (Directive 2002/49/EC), pojam „ambijentalna buka“ (komunalna buka) se odnosi na neželjene i štetne vanjske uticaje nastale ljudskom aktivnošću, uključujući buku nastalu sredstvima transporta (drumskim, željezničkim i vazдушnim

saobraćajem), ili na mjestima industrijske aktivnosti (definisane u Aneksu I Direktive 96/61/EC od 24. septembra 1996. godine), što se odnosi na izloženost populacije buci ugradovima.

Štetno djelovanje prekomjerne buke prepoznao je veoma rano u prošlosti. Tako su još u antičkom Rimu postojala noćna ograničenja kretanja dvokolica sa gvozdanim točkovima po kamenim gradskim ulicama, kako bi se spriječila buka i ometanje noćnog odmora. Jednako je i u srednjem vijeku u evropskim gradovima postojala zabrana konjskih kočija u noćnim satima (Božić i sar., 2012). S civilizacijskim, a time i urbanim razvojem, u savremenom dobu saobraćajna buka u gradovima je postala jedan od glavnih uzroka kompleksnog oštećenja zdravlja, a time i negativnog efekta na ekonomiju i društvo. I pored toga, u poređenju s drugim aspektima u životnoj sredini, posebno sa zagađenjem vazduha, rješavanje problema komunalne buke zbog nedovoljnog prepoznavanja svih njenih direktnih i indirektnih, a posebno kumulativnih negativnih efekata kroz duže vrijeme izloženosti, još uvijek nije na odgovarajućem nivou, posebno ne u ekonomski nedovoljno razvijenim zemljama. (WHO, 2011)

Buka je stresogeni faktor koji utiče na poremećaj psihosomatskog zdravlja - izaziva specifične i nespecifične efekte, kao i stalne i privremene reakcije organizma. Buci, i to dominantno od saobraćaja (80%) izloženo je preko 25% stanovnika u Evropi. Prema zvaničnom izvještaju Evropske agencije za životnu sredinu 2014. godine je oko 125 miliona ljudi danonoćno bilo pod uticajem buke drumskog saobraćaja nivoa iznad 55 dB, što je prouzrokovalo 10.000 slučajeva prijevremene smrti, nervozu i uznemirenost kod skoro 20 miliona odraslih a 8 miliona godišnje je imalo poremećaj spavanja. Zabilježeno je i preko 900.000 slučajeva hipertenzije i 43.000 hospitalizovanih godišnje (EEA, 2014). Ovaj broj stalno raste i taj trend je sasvim realno očekivati i u budućnosti. Prema podacima Ujedinjenih nacija 2016. godine u gradovima je živjelo 54,5% svjetske populacije, dok je npr. 1950. godine urbano stanovništvo činilo tek 30%. UN predviđaju da će taj procenat 2030. godine biti 60%, a do 2050. godine u gradovima će živjeti 70% svjetske populacije (UN, 2016). Zbog posljedičnog širenja gradova i sve veće potrebe za transportom, izrazit je trend povećanja broja drumskih vozila (Cerin et al., 2007), a time izagađenje bukom¹. U BiH je tako 2016. godine bilo 951.324

¹ Iako je buka vozila u drumskom saobraćaju zbog poboljšanih performansi vozila između 1970. i 1996. imala trend smanjenja, danas je zbog povećanja broja vozila na putevima u smislu učestalosti i udaljenosti putovanja, evidentno povećanje buke.

registrovanih motornih vozila (Agencija za statistiku, 2017:2)², od čega u Republici Srpskoj 370.767. U odnosu na 345.636 u prethodnoj godini povećanje je za 25.131. motornih vozila, a od 2007 broj registrovanih motornih vozila povećan je za 103.051 i 27,79% (Republički zavod za statistiku, 2017:413). U odnosu na vrstu pogonskog goriva 68% vozila koristi dizel, 28% benzin i 4% sve ostale tipove (Agencija za statistiku, 2017:4). Prema istom izvoru, velika starost vozilau Bosni i Hercegovini (68% starijih od 10 godinaa samo 2% novih vozila, starosti do 2 godine), značajan su faktor rezultata dobijenih mjerenjem buke i na predmetnoj lokaciji.

Buka drumskog saobraćaja (automobili, autobusi, kamioni i motocikli) je najrasprostranjeni izvor buke u gradovima i primarni je uzrok koji izaziva ometanje ljudskih aktivnosti (75% ukupnog zagađenja bukom). Dugotrajna izloženost visokim nivoima buke ima dalekosežne negativne uticaje na dobrobit i zdravlje ljudi, što ima mjerljive ekonomske konsekvence: troškovi liječenja, opadanje radne aktivnosti i produktivnosti, povećanje smrtnosti, pad tržišne vrijednosti zgrada u zonama prekomjerne buke (UN, 2016).

Istraživanjima u svijetu utvrđeno je dovoljno dokaza za povezivanje duže izloženosti dejstvu buke sa nizom štetnih efekata na ljudsko zdravlje - auditivnih (zaglušnost, šum, neugodna bol i gubitak sluha) ineauditivnih (fiziološke reakcije na stres - smetnje kardio-vaskularnog, probavnog i imunološkog sistema, smanjenje pažnje i pamćenja, suženje vidnog polja i sl.). Dugotrajna izloženost buci dovodi do pomenutih zdravstvenih smetnji i pogoršava postojeće hronične bolesti kao što su upale zglobova, bronhitis, depresija (WHO, 1999; Niemann & Maschke, 2004). Osobe koje žive ili rade u permanentno bučnoj sredini su dva do tri puta u većoj opasnosti od srčanog infarkta (WHO, 1999).

Istraživači i dubinske analize potvrdili su uticaj buke na kardiovaskularne bolesti, hipertenziju i poremećaj spavanja. Ova odabrana zdravstvena područja imaju najbolje izgleda za razvoj statistički valjanih odnosa između izloženosti buke i zdravlja. Ovdje jasno čitljiv odnos „doze i odgovora“ u populaciji direktno je iskoristiv za proračun ekonomskih troškovaštetnih uticaja na zdravlje povezanih s bukom, posebno za ekonomsku procjenu incidencija infarkta miokarda u odnosu na dužu izloženost visokim nivoima buke. Iako su naučnici pronašli čvrste dokaze za povezivanje buke s hipertenzijom, dosadašnja istraživanja se ne smatraju dovoljno naprednim za argumentovano koreliranje s ekonomskim efektima (WHO, 2011).

² Od toga je 828.333 ili 87% putničkih vozila (Agencija za statistiku, 2017:1).

Aktivnosti vezane za smanjenje buke u okolini redovno manjeg prioriteta i obima od onih koje se provode kako bi se riješili problemi zagađenja vazduha i vode. Takvo stanje treba nužno mijenjati, posebno u svjetlu obeshrabrujućih najnovijih zvaničnih izvještaja (Eurostat, 2016). Na lokalnom nivou važno je utvrditi i pratiti nivoe buke iugraditih uizradi i revizijiprostornih i urbanističkih planova, u planiranju zelenih površina i saobraćajnica kao i pri uvođenju svake nove djelatnosti, kaopreventivne postupke nastajanju buke, što je neuporedivo ekonomičnije u odnosu na naknadne i dodatne mjere s ciljem smanjenja nivoa buke.

CILJ RADA

Cilj rada je utvrditi nivo buke na analiziranoj lokaciji u naselju Borik u Banjoj Luci, na području gdje je dominantni izvor bukamotornih saobraćajnih vozila uobičajenog prometa kroz grad. Usporedba dobijenih rezultata sa graničnim vrijednostima definisanim zakonom daje podatke o stepenu i trajanju izloženosti stanovništva prekomjernoj buci.

Analiza načina i mogućnosti smanjenje zagađenja bukom u funkciji je preduzimanja adekvatnih mjera. Redukovanje povišenih vrijednosti buke je složen, multidisciplinarni postupak usaglašavanja brojnih faktora - tehnoloških, saobraćajnih, urbanističkih i arhitektonskih, koji su u radu izneseni u korelaciji s ekonomijom. Neke od mjera su izvedive uz manja, a druge uz veća finansijska ulaganja. Najekonomičnije je svakako spriječiti visoke vrijednosti buke na izvoru, što se postiže odgovornim i sinhronizovanim djelovanjem interdisciplinarnog stručnog tima u fazi urbanističkog planiranja i projektovanja saobraćajnica, te u urbanističkim i regulacionim planovima. Naravno, savremenom tehnologijom obezbijedena zvučna zaštita arhitektonskih objekata, dodatno će umanjiti negativno dejstvo saobraćajne buke na mjestu emisije, doprinoseći tako ugodnijem i zdravijem životu i produktivnijem radu tokom cijelog dana.

STUDIJA SLUČAJA

Predmet i područje istraživanja

Predmet istraživanja je analiza zagađenja bukom od gradskog drumskog saobraćaja u Banjoj Luci, smještenoj u kotlini, na nadmorskoj visini od 164 metra sa srednjom godišnjom temperaturom 10,7 °C (srednja januarska temperatura 0,8 °C, a srednja julska 21,3 °C).

Mjerenja su vršena tokom cijele 2016. godine, jednom mjesečno na otvorenoj površini a na udaljenosti cca 10 m od ivice najbliže saobraćajnice, u dnevnom (06.00 do 22.00 časa) i noćnom (22.00 do 06.00 časa) periodu, u skladu s važećim propisom (Pravilnik, 46/89). Pozicija uređaja za mjerenje komunalne buke (Sl. 1) bila je u naselju „Borik“, na raskrsnici ulica Gundulićeva i Gavre Vučkovića s Bulevarom Vojvode Radomira Putnika i Bulevarom vojvode Živojina Mišića (GPS 44°46'16.08»N 17°11'56.48»E). Kao dominantan izvor buke na posmatranom mjestu uzima se saobraćajna buka navedenih saobraćajnica. Posmatrana zona ima pretežno stambenu namjenu – dominantno zgrade za kolektivno stanovanje i u znatno manjoj mjeri individualni stambeni objekti, te javne zelene i trgovačko-poslovnne funkcije. Nedaleko od mjernog mjesta, na istočnoj stranisu ustanova za predškolsko vaspitanje i obrazovanje (vrtić) i Osnovna škola „Branko Ćopić“.

Slika 1: Mjerna lokacija „Borik“ (lijevo) i (desno) položaj na mapi grada



(Izvor: autori i maps.google.com)

MATERIJALI I METODE

Za mjerenje buke korišćena je bukomjer (proizvođač: *Bruel & Kjaer*, tip: 2260 Observer) sa odgovarajućim softverima i pratećom opremom.

Prema članu 4. Pravilnika o dozvoljenom intenzitetu zvuka i šuma (Pravilnik, 46/89), buka se izražava ekvivalentnim 15 minutnim nivoima L_{eq} i vršnim vrijednostima L_{10} i L_1 u dB(A). Kao ilustracija kritičnih promjenljivih nivoa, L_{10} i L_1 su nivoi buke koji ilustruju prisutvo buke viših nivoa u trajanju od 10% odnosno 1% vremena u periodima mjerenja (dan ili noć).

Tabela 1: Dozvoljeni nivoi vanjske buke na predmetnom području

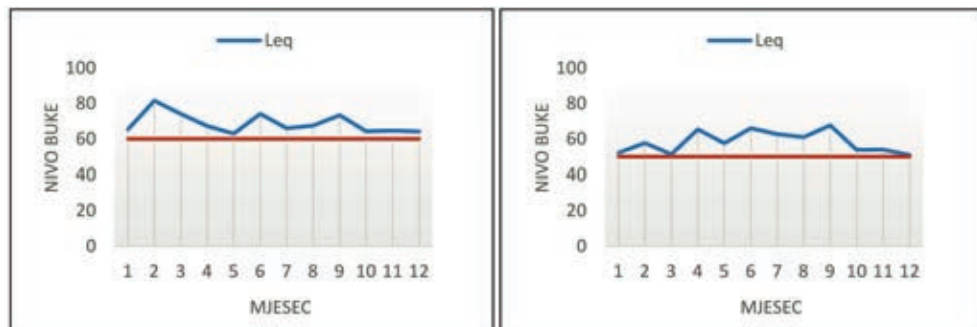
Područje (zona)	Namjena područja	Najviši dozvoljeni nivo vanjske buke (dBA)			
		Ekvivalentni nivoi		Vršni nivoi	
		Dan	Noć	L ₁₀	L ₁
III	Čisto stambeno, vaspitno-obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacijske površine	55	45	65	70
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore, skladišta bez teškog transporta	60	50	70	75

Izvor: Izvod iz Pravilnika 46/89

Mjerenje nivoa buke je obavljeno prema članu 4. pomenutog Pravilnika (vanjska buka se mjeri na visini 1,7 m od nivoa terena, na udaljenosti najmanje 3 m od prepreka koje reflektuju buku). Najviši dopušteni ekvivalentni nivoi vanjske buke određeni su prema namjeni područja (Tabela 1). Prema funkcionalnim sadržajimanajuže posmatrano područjedominatno pripada zoni IV, a u nešto širem posmatranom obuhvatu vaspitno-obrazovnom najmjenom i javnim zelenim površinama pripada zoni III. Ovdje je važno napomenuti da na području Grada Banja Luka ne postoje urađene akustične zone. Za predmetno područje je urađena frekvencija nivoa buke(Wessa, 2018).

REZULTATI MJERENJA I DISKUSIJA

Na ispitivanom prostornom obuhvatu je, prema važećem propisu (Pravilnik, 46/89),uočeno da su izmjerene vrijednosti dnevnog i noćnog ekvivalentnog nivoa buke prelaziledozvoljene granive. Najveće prekoračenje tokom dnevnog mjerenja zabilježeno je u februaru, gdje je dozvoljeni nivo buke prekoračen za 21,5 dB, dok su noćne izmjerene vrijednosti ekvivalentnog nivoa buke značajno i učestalo prelazile dozvoljenu granicu, u septembru - čak za 17,6 dB (Grafikon 1), čime je potvrđena postavljena hipoteza rada.

Grafikon 1: Dnevni (lijevo) i noćni nivo (desno) ekvivalentne buke L_{eq} izražen u dB

Izvor: autori

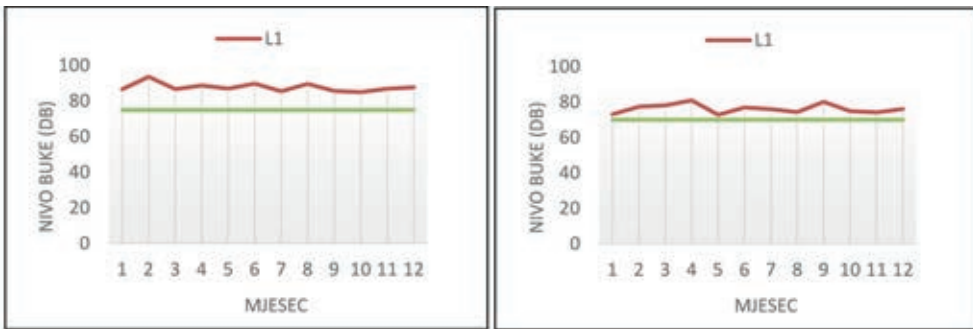
Vrijednosti koje su prekoračene u trajanju od 10%, odnosno L_{10} na ispitivanom prostornom obuhvatu u dnevnom periodu prekoračivale su najviši dozvoljeni nivo vanjske buke (Pravilnik, 46/89). Noćne vrijednosti su bile neznatno niže ili veće od dozvoljenih nivoa (Pravilnik, 46/89) (Grafikon 2).

Grafikon 2: Dnevni (lijevo) i noćni nivo (desno) vršnog nivoa buke L_{10} izražen u dB

Izvor: autori

Vrijednosti koje su prekoračene u trajanju od 1%, odnosno L_1 na ispitivanom prostornom obuhvatu u dnevnom periodu prekoračivale su najviši dozvoljeni nivo vanjske buke (Pravilnik, 46/89). Noćne vrijednosti su bile prekoračene prilikom 10 mjerenja, dok su neznatno niže vrijednosti izmjerene tokom dva mjerenja (Pravilnik, 46/89) (Grafikon 3).

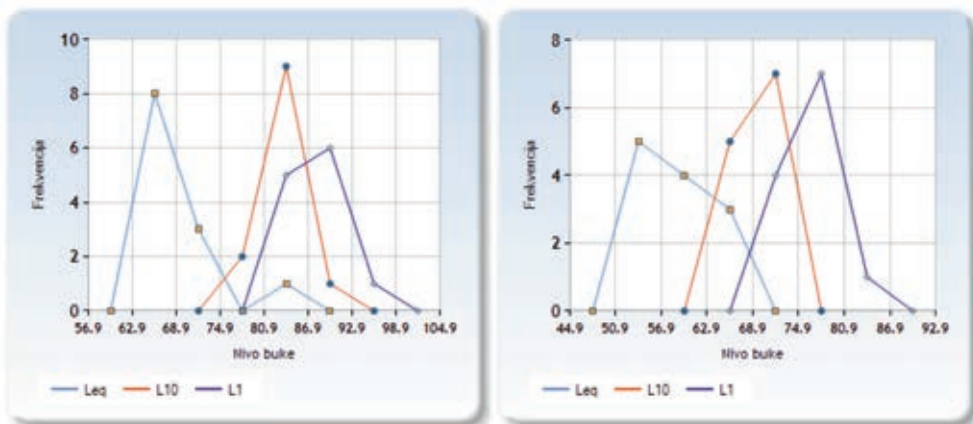
Grafikon 3: Dnevni (lijevo) i noćni nivo (desno) vršnog nivoa buke L_1 izražen u dB



Izvor: autori

Frekvencija izmjerenih vrijednosti L_{eq} tokom dnevnog mjerenja jasno ukazuje da je najveći broj izmjerenih vrijednosti (2/3) u opsegu od 62,9 do 68,9 dB (Grafikon 4, lijevo), što je nivo buke koji prekoračuje najviši dozvoljeni nivo vanjske buke (Pravilnik, 46/89), što je buka koja osimnervozne, poremećaja sna i oštećenja sluha, može i značajno ugroziti zdravlje - ishemijske bolesti srca, uključujući infarkt miokarda (WHO, 2011). Frekvencija izmjerenih vrijednosti L_{eq} tokom noćnog mjerenja ukazuje da je najveća zastupljenost buke u rasponu od 50,9 do 56,9 dB (Grafikon 4, desno), što je nivo koji izaziva ozbiljnu iritiranost (Pravilnik, 46/89).

Grafikon 4: Frekvencija nivoa buke za (lijevo) dnevni i (desno) noćni period (L_{eq} , L_{10} , L_1) izražena u dB



Izvor: autori

Analizom utvrđenih visina buke zaključujemo da su stanovnici ispitivanog područja grada Banja Luka izloženi prekomjernoj buci koja remeti san i odmor, dovodi do opšteg zamora i glavobolje, izaziva razdražljivost, što smanjuje mogućnost komunikacije, negativno utiče na radnu sposobnost i efikasnost kao zdravstvene, ekonomske i socijalne kategorije. Ova buka remeti neurovegetativni sistem i ima negativne efekte na psihičke funkcije i na funkcije srca i krvnih sudova, kao i na rad drugih organa, čiji rad zavisi od funkcionisanja neurovegetativnog sistema. Opšti uticaji izloženosti štetnim nivoima buke u životnoj sredini uključuju uznemirenost, reakcije na stres, poremećaj spavanja i povećanje rizika od hipertenzije i kardiovaskularnih bolesti, što može dovesti do prijevremene smrti (Adams, 2017). Ovo ima uticaja na cjelokupno stanovništvo, a najveći rizicima su izložene vulnerabilne kategorije stanovnika (novorođenčad, mala djeca, trudnice, bolesna i stara lica). Radno aktivno stanovništvo izloženo buci na radnom mjestunema mogućnosti za odmor od buke, pa njihov organizam ne može normalno da se reparira i zbog čega neminovno dolazi do narušavanja zdravlja. Posebnu pažnju treba usmjeriti na izvore sa niskofrekventnim komponentama, jerse zdravstveni poremećaji mogu desiti i kada je nivo pritiska zvuka tokom izloženosti ispod 30 dB.

Ustanovljeno je da je izmjerena buka uglavnom iznad graničnih vrijednosti, što ima direktne posljedice na ljudsko zdravlje, a time i brojne negativne zdravstvene, ekonomske i socijalne implikacije populacije ove gradske zone.

EKONOMSKA EVALUACIJA MJERA ZA SMANJENJE BUKE DRUMSKOG GRADSKOG SAOBRAĆAJA

I ovim istraživanjima utvrđen visok nivo buke dio jestalno rasuće problema u svijetu koji se nastoji riješiti smanjenjem do dozvoljenih vrijednosti propisane zakonom. Da bi se odgovorilo na pitanje koju je mjeru smanjenja nivoa buke najefikasnije primijeniti, potrebno je mjerenjem registrovati aktuelno stanje u konkretnoj sredini, izvršiti potrebne analize, te evaluaciju tehničkih mogućnosti, na osnovu čega se razmatra ekonomska opravdanost alternativnih rješenja i donosi ekonomski i socijalno optimalna odluka. Sistemska istraživanja zaštite od buke zahtijevaju značajna finansijska sredstva, zbog čega se kod nas uglavnom i ne provode, osim, pojedinačnih i u ograničenom obimu (Ilić i sar., 2012; Janjuš i sar., 2015; Janjuš i sar., 2015), najčešće kao redovan monitoring buke. Treba naglasiti da su u pojedinim evropskim zemljama, pa i kod nas, još sedamdesetih i osamdesetih godina zaživjela ovakva istraživanja, te su redovno bila finansirana iz državnog budžeta ili budžeta lokalne zajednice. U Francuskoj je tako od 1971. do 1982. godine u istraživanja u vezi sa zagađenjem životne sredine bukom i zaštitu od buke uloženo 2,7 miliona

evra, u Njemačkoj od 1978. do 1983. oko 4,0 miliona evra, a u Velikoj Britaniji od 1989. do 1995. oko 6,5 miliona evra (European Commission, 2002). Evropske zemlje i kontinuirano i pojačano rade na istraživanjima zaštite od buke. Postignuti rezultati objavljuju se u izvještajima na nivou Evrope i ugrađuju u inovirane smjernice i propise u oblasti zaštite od buke. Vlastita istraživanja, zbog specifičnosti i prilagođavanja lokalnim uslovima života i rada, ipak su nezamjenjiva podloga preduzimanju konkretnih aktivnosti u smjeru zaštite od zagađenja bukom.

Utvrđene visoke vrijednosti buke nalažu potrebu preduzimanja odgovarajuće tehničko-tehnološke i efikasne zakonske mjere. Kao što je naprijed navedeno, faktori vezani uz saobraćaj, koji bitno opredjeljuju intenzitet gradske buke, primarno su vezani za dostupne tehnologije motornih vozila i kolovoznih zastora, funkcionalnost i starost vozila, koncept projektovanog saobraćajnog toka i sisteme gradskog saobraćaja, što sve zajedno utiče na ekonomiju i društvo u najširem smislu. Smanjenje buke na izvoru, što je veoma bitno za već izgrađene urbane strukture, postiže se mjerama koja su u domenu regulacije saobraćaja: ograničenje intenziteta i brzine saobraćaja i vrsta saobraćajnih sredstava, obezbjeđenje kontinuiteta kretanja kružnim tokom, uskladiti rad semafora („zeleni talas“), ograničiti vrijeme i prostor za izvor buke određenih karakteristika. Smanjenjem ograničene brzine nivo buke opada za 2-8db, a adekvatnim upravljanjem saobraćajem 2-4 dB. Ako tome dodamo i ponašanje vozača, što ima efekat do 5 dB, smanjenje buke nije primarno uslovljeno osobitim ekonomskim ulaganjima.

Karakteristike opterećenja prostora bukom od drumskog saobraćaja su: mobilnost, rasprostranjenost, refleksija i periodičnost (sezonski, danju i noću)³. Posmatrana u vremenskom domenu, ova buka pripada tipu promjenjive buke, zbog čega je potrebno mjerenje ekvivalentnog nivoa buke u dužem vremenskom intervalu, što je za potrebe ovoga rada na predmetnoj lokaciji i provedeno. Pošto su poprečne dimenzije izvora buke male a uzdužne velike, saobraćajna buka se svrstava u linijski izvor buke, koji karakteriše kontinuirano raspoređena emitovana zvučna energija preko reflektujuće ravni (nivo buke isti je za sve tačke na istom rastojanju od linije izvora). Dupliranjem rastojanja od izvora buke njen nivo se smanjuje za 3 dB, o čemu treba voditi računa prilikom projektovanja saobraćajnica.

Buka od vozila drumskog saobraćaja zavisi od brzine vozila, protočnosti saobraćaja (dobra protočnost znatno smanjuje nivo buke), topografije terena i meteo-

³ U novije vrijeme bilježimo porast saobraćaja u noćnom periodu zbog sve prisutnije 24-satne distribucije robe.

roloških uslova. Povećava se kada kretanje saobraćajnicama uključuje promjenu brzine i snage - u zoni semafora tzv. startna brzina, koja može doseći i 90 dB, na usponima (povećanje do 4 dB), u krivinama (do 3 dB) i td. Faktor intenziteta buke i meteorološki uslovi - dominantni pravac i jačina vjetra, atmosferski pritisak, vlažnost, temperatura, što su bili i parametri provedenih mjerenja na predmetnoj lokaciji. Povećanje intenziteta buke značajno zavisi od kategorije vozila (motocikli, motori, automobili, kamioni) i njihove brzine. Pri tome su dominantni izvori buke motornih vozila rad motora, ventilacija i izduvni sistemi, te međudjelovanje pneumatika i površine kolovoza. Tip šara i istrošenost guma, kao i neodržavane površine kolovoza mogu buku povećati 7dB. Projektovana brzina je veoma značajan faktor u stvaranju buke. Tako se dvostrukim smanjenjem brzine vozila nivo buke smanjuje za 6 do 8 dB. Pri brzinama putničkih i teretnih vozila većim od 40 km/h kotrljanje pneumatika po kolovoznoj površini postaje značajan, a preko 50 km/h postaje dominantan. Istraživanja su pokazala da u urbanim sredinama, gdje su brzine 30 do 50 km/h, važnu ulogu ima buka od rada motora vozila (Božić, 2009). To naročito do izražaja dolazi na gradskim raskrnicama, kakva je i na predmetnoj lokaciji. Svi ovi navedeni uzročnici povećane saobraćajne buke amortizuju se pravilnim regulisanjem saobraćajnog toka, što ne uključuje posebne ekonomske mjere.

Zaštita od spoljašne buke može se kod projektovanja postići distanciranjem sadržaja od izvora buke (intenzitet zvuka smanjuje se proporcionalno kvadratu rastojanja) i pravilnom orijentacijom zgrada, što ne iziskuje nikakva dodatna finansijska ulaganja. Zbog toga je potrebno predvidjeti udio buke kod izgradnje i obnove dijelova grada, zelenih površina i saobraćajnica. Naknadno, kao u ovom slučaju, intenzitet buke se uz sve navedene mjere vezane za saobraćajna rješenja, može najekonomičnije smanjiti formiranjem zelenog pojasa („Green noise barriers“) od visokog ili srednje visokog rastinja (žive ograde) adekvatnih biljnih vrsta. Tako npr. evropska lipa (*Tilia europaea*) apsorbira 9 dB, a srcolika lipa (*Tilia cordata*) samo 4 dB. Ovdje je, zbog manje zauzetosti prostora a visokih efektata apsorpcije, moguće koristiti i niske transparentne zvučne barijere (poput lijepih primjera panela u Beču), koje s visinom 1-2 m i na udaljenosti 2,5 m od ivice kolovoza reflektovanu buku smanjuju do 15 dB. Kod objekata neposredno uz saobraćajnice, postavljenim paralelno podužnim pravcem, najveći problemi s povišenim nivoima buke su u prostorijama orjentisanim na saobraćajnicu. Stoga je kod novogradnji, već prilikom urbanističkog i saobraćajnog projektovanja s dovoljnom udaljenošću zgrada od saobraćajnica rasprostiranje buke moguće smanjiti 3-5 dB, pri čemu uzdužni nagib treba biti do 3% (nagib 4-6% povećava nivo buke za 3 dB).

Prilikom arhitektonskog projektovanja pravilnom orijentacijom zgrade, uključujući i pravilno oblikovanje osnove, moguće je izbjeći reflektovane zvučne talase i tako intenzitet buke smanjiti za 5-9 dB. Takođe, manje osjetljive (pomoćne) prostorije treba orjentisati prema prometnoj saobraćajnici, kako bi glavni stambeni sadržaji (spavaće, dnevna i radna sobe) bili adekvatno pozicionirani na „tišoj“ strani objekta. (Božić i sar., 2012). Dodatno smanjenje nivoa buke u objektima obezbjeđuje se zvučnom izolacijom zgrada, što je i savremeni projektantski standard. Pri tome su posebno efikasne i efektne ozelenjene fasade i ravni krovovi (Božić, 2010). Zvučna izolacija i kod obnove postojećih zgrada najbolje efekte daje zvučnim izolovanjem zidova i otvora, a posebno troslojnim zastakljenjima visokokvalitetnih prozora, što istovremeno obezbjeđuje i enegetsku efikasnost kao još jedan značajan faktor finansijskih ušteda, ali i dobitaka u smislu povećanja tržišne vrijednosti objekata i do 25%.

Mjerenja i analiza, poput ovdje prezentovanih, čine nužnu i objektivnu informaciju o zagađenju bukom kao osnovom za izradu mapa buke i akcionog plana. Upoređivanje različitih mogućih rješenja smanjenja intenziteta buke vrši se integracijom stanja i izmjerenih vrijednosti u ekonomskim analizama kako bi se osigurala socijalna i ekonomska opravdanost mjera i programa sanacije prekomjerne buke. Ekonomska evaluacija nudi objektivne metode za komparativnu analizu mogućih alternativnih rješenja u smislu troškova i efekata po zdravlje ljudi. Rezultati dobro vođene ekonomske evaluacije omogućavaju donosiocima odluka na nivou lokalne i državne politike, posebnu u oblasti javnog zdravlja da utvrde najefikasnije i ekonomski najopravdanije tehničke i organizacione intervencije. Tu najprije mislimo na kalkulaciju i izbor između efikasne, ali skupe metode ili jeftinije a manje efikasne metode. U oba slučaja ekonomski parametri se mjere u odnosu na objektivnu mogućnost i ukupne socijalne benefite smanjenja buke od saobraćaja.

Moguće je koristiti analizu efikasnosti troškova (Cost-effectiveness analysis CEA), koja omogućava upoređivanje troškova različitih opcija koje donose slične koristi kako bi se odabrala najjeftinija. CEA favorizuje najmanje skupu mjeru ili skup mjera kojima je potrebno postići unaprijed definisan limit zaštite od buke ili kada je potrebna politička odluka da se postigne utvrđene vrijednosti nivoa buke. CEA se može koristiti u onda kada monetarna vrijednost koristi nije utvrđena istraživačkim studijama. Gotovo redovno se primjenjuje za slučajeve poboljšanja zaštite od buke u nestambenim zonama, kao što su gradski parkovi, gdje nema egzaktnih pokazatelja uticaja izloženosti buci na dobrobit ljudi i zdravlje. Zato je bolja analiza troškova i koristi (Cost-benefit analysis CBA), jer širi skup postupaka zasnovanih na ekonomici blagostanja olakšava donošenje optimalnih odluka o javnim rashodima.

U odnosuna CEA, CBA podrazumijeva više holistički pristup. Sve pogodnosti smanjenja buke izražavaju se troškovnom efikasnošću, zbog čega je kompleksnija i zahtjevnija. CBA dobijene različite novčane vrijednosti pretvara u zajednički format, što omogućuje upoređenje mjera različitih vremenskim profila, a time i izbor između alternativa manje kvalitetnih rješenja koja zahtijevaju česte i skupo održavanje ili kvalitetnijih mjera i postupaka s većim početnim ulaganjima, ali dugoročno ekonomski isplativijih zbog manje zahtjevnogi jeftinijeg održavanja. S obzirom da se izbor metode smanjenja buke vodi razlozima ekonomske opravdanosti, rezultati CBA su izražene omjerom koristi i troškova (BCR - benefit-cost ratio) kao: ostvarene koristi na jedinicu nastalog troška ili neto koristi planiranih mjera (koristi minus troškovi). Mjere intervencije ekonomski su opravdane ako je omjer koristi i odabranih mjera smanjenja buke najmanje dvostruk ($BCR > 2$). Međutim, kako tehničke metode smanjenja buke mogu stvoriti nove estetske vrijednosti urbanog ambijenta, smanjiti lokalno zagađenje vazduha, osigurati bolju toplotnu izolaciju i time povećati energetska efikasnost, ovaj odnos može biti imanji ($BCR > 1$). Treba imati naumu da se time rješava i problem višestruko oslabljenog kvaliteta života, što se ne može precizno izraziti ekonomskim parametrima, koji su sasvim egzaktni kada je riječ o smanjenju radne sposobnosti i izostanka očekivanih prihoda, kao izgubljene dobiti.

ZAKLJUČAK

Za strateški sveobuhvatno i dugoročno efikasno rješavanje problema buke od drumskog gradskog saobraćaja neophodne su organizacione, političko-zakonske i ekonomske mjere.

Na nivou Republike Srpske, gradova i opština je za dugoročno, strateško djelovanje na prevenciji i smanjenju buke od drumskog saobraćaja u gradovima potrebno djelovati u više sektora i na različiti, što sve podrazumijeva značajno angažovanje ekonomskog sektora. Posebno ističemo nužnost i hitnost izrade strategije za zaštitu od buke u urbanim sredinama, donošenje zakona i podzakonskih akata o zaštiti od buke u životnoj sredini u koje će biti ugrađene direktive i odredbe EU i smjernice Svjetske zdravstvene organizacije, zatim donošenje plana mjera za zaštitu od buke na nivou Republike Srpske, kao i donošenje regulative za smanjenje emisije i imisije saobraćajne buke. Kako u Republici Srpskoj nije regulisan večernji L_{eq} , neophodno je usklađivanje našeg zakonodavstva. Preduslov za navedeno je obezbijedenje odgovarajućih sredstava iz budžeta kako bi se provelo sistemsko praćenje buke prema izrađenim planovima, te istraživanja u vezi samjerenjem i sistemom monitoringa uticaja buke na zdravlje populacije uopšte,

a posebno vulnerabilnih grupa. Posebno je važno utvrditi referentne ustanove kadrovski i opremom osposobljene za provođenje monitoringa buke, izradu studija i predlaganje odgovarajućih mjera za njeno smanjenje u skladu sa strategijom i planovima zaštite u Banjoj Luci i drugim gradovima Republike Srpske.

Sve navedene potrebne mjere zahtijeva multidisciplinarni i intersektorski pristup, kao i, kako je izloženo, angažovanje finansijskih sredstava. Prekomjerna gradska saobraćajna buka je rastući problem u samom vrhu rizika po ljudsko zdravlje, koje u odgovornom društvu nema alternativu.

LITERATURA

- Adams, Martin (2017). Population exposure to environmental noise, Indicator Assessment | Data and maps. European Environment Agency.
- Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, Registrovana cestovna motorna vozila za 2016. godinu. Saopštenje, VII/1. (Izvor podataka: Agencija za identifikacione dokumente, evidenciju i razmjenu podataka Bosne i Hercegovine), Sarajevo, 20.03.2017. (http://www.bhas.ba/saopstenja/2017/TRA_REG_2016_001_01_BOS.pdf) (pristupljeno 2. februara 2018.g.).
- Belojević, Goran, Slepčević, V., Stojanov, V., & Jakovljević, B. (2005). Gradska buka i arterijska hipertenzija. *Vojnosanitetski pregled*, 62(6), 461-5.
- Berglund, Birgitta, Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1995). *Guidelines for community noise*. World Health Organization.
- Božić, Jelena i sar. (2012). *Arhitektura i zdravlje*. Naučnoistraživački projekat JNU Institut zaštite i ekologije RS-Banja Luka, sufinansiran od Ministarstva nauke i tehnologije RS (Br. 06/0-020/961-154/09). Neobjavljen.
- Božić, Jelena (2010). Zeleni krovovi. *Savremeni materijali*, Naučni skupovi, knj. 17, Odjeljenje prirodno-matematičkih i tehničkih nauka, knjiga 12. Banja Luka: ANURS, 509-521.
- Božić, Jelena (2009). *Savremene tehnologije za eco-friendly kuće*. Samostalni naučnoistraživački projekat sufinansiran od Ministarstva nauke i tehnologije RS (Br.06/6-030/3-193-1/08). Neobjavljen.
- Cerin, Pontus, Axelsson, U., & Ekengren, Ö. (2007). *Research, Development and Demonstration Strategies on Environmental Technology: Suggested Foundations for a Formas-Vinnova Strategy*. IVL, Swedish Environmental Research Institute.
- Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. Official Journal L 257 , 10/10/1996 P. 0026 – 0040
- Dakhale, Ganesh N., Hiware, S. K., Shinde, A. T., & Mahatme, M. S. (2012). Basic biostatistics for post-graduate students. *Indian journal of pharmacology*, 44(4), 435.
- Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise - Declaration by the Commission in

- the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal L 189, 18.7.2002, p. 12–25.
- European Commission Working Group 5: *Inventory of noise mitigation methods*, Brussels, 2002.
- European Environment Agency. Noise in Europe (2014). EEA Report No. 10/2014. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 7. (<https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014/file>)
- Eurostat “Urban Europe: Statistics on Cities, Towns and Suburbs”, 2016, p.135; ([http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Proportion_of_people_who_are_satisfied_with_the_level_of_noise_in_their_city,_2015_\(%C2%B9\)\(%25\)_Cities16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Proportion_of_people_who_are_satisfied_with_the_level_of_noise_in_their_city,_2015_(%C2%B9)(%25)_Cities16.png)) (pristupljeno 1. februara 2018.g.).
- Ilić, Predrag, Marković, S., Račić, M., Janjuš, Z. (2012). *Komunalna buka i zagađenje vazduha u urbanom dijelu Banje Luke*. Skup IV (2): Zbornik radova II Simpozijuma biologa RS i I Simpozijum ekologa Republike Srpske, 04-06. novembar 2010. godine, Banja Luka: Prirodno-matematički fakultet, 19-31.
- Janjuš, Zoran; Bogdanić, D.; Pavlović, S.; Čekrljija, S., Ilić, P. (2015). Generatori buke u opštini Kotor Varoš. Zbornik međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing, v. 28, b. 1, p. 270-276.
- Janjuš, Zoran; Četojević, V.; Pavlović, S.; Čekrljija, S., Ilić, P. (2015). Uticaj buke saobraćaja na životnu sredinu grada Banja Luka. Zbornik međunarodnog kongresa o procesnoj industriji – Procesing, v. 28, b. 1, p. 264-269.
- Lakušić, Stjepan, Dragčević, V., & Rukavina, T. (2005). Mjere za smanjenje buke od prometa u urbanim sredinama. *Građevinar*, 57(01.), 1-9.
- Niemann, Hildegard & Maschke, C. (2004). WHO LARES Final report Noise effects and morbidity. *Berlin: World Health Organisation*.
- Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma („Sl. list SRBiH“, br. 46/89).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2016). *The World's Cities in 2016 – Data Booklet (ST/ESA/SER.A/392)*; *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision*. www.unpopulation.org. (pristupljeno 2. februara 2018.g.)
- Wessa, P. (2018), *Free Statistics Software*, Office for Research Development and Education, version 1.2.1. <https://www.wessa.net/> (pristupljeno 30. januara 2018.g.)
- WHO Regional Office for Europe (1999). *Charter on Transport, Environment and Health*. ed. Carlos Dora and Margaret Phillips. WHO regional publications. European series, No. 89. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/107336/1/E72015.pdf> (pristupljeno 1. februara 2018.g.).
- World Health Organization. (2011). *Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe*. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf?ua=1 (pristupljeno 1. februara 2018.g.).
- Republički zavod za statistiku (2017). *Statistički godišnjak Republike Srpske 2017*. Registrovana drumska motorna i priključna vozila 2016, 413.
- http://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/godisnjak/2017/23sao_2017.pdf (pristupljeno 2. februara 2018.g.).

ECONOMIC ASPECTS OF THE CITY TRAFFIC NOISE: CASE STUDY

Jelena Božić¹, Predrag Ilić², Ljiljana Stojanović Bjelić³

¹Full professor, scientific adviser, PSRI Institute for protection and ecology of the Republic of Srpska, Banja Luka, jelena.bozic@institutzei.net

²Associate professor, senior research associate, PSRI Institute for protection and ecology of the Republic of Srpska, Banja Luka, predrag.ilic@institutzei.net

³Assistant professor, Pan-European University Apeiron, Banja Luka, ljiljana.v.stojanovicbjelic@apeiron-edu.eu

Abstract: *Noise pollution is one of the main environmental problems today. The main source of environmental noise is traffic noise, especially the noise of road vehicles. The continuing expansion of motorized transport in Europe and Republic of Srpska today, and especially the sharp increase in the use of private cars raises concerns about the health risks.*

The aim of the case study was to determine the noise level at the location „Borik“ in Banja Luka. The measured values indicate that the noise level in this street is alarming. This paper discusses health and well-being related impacts of traffic noise pollution as well as the economic and social benefits associated with its reduction. It summarizes the latest scientific evidence on the impact of road traffic-induced noise on physical and mental health as a reaction to the high level of traffic noise risks.

According to the scientific evidence, road traffic is the main source of noise pollution in Europe that cause harmful health such as impaired communication and disturbed sleep, as well as adverse after effects such as fatigue and decreased performance, annoyance, hearing impairment, ischemic heart disease and hypertension. The effects of unhealthy noise level are reflected on living and working conditions, consequently affecting the economy.

This paper highlights economic implications and health benefits linked to cross-functionalities in the process of noise reduction in urbanism, architecture and vehicle design and methods for its evaluation. Cost-benefit analysis would be a pivotal decision-making tool for the city road traffic and land-use decisions. Economic valuation is about identifying all preferences and translating them into a money measure, to create a common denominator for comparing the pros and cons. Any decision implicitly include a money value into health effects. A holistic approach is crucial, considering the various health and economic consequences together.

Key words: *noise pollution, city road traffic, measurement and analysis, reduction, economic valuation.*

JEL classification: *Q 53, R 41, I 1.*

