

ANALIZA I KONTROLA UTICAJA BUKE U SAOBRAĆAJU NA OBJEKTE KOJI SE NALAZE UZ DIONICU GLAVNE GRADSKJE MAGISTRALNE GGM ZENICA

ANALYSIS AND CONTROL OF TRAFFIC NOISE IMPACT ON THE OBJECTS ALONG THE MAIN CITY HIGHWAY (GGM) ZENICA

Nejra Turčinović

Stručni rad

University of Zenica,
Polytechnic Faculty

Ključne riječi:

buka, saobraćajna buka,
zaštita od buke

Keywords:

noise, traffic noise, noise
protection

Paper received:

16.05.2020.

Paper accepted:

26.06.2020.

REZIME

Buka je jedan od najvećih faktora koji utiču na ugrožavanje životne sredine. Saobraćajna buka najviše ugrožava stanovništvo koje nije u neposrednom kontaktu s izvorima buke i kao takva predstavlja ozbiljan društveni problem. Ovaj rad prezentuje mjerenje nivoa buke na lokacijama Glavne gradske magistrale Zenica. Pored ostalog, izvršena je i analiza izmjerenih vrijednosti, te kontrola i usporedba s dopuštenim vrijednostima koje su definirane zakonskim odredbama. Na osnovu rezultata mjerenja, propisa i standarda za zaštitu od buke, te analize rješenja iz prakse, izvršen je i izbor mogućih mjera za smanjenje uticaja buke od saobraćaja na datoj lokaciji.

SUMMARY

Noise is one of the greatest factors that has an affect on damaging our environment. Traffic noise affects mostly the population that has no direct contact with noise sources, and as such, traffic noise presents a very serious social problem. This paper presents traffic noise measurements on locations of the Main City Highway in Zenica. Among other things, an analysis of the measured values was performed, as well as control and comparison with the permitted values defined by legal provisions. Based on the results of measurement, regulations and standards for noise protection, and analysis of solutions from practice, a selection of possible measures to reduce the impact of traffic noise at a given location was made.

Professional paper

1. UVOD

Na pitanje „Šta je buka?“ moguće je dati veoma jednostavan, ali tačan odgovor: buka je neželjeni zvuk. No, hoće li zvuk uvijek biti neželjen? Hoće li biti neželjen za svakoga? Ne. Svaka osoba ima svoje individualno tumačenje zvuka na koje može utjecati, kao i na vrijeme kada ga čuju. Ako se subjektivnost pojma buke za različite ljude uzme u obzir, trebao bi se koristiti drugačiji pristup. Dakle, bukom se označava zvuk koji negativno utiče na ljudsko zdravlje kao što to trenutno definira Svjetska zdravstvena organizacija (SZO): „Zdravlje je stanje potpunog fizičkog, mentalnog i društvenog blagostanja, a ne samo odsutnosti bolesti ili slabosti.“ Koristeći ovu definiciju SZO-a i znajući da su glavni faktori koji utiču na opasnost po zdravlje ljudi intenzitet zvuka i trajanje njegovoj izloženosti, moguće je imati pragmatičniji pristup problemu kako bi se razvile politike i mjere učinkovite za rješavanje ove teme [7].

1. INTRODUCTION

It is possible to give a very simple but correct answer to the question "What is the noise?", - the noise is an unwanted sound. But will the sound always be unwanted? Will it be unwanted for everyone? No. Each person has his/her own individual interpretation of the sound that he/she can influence, as well as the time when he/she hears it. If the subjectivity of the notion of noise for different people is taken into account, a different approach should be used. Thus, noise will be called a sound that negatively affects human health as currently defined by the World Health Organization (WHO): "Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity." Using WHO definition and knowing that the main factors affecting human health hazards are sound intensity and duration of exposure, it is possible to have a more pragmatic approach to the problem in order to develop policies and measures effective to

U posljednjim desetljećima društvo je postalo svjesnije nedostataka koje je moderni razvoj donio svakodnevnim životima građana. Jedan od njih je i buka, koja predstavlja sekundarnu posljedicu važnog porasta populacije u našim gradovima i komunikacije između građana. Radi poznatih važnih učinaka na populaciju, i uzevši u obzir da zagađenost bukom utiče na veliki dio svjetske populacije, buka predstavlja rizik po naše zdravlje i kvalitet života. Prema tome, buka se mora izučiti i opisati kako bi se nadležnima pomoglo da zaštite građane. Dostupne su razne opcije za ublažavanje saobraćajne buke.

U posljednje vrijeme, najveća smanjenja u buci koju proizvode automobili rezultat su poboljšanja tehnologije koja se koristi za motore. Najučinkovitije površine ceste za smanjenje zagađenja saobraćajnom bukom je porozni tanki sloj asfalta. U Holandiji, gdje se takvi materijali koriste na najmanje 60% puteva, istraživanja su pokazala da porozni asfalt može smanjiti buku putničkih vozila za 3 dB. Dalji rezultati projekta EU SILENCE pokazuju da jedan sloj poroznih površina puteva može umanjiti buku na glavnim putevima za 4 dB (u poređenju sa tradicionalnim gustim asfaltnim betonom), umanjena buke za 6 dB mogu se postići koristeći otvoreno poroznije i najupijajuće površine, koje zahtijevaju čišćenje dva puta godišnje.

Nedavno istraživanje vršilo je procjenu uticaja priliva električnih vozila u urbani saobraćaj u Španiji i opisalo očekivane uticaje na zvučnoj mapi. Rezultati su pokazali da su dobrobiti električnih vozila pri većoj brzini (iznad 50 km/h) minimalne radi prevladavajuće buke radi kotrljanja. Ipak, kada se posmatrao rad električnih vozila pri brzini od 30 km/h, autori su primijetili da je došlo do smanjenja nivoa buke za 2 dB. Simulirana zvučna mapa je pokazala da bi zamjena vozila sa motorom s unutrašnjim sagorijevanjem električnim vozilima mogla poboljšati zvučnu okolinu za 10% građana [9].

Važna studija u Dublinu (Irska) je predstavila područje u centru grada gdje je dozvoljen samo javni prijevoz (taxi i autobus), dok je privatnim vozilima pristup bio zabranjen za vrijeme najveće saobraćajne gužve. Tokom 24-satnog perioda, nivoi buke u gradskom centru nisu bili značajno umanjeni. Međutim, bilo je sugerirano da bi učinkovitost zabrane bila veća kada bi se plan proširio i dozvoljavao samo tihim autobusima vožnju u gradu, a da bi se dobrobiti ove zabrane više osjetile u područjima koja se nisu smatrala dijelom plana.

address this topic [7]. In recent decades, society has become more aware of the shortcomings that modern development has brought to the daily lives of citizens. One of them is noise, which is a secondary consequence of the important increase in the population in our cities and communication between citizens. Because of the known important effects on the population, and having in mind that noise pollution affects a large part of the world's population, noise poses a risk to our health and quality of life. Therefore, noise must be studied and described to help the authorities protect citizens. Various options are available to mitigate traffic noise. Recently, the largest reductions in noise produced by cars are the result of improvements in the technology used for engines. The most effective road surface for reducing traffic noise pollution is a porous thin layer of asphalt. In the Netherlands, where such materials are used on at least 60% of roads, research has shown that porous asphalt can reduce passenger vehicle noise by 3 dB. Further results of the EU SILENCE project show that one layer of porous road surfaces can reduce noise on main roads by 4 dB (compared to traditional dense asphalt concrete), noise reduction by 6 dB can be achieved by using openly more porous and absorbent surfaces, which require cleaning of two times a year. A recent study assessed the impact of the influx of electric vehicles into urban traffic in Spain and described the expected impacts on the sound map. The results showed that the benefits of electric vehicles at higher speeds (above 50 km / h) are minimal due to the prevailing rolling noise. However, when observing the operation of electric vehicles at a speed of 30 km/h, the authors noticed that there was a reduction in noise levels by 2 dB. The simulated sound map showed that replacing vehicles with internal combustion engines with electric vehicles could improve the sound environment for 10% of citizens, [9]. An important study in Dublin (Ireland) presented an area in the city center where only public transport (taxi and bus) is allowed, while access to private vehicles was prohibited during the busiest traffic. During the 24-hour period, noise levels in the city center were not significantly reduced. However, it has been suggested that the effectiveness of the ban would be greater if the plan were extended to allow only quiet buses to run in the city, and that the benefits of this ban would be more felt in areas not considered as part of the plan.

Hamburg, Helsinki, Madrid i Oslo su nedavno najavili plan da bar djelomično postanu gradovi bez privatnih automobile [9].

Istraživanja su pokazala da drveće i grmlje mogu značajno uticati na umanjene buke. Huddartov izvještaj pokazuje da se u nekim slučajevima buka može smanjiti za 6 dB na daljini od 30 m na mjestima guste sadnje. Leonard i Parr (1970) i Reethof su dokazali da gust pojas drveća i grmlja širine između 15 i 30 m može smanjiti nivoe zvuka za nevjerojatnih 6 do 10 dB. Cook i Van Haverbeke (1972) su također dokazali smanjenja u nivoima buke od 5 do 10 dB za pojase drveća širine između 15 i 30 m [3].

Postoji pet osnovnih razloga za mjerenje saobraćajne buke:

- određivanje postojećih nivoa pozadinske buke i buke ambijenta,
- podešavanje modela za predviđanje buke,
- praćenje nivoa buke tokom izgradnje radi usklađivanja sa standardima i lokalnim propisima,
- procjena učinkovitosti mjera ublažavanja kao što su zvučne barijere i
- provođenje posebnih istraživanja i studija [9].

Cilj istraživanja je da se ustanove nivoi buke u saobraćaju na dionici Glavne gradske magistrale te na osnovu dobijenih rezultata, prema dosadašnjim iskustvima i realnim stanjem u državi, predlože mjere zaštite ako je to potrebno. Mjerenja su izvršena na datim lokacijama Glavne gradske magistrale, a rezultati su uspoređeni s onim iz Zakona [10]. Izmjerene vrijednosti i predložena rješenja su pokazatelji i osnov za buduća istraživanja i elaborate koji uključuju dizajn, definiranje i izgradnju rješenja za zaštitu od buke.

2. TROŠKOVI MJERA ZA SMANJENJE BUKE

Isplativost pristupa umanjenoj buci i mogućnost umanjena zagađenja bukom je ključna tačka za one koji donose odluke, a koji često rade s niskim budžetom. Važne stavke uključuju troškove implementacije kao i održavanja, dostupnost sredstava i važne sheme finansiranja. Bitan alat za pomoć pri odlučivanju jeste analiza troškova i koristi, koja može pomoći u određivanju prioriteta različitih opcija za smanjenje buke i osigurati da se sredstva utroše na najbolje mogući način [9].

Troškovi variraju među lokalnim mjerama ublažavanja buke. Zvučne barijere u prosjeku koštaju 300 €/m², a varijacije troškova ovise o karakteristikama lokacije poput gustoće

Hamburg, Helsinki, Madrid and Oslo recently announced a plan to at least partially become cities without private cars [9]. Research has shown that trees and shrubs can have a significant effect on noise reduction. The Huddart report shows that in some cases the noise can be reduced by 6 dB at a distance of 30 m in densely planted sites. Leonard and Parr (1970) and Reethof proved that a dense line of trees and shrubs between 15 and 30 m wide can reduce sound levels for an incredible 6 to 10 dB. Cook and Van Haverbeke (1972) also demonstrated reductions in noise levels of 5 to 10 dB for tree lines between 15 and 30 m wide, [3]. There are five basic reasons for traffic noise measuring:

- determination of existing levels of background noise and ambient noise,
- adjustment of the noise prediction model,
- monitoring of noise levels during construction in order to comply with standards and local regulations,
- assessment of the effectiveness of mitigation measures such as sound barriers, and
- conducting special research and studies [9].

The aim of the research is to establish traffic noise levels on the section of GGM and, based on the obtained results, according to previous experiences and the real situation in the country, propose protection measures if necessary. Measurements were performed at the given locations of GGM, and the results were compared with those from the law [10]. Measured values and proposed solutions are indicators and basis for future research and studies that include the design, definition and construction of noise protection solutions.

2. COSTS OF NOISE REDUCTION MEASURES

The cost-effective approach to noise reduction and their ability to reduce noise pollution is a key point for decision makers, who often work on a low budget. Important items include implementation and maintenance costs, availability of funds, and important funding schemes. An essential decision aid tool is a cost-benefit analysis that can help prioritize the various noise reduction options and ensure that funds are spent in the best possible way [9]. Costs vary among local noise mitigation measures. Sound barriers cost on average € 300 /m², and cost variations depend on location characteristics such as population density and type of barrier.

naseljenosti i vrste barijere. Tuneli su najskuplji, ali i najučinkovitiji oblik zvučne barijere. Zvučne barijere se smatraju najneisplativijim pristupom, usprkos njihovoj učinkovitosti pri ublažavanju buke [8].

Cijene fasadne izolacije općenito su više u poređenju sa drugim mjerama, ali i dosta niže kada se primjenjuju u novim zgradama sa visokim standardima toplotne izolacije. Procjenjuje se da je prosječna cijena izolacije po stanu oko 28.000 €. Fasadska izolacija je možda isplativija od površina ceste koje ne ispuštaju buku i koje u prosjeku koštaju oko 3,5 €/m². Njihova učinkovitost zavisi od toga koliko je gusto naseljeno područje (izolacija je efektivnija u područjima koja nisu gusto naseljena).

Gume koje proizvode niske nivoe buke smatraju se posebno isplativim zbog značajnog umanjenja buke, a minimalnih posljedica. Tihe gume mogu smanjiti buku za 4 dB bez dodatnih troškova. Mjere upravljanja saobraćajem su jedna od najjeftinijih mjera. Statični znakovi koji pokazuju ograničenje brzine ili zabrane kretanja teškim vozilima sa prehrambenim artiklima su relativno jeftini, a jedan znak košta oko 300 € [9].

Cijena kolovoznih konstrukcija koje proizvode nizak nivo buke, odnosno poroznih asfalta varira od 29 €/m² i 23 €/m² ovisno radi li se o duplom ili jednom sloju poroznog asfalta [10]. Općenito govoreći, najisplativiji pristup je često kombinacija strategija. Poređenja troškova i koristi mjera ublaženja saobraćajne buke pokazuje da su u svim slučajevima koristi veće od samih troškova [9].

3. ZAKONSKA REGULATIVA

Ocjena uticaja buke na okoliš i ljude vrši se na osnovu odredaba Zakona o zaštiti od buke („Službene novine Federacije BiH“, broj: 110/12) i Zakona o zaštiti od buke („Službene novine ZDK“, broj: 1/14). Buka se također tretira i propisima koji uređuju javni red i mir na području ZDK, kao i posebnim općinskim odlukama o javnom redu i miru [6].

Veličina koja se mjeri i na osnovu koje se vrši procjena prema ovom Zakonu je ekvivalentni nivo buke $L_{\text{aeq,T}}$ u dB(A), nivo buke L_1 koji se pojavljuje 1% vremena mjerenja u dB(A), te L_{Amax} . Mjerenje i vrednovanje nivoa buke vrši se prema međunarodnim standardima ISO 1996/1, 1996/2 i 1996/3, BAS ISO 9612 i BAS EN 60804 [10]. Najviši dozvoljeni nivoi buke, u smislu ovog Zakona, utvrđeni su u tabelama. a prilikom izrade ovog rada poštovala se tabela sa

Tunnels are the most expensive but also the most effective form of sound barrier. Sound barriers are considered the least cost-effective approach, despite their effectiveness in noise mitigation [8].

Facade insulation prices are generally higher compared to other measures, but also much lower when applied in new buildings with high standards of thermal insulation. It is estimated that the average price of insulation per apartment is around 28.000 €. Facade insulation may be more cost-effective than noise-free road surfaces, which cost around 3.5 €/m² on average. Their effectiveness depends on how densely populated the area is (isolation is more effective in non-densely populated areas).

Tires that produce low noise levels are considered particularly cost-effective due to significant noise reduction and minimal consequences. Quiet tires can reduce noise by 4 dB at no extra cost. Traffic management measures are one of the cheapest measures. Static signs that show a speed limit or a ban on heavy vehicles with food items are relatively cheap, and one sign costs around 300 € [9].

The price of road structures that produce a low level of noise, i.e. porous asphalt varies from 29 €/m² and 23 €/m², depending on whether it is a double or single layer of porous asphalt [10]. Generally speaking, the most cost-effective approach is often a combination of strategies. Comparison of costs and benefits of traffic noise mitigation measures show that in all cases the benefits outweigh the costs [9].

3. LEGISLATION

The assessment of the impact of noise on the environment and people is performed on the basis of the provisions of the Law on Noise Protection / *Zakon o zaštiti od buke* ("Službene novine Federacije BiH", No. 110/12) and the Law on Noise Protection / *Zakon o zaštiti od buke* ("Službene novine ZDK", No. 1/14). Noise is also treated by regulations governing public order in the Zenica-Doboj Canton, as well as special municipal decisions on public order [6]. The quantity measured and on the basis of which the assessment is made according to this law is the equivalent noise level $L_{\text{aeq,T}}$ in dB(A), the noise level L_1 which occurs 1% of the measurement time in dB(A), and L_{Amax} . Measurement and evaluation of noise levels is performed according to international standards ISO 1996/1, 1996/2 and 1996/3, BAS ISO 9612 and BAS EN 60804, [10]. The highest permissible noise

dozvoljenim vrijednostima nivoa vanjske buke za planiranje novih objekata ili izvora buke.

levels, in terms of this law, are determined in the tables where during the preparation of this paper the table with the allowed values of external noise levels for planning new facilities or noise sources was observed.

Tabela 1. Dozvoljeni nivoi vanjske buke za planiranje novih objekata ili izvora buke

Table 1 Permitted external noise levels for planning new facilities or noise sources

Područje (zona) Territory (zone)	NAMJENA PODRUČJA PURPOSE OF THE AREA	Najviši dozvoljeni nivoi (dBA) Highest allowed levels (dBA)		
		Ekvivalentni nivoi L_{eq} Equivalent L_{eq} levels		Vršni nivoi Peak levels
		Dan Day	Noć Night	L_1
I	Bolničko – lječilišno Hospital - health resort	45	40	60
II	Turističko, rekreacijsko, oporavilišno Tourist, recreational, convalescent	50	40	65
III	Čisto stambeno, odgojno obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacione površine Only residential, educational and health institutions, public green and recreational areas	55	45	70
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz prometne koridore, skladišta bez teškog transporta Commercial, business, residential and residential along traffic corridors, warehouses without heavy transport	60	50	75
V	Poslovno, upravno, trgovačko – obrtničko, servisno (komunalni servis) Business, administrative, trade and craft, service (utility service)	65	60	80
VI	Kombinovano – industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje u naseljenom mjestu Combined - industrial, storage, service and traffic area in a populated area	65	55	80
VII	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanovanja Industrial, storage, service and traffic area without residential area	70	70	85

4. MJERENJE BUKE

Mjerenje buke je izvršeno na gradskoj dionici Glavne gradske magistrale Zenica na 6 lokacija, tj. ispred 6 objekata. U slijedećoj tabeli predstavljene su lokacije snimanja podataka na posmatranoj dionici:

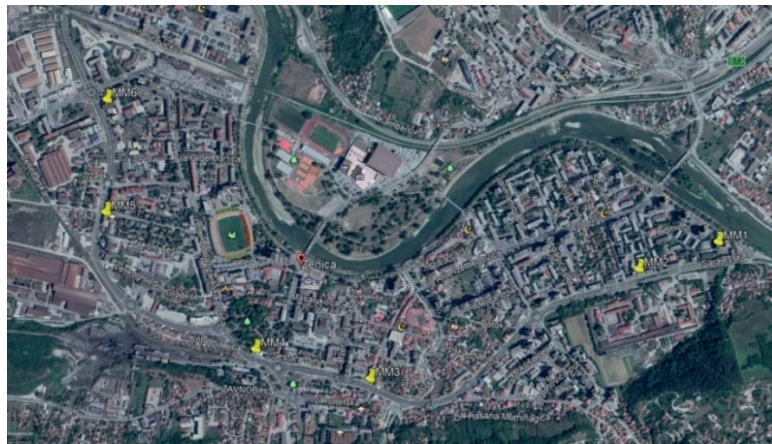
4. NOISE MEASUREMENT

Noise measurement was performed on the city section of the GGM Zenica at 6 locations, i.e. in front of 6 buildings. The following table presents the locations of data recording on the observed section:

Tabela 2. Lokacije snimanja na dionici Glavne gradske magistrale

Table 2 Data recording locations on the section of the Main City Highway (GGM)

Mjerno mjesto Measuring point	Naziv objekta Object name	Naziv lokacije Location name
1	Đački dom Student dormitory	Street / ulica Sarajevska, Zenica
2	Poliklinika Prima / Prima Polyclinic	Street / ulica Sarajevska, Zenica
3	Stambena zgrada Apartment building	Street / ulica Sarajevska, Zenica
4	Hrvatski kulturni dom Croatian Cultural Center	Street / ulica Dr. Abdulaziza Aska Borića 20, Zenica
5	Stambena zgrada Residential building	Street / ulica Zmaja od Bosne, Zenica
6	Industrijska škola Industrial school	Street / ulica Zmaja od Bosne, Zenica



Slika 1. Lokacije snimanja na području GGM-a (Google Earth Pro software)
Figure 1 Recording locations in the area of GGM (Google Earth Pro software)

Za izradu ovog rada i mjerenje buke korišten je bukomjer Bruel&Kjær BZ5503 sa slijedećim komponentama:

Bruel&Kjær BZ5503 with the following components was used for noise measuring process and for this paper:



Slika 2. Komponente instrumenta, [1]
Figure 2 Instrument components [1]

Bukomjer predstavlja instrument dizajniran za mjerenje nivoa zvuka kroz standardizirani način. Sastoji se od mikrofona (1), preamplifikatora (2), glavnog procesora i jedinice za očitavanje (slika 2.). Instrument zadovoljava u svakom smislu zahtjeve za tačnost mjerenja nivoa buke u standardu ANSI S1.4-1983 i ANSI S1.4N-1985 [1].

Mjerenje spomenutim instrumentom je izvršeno u dnevnim i noćnim periodima na 6 tačaka saobraćajnice u intervalima mjerenja od po 15 minuta, na visini od 1,20 m od površine terena i na udaljenosti od 3 m od objekta.

U smislu zakona u zimskom periodu dan traje od 06 do 22 sata, a noć od 22 do 06 sati, a u ljetnom periodu od 07 do 23 sata dan i od 23 do 07 sati noć [10].

Prilikom mjerenja nivoa buke na datim lokacijama vršeno je i brojanje prolaska vozila, teretnih i putničkih.

Na osnovu prikupljenih podataka izvršeno je poređenje sa dozvoljenim granicama prema tabeli 2 za dozvoljene nivoe vanjske buke za planiranje novih objekata ili izvora buke.

Prema informacijama iz Zavoda za zaštitu i ekologiju Metalurškog instituta „Kemal Kapetanović“ Zenica, ne postoje tačno definisane zone prema namjeni područja, stoga ih je potrebno definirati prema ličnom stanovištu.

Također je izvršena i terčna analiza buke, odnosno, prikazani su grafikoni promjene frekvencije u odnosu na nivo buke, za posmatrane veličine $L_{eq}(A)$ i $L_1(\%)$.

A noise level meter is an instrument designed to measure sound levels through a standardized mode. It consists of a microphone (1), a preamplifier (2), a main processor and a reading unit (Figure 2). The instrument meets in every sense the requirements for the accuracy of noise level measurements in the standard ANSI S1.4-1983 and ANSI S1.4N-1985 [1].

The measurement with the mentioned instrument was performed in day and night periods at 6 points of the road in measurement intervals of 15 minutes each, at a height of 1.20 m from the terrain surface and at a distance of 3 m from the building. In terms of the law, in the winter the day lasts from 06 to 22 hours, and the night from 22 to 06 hours, and in the summer from 07 to 23 hours the day and from 23 to 07 hours the night [10]. During the measurement of the noise level at the given locations, the counting of trucks and cars was also performed.

Based on the collected data, a comparison was made with the permissible limits according to Table 2 for the permitted levels of external noise for planning new facilities or noise sources.

According to the information from the Department for Protection and Ecology of Metallurgical Institute "Kemal Kapetanović" Zenica, there are no precisely defined zones according to the purpose of the area, so it is necessary to define them according to personal point of view. A third analysis of noise was also performed, i.e. graphs of frequency change in relation to the noise level are presented, for the observed quantities $L_{eq}(A)$ and $L_1(\%)$.



Slika 3. Prikaz načina mjerenja nivoa buke na lokaciji ulice Dr. Abdulaziza Aska Borića 20, Zenica, ispred objekta Hrvatski kulturni dom

Figure 3 Presentation of noise level measuring procedure at the location of Street Dr. Abdulaziza Aska Borića 20, Zenica, in front of the institution Croatian Cultural Center

5. REZULTATI MJERENJA

Prilikom mjerenja vanjske buke vladali su sljedeći meteorološki uslovi:

5. MEASURING RESULTS

The following meteorological conditions prevailed during measuring external noise:

Tabela 3. Prikaz meteoroloških uslova za vrijeme snimanja nivoa buke na posmatranim lokacijama
Table 3 Meteorological conditions during the measurement of noise levels at the observed locations

Veličina Value	Mjerna jedinica Measuring unit	Dnevno mjerenje Daily measurement	Noćno mjerenje Night measurement
Temperatura vanjskog zraka / Outdoor air temperature	°C	20	17
Smjer vjetrova / Wind direction	-	SI	JI
Brzina vjetrova / Wind speed	m/s	1,94	0,7
Prisutnost padavina / Occurrence of rainfall	-	ne	ne
Vlaga / Humidity	%	62	88,5
Atmosferski pritisak / Atmospheric pressure	hPa	1016	1016

Tabela 4. Dnevno mjerenje**Table 4** Daily measurement

MM	Područje (zona) / Territory (zone)	Vremenski interval Mjerenja / Time interval of measurements	Frekvencija saobraćaja Traffic frequency		Izmjereno Measured		Dopušteno Allowed	
			Putnička vozila / Cars	Teretna vozila / Trucks	L _{eq}	L ₁	L _{eq}	L ₁
1	III	09:25 - 09:40	136	15	62,50	73,50	55,00	70,00
2	III	09:55 - 10:10	167	9	65,90	75,40	55,00	70,00
3	V	10:30 - 10:45	346	14	64,70	71,90	65,00	80,00
4	IV	10:58 - 11:13	546	22	67,10	75,20	60,00	75,00
5	VI	11:32 - 11:47	323	59	72,00	81,90	65,00	80,00
6	VII	12:22 - 12:37	286	17	63,60	71,90	70,00	85,00

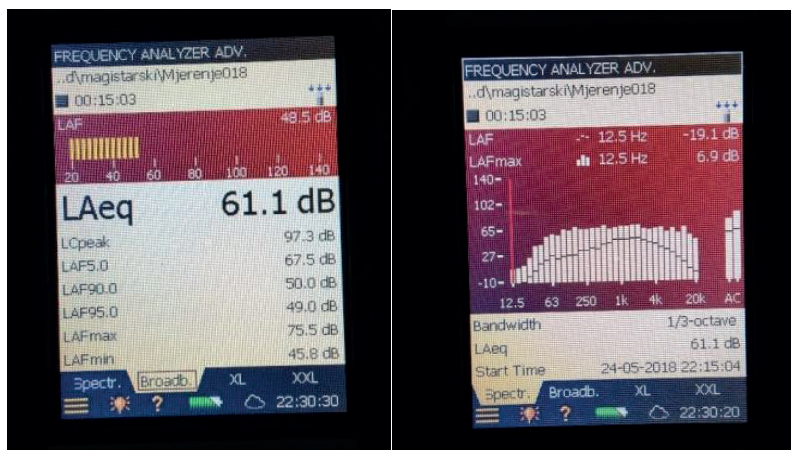
Tabela 5. Noćno mjerenje**Table 5** Night measurement

MM	Područje (zona) Territory (zone)	Vremenski interval mjerenja / Time interval of measurements	Frekvencija saobraćaja Traffic frequency		Izmjereno Measured		Dopušteno Allowed	
			Putnička vozila / Cars	Teretna vozila / Trucks	L _{eq}	L ₁	L _{eq}	L ₁
1	III	00:09 - 00:24	13	5	53,60	65,60	45,00	70,00
2	III	00:32 - 00:47	22	2	59,60	72,00	45,00	70,00
3	V	23:27 - 23:42	126	1	62,20	71,70	60,00	80,00
4	IV	23:06 - 23:21	251	1	63,70	72,20	50,00	75,00
5	VI	22:41 - 22:56	94	0	67,40	75,40	55,00	80,00
6	VII	22:15 - 22:30	152	2	61,10	70,60	70,00	85,00



Slika 4. Prikaz instrumenta nakon izvršenog dnevnog mjerenja na lokaciji Sarajevska ulica, Zenica, ispred objekta Dački dom

Figure 4 Display of the instrument after the daily measurement at the location of Sarajevska Str., Zenica, in front of the Student dormitory



Slika 5. Prikaz instrumenta nakon izvršenog noćnog mjerenja na lokaciji ulice Zmaja od Bosne, Zenica, ispred objekta Industrijska škola

Figure 5 Display of the instrument after the night measurement at the location of street Zmaja od Bosne, Zenica, in front of the Industrial school

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu dnevnog i noćnog mjerenja emisije okolinske buke sa gradske saobraćajnice Glavne gradske magistrale Zenica izvršeno je poređenje sa dozvoljenim graničnim vrijednostima prema tabeli iz Zakona o zaštiti od buke ZDK.

Dnevno mjerenje

Na osnovu izvršenih mjerenja može se konstatovati sljedeće:

- izmjeren nivo buke na mjernim mjestima MM1, MM2, MM4 i MM5 odstupa od dopuštenih graničnih vrijednosti u prosjeku za 8 dB(A) L_{eq} , i za 3 dB(A) L_1
- najveće odstupanje od graničnih vrijednosti je izmjereno na mjernom mjestu MM2.

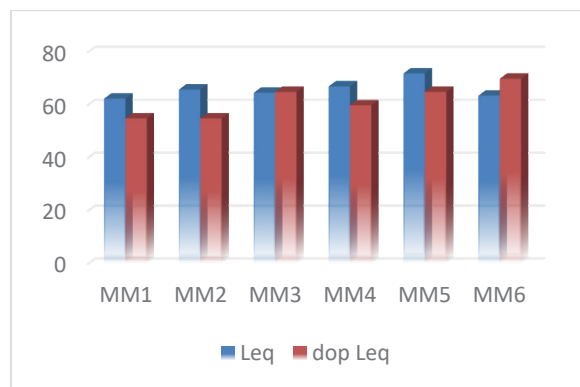
6. CONCLUSIONS

Based on the daily and night measurement of environmental noise emissions from the city road of the GGM Zenica, a comparison was made with the permitted limit values according to the Table from the Law on Noise Protection / Zakona o zaštiti od buke ZDK.

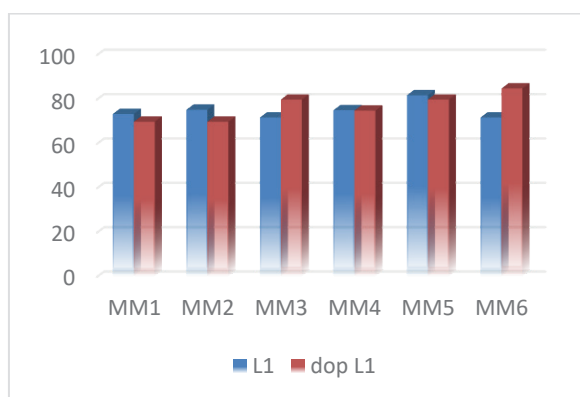
Daily measurement

Based on the performed measurements, the following can be stated:

- the measured noise level at the measuring points MM1, MM2, MM4 and MM5 deviates from the permitted limit values by an average of 8 dB(A) L_{eq} , and by 3 dB(A) L_1
- the largest deviation from the limit values was measured at the measuring point MM2.



Slika 6. Grafikon odnosa izmjerenih i dopuštenih vrijednosti L_{eq} za dnevno mjerenje
Figure 6 Graph of the ratio of measured and allowed values L_{eq} for daily measurement



Slika 7. Grafikon odnosa izmjerenih i dopuštenih vrijednosti L_1 za dnevno mjerenje
Slika 7 Graph of the ratio of measured and allowed values L_1 for daily measurement

Noćno mjerenje

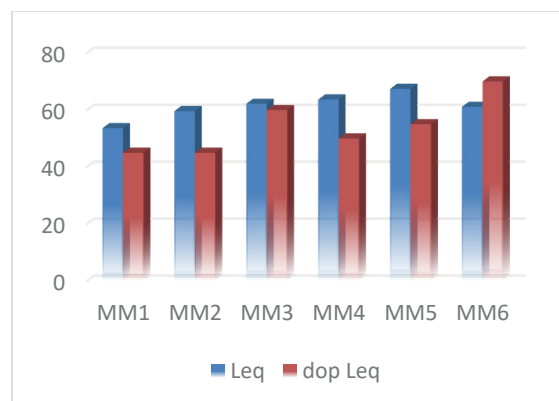
Na osnovu izvršenih mjerenja može se konstatovati sljedeće:

- izmjeren nivo buke na mjernim mjestima MM1, MM2, MM3, MM4 i MM5 odstupa od dopuštenih graničnih vrijednosti u prosjeku za 10 dB(A) L_{eq} , a na mjernom mjestu MM2 izmjeren nivo buke L_1 odstupa za 2 dB(A)
- najveće odstupanje od graničnih vrijednosti je izmjereno na mjernom mjestu MM2.

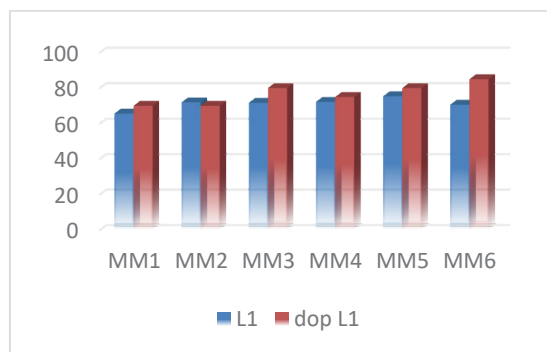
Night measurement

Based on the performed measurements, the following can be stated:

- the measured noise level at the measuring points MM1, MM2, MM3, MM4 and MM5 deviates from the permitted limit values by an average of 10 dB(A) L_{eq} , and at the measuring point MM2 the measured noise level L_1 deviates by 2 dB(A)
- the largest deviation from the limit values was measured at the measuring point MM2.



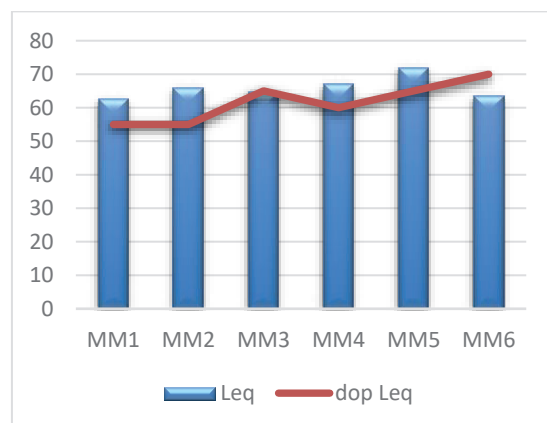
Slika 8. Grafikon odnosa izmjerenih i dopuštenih vrijednosti L_{eq} za noćno mjerenje
Figure 8 Graph of the ratio of measured and allowed values L_{eq} for night measurement



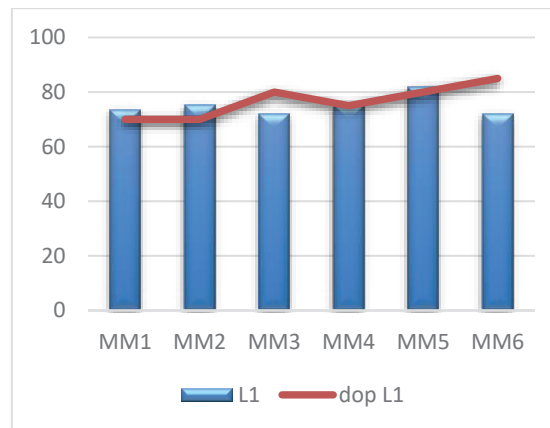
Slika 9. Grafikon odnosa izmjerenih i dopuštenih vrijednosti L_1 za noćno mjerenje
Figure 9 Graph of the ratio of measured and allowed values of L_1 for night measurement

Snimljeni nivoi buke pokazuju da je potrebno poduzeti mjere da se intenzitet buke smanji kako bi se stanovništvu obezbijedili humaniji uslovi za život. Prema izmjerenim podacima vidi se da vrijednosti buke, utvrđene tokom mjerenja emisije buke, su najviše za dnevni period, a tada je i najveći intenzitet saobraćaja. Stoga bi se navedeni period mjerenja trebao uzeti kao referentni pri određivanju i definiranju mjesta s potrebnom ugradnjom zaštite od buke.

The recorded noise levels show that measures need to be taken to reduce the intensity of noise in order to provide the population with more humane living conditions. According to the measured data, it can be seen that the noise values determined during the measurement of noise emission for the daily period are the highest, and have the highest traffic intensity. Therefore, the specified measurement period should be taken as a reference when determining and defining places with the necessary installation of noise protection.



Slika 10. Grafikon odnosa nivoa granične vrijednosti s izmjerenim vrijednostima L_{eq} za dnevno mjerenje
Figure 10 Graph of the relationship between the limit value level and the measured L_{eq} values for daily measurement



Slika 11. Grafikon odnosa nivoa granične vrijednosti s izmjerenim vrijednostima L_1 za dnevno mjerenje

Figure 11 Graph of the relationship between the limit value level and the measured L_1 values for daily measurement

Na osnovu dosadašnjih istraživanja pokazalo se da mnoge mjere u zaštiti od buke znatno utiču na poboljšanje okoline, ponašanje i zdravlje ljudi, zaštitu okoliša i samo uređenje grada. No, hoće li se i koje mjere koristiti najviše zavisi od vladajućih organa. Cjenovno visoke mjere zaštite okoliša od buke uglavnom su na kraju dnevnog reda, ali savjesnim i pravičnim djelovanjem kako pojedinca tako i šireg nivoa, moguće je postići pozitivne rezultate.

Prije svega trasa Glavne gradske magistrale (GGM) Zenica polazi od Bulevara Kralja Tvrtka I kod Direkcije kompanije Arcelor Mittal Zenica i Zavoda za medicinu rada Zenica i završava se na lokalitetu Bojin vir, odnosno na raskrsnici Sarajevske ulice i Bulevara Kulina Bana, a ima ukupnu dužinu $L=3,25$ km, [5]. Za ovu dužinu ugrađeno je $230\,518$ m² asfaltnih slojeva [4]. Prema [10] cijena koštanja poroznog asfalta kao mjere zaštite od buke je minimalno 23 €/m², što za ovu dionicu iznosi nešto više od 11 mil. €. Ova cijena premašuje cijenu SMA 11 asfaltnog sloja, koji je ugrađen u sloju od 4 cm i koji prema projektantskoj cijeni košta 25 KM/m² što bi za ovu dionicu iznosilo oko 12 mil. KM.

Još jedan razlog zašto se ova mjera ne razmatra kao jedna od potencijalnih jeste to što porozni asfalti zahtijevaju održavanje i praćenje saobraćaja, a posvećenost nadležnih institucija ovom problemu nije na nekom zavidnom nivou, što se može vidjeti na osnovu količina rigola i slivnika koji su zabašeni i začepljeni već duže vrijeme bez ikakve intervencije. Iako bi takav sistem od poroznog asfalta odgovarao vremenskim prilikama u BiH, preporučljiv je tamo gdje su velike padavine, a tamo gdje su temperature ispod nule sistem zahtijeva

Based on previous research, it has been shown that many noise protection measures significantly affect the improvement of the environment, human behavior and health, environmental protection and the city itself. But whether and what measures will be used depends mostly on the governing bodies. High-cost environmental protection measures against noise are mostly at the end of the agenda, but with conscientious and fair action of both the individual and the wider level, it is possible to achieve positive results.

First of all, the route of the GGM Zenica starts from *Bulevar Kralja Tvrtka I* at the Management building of Arcelor Mittal Zenica and the Institute of Occupational Medicine Zenica and ends at the site *Bojin vir*, i.e. at the intersection of *Sarajevska Street* and *Bulevar Kulina Bana*, and has a total length of $L = 3.25$ km, [5]. For this length, $230,518$ m² of asphalt layers were installed [4]. According to [10], the cost price of porous asphalt as a noise protection measure is a minimum of 23 €/m², which is slightly more than 11 million € for this section. This price exceeds the price of SMA 11 asphalt layer, which is installed in a layer of 4 cm and which, according to the design price, costs 25 KM/m², which is about 12 mil. KM for this section.

Also another reason why this measure is not considered as the potential one is that porous asphalts require maintenance and monitoring of traffic, and the commitment of the relevant institutions to this problem is not at a good level, which can be seen based on the amount of gutters and drains clogged for a long time without any intervention. Although such a system of porous asphalt would be suitable for

odgovorno održavanje [2].

Kako se objekti na posmatranim lokacijama uglavnom nalaze veoma blizu ivice kolovozne konstrukcije Glavne gradske magistrale, zvučne barijere se također mogu odbaciti kao moguće rješenje. Stvarale bi dodatnu prenatrpanost na trotoarima, koja je danas sve više prisutna, nesavjesnim ponašanjem većine vozača koji ne vode računa o parkiranju.

Tiši motori, električna vozila i posebne gume mogu relativno smanjiti nivo buke, ali za primjetne rezultate potrebno je djelovati na većem nivou. Kako Bosna i Hercegovina nije ekonomski stabilna zemlja i životni standard nije na zavidnom nivou, ne može se od stanovnika očekivati masovna promjena načina i sistema kretanja. Vegetacija kao zvučna barijera može poslužiti na lokaciji objekta Đačkog doma.

Izmjerena vrijednost nivoa buke u dnevnom periodu iznosi 62,5 dB (A), što je za 7 dB (A) više od dopuštenog. Prema [3] da bi se postiglo smanjenje buke za otprilike 6 dB, potrebno je izraditi barijeru od drveća i grmlja u širini od 20 do 30 m. Iako se ispred objekta već nalazi pojas visokog drveća, potrebno je vegetaciju učiniti gušćom sadnjom novog grmlja u donjim dijelovima, što će obezbijediti jaču i bolju zvučnu barijeru.

No, najatraktivnije i najjeftinije mjere predstavljaju reguliranje saobraćaja i brzine kretanja vozila. Iako je Glavna gradska magistrala projektovana kao saobraćajnica koja omogućava brzu protočnost saobraćaja, brzi prelazak iz jednog u drugi dio grada, saobraćajnica koja povezuje vezne i pomoćne gradske saobraćajnice, potrebno je provesti određene mjere. Zabrane kretanja teretnih vozila u određenim periodima dana bi mogle znatno smanjiti buku, naročito u područjima gdje se nalaze škole i ostale institucije koje zahtijevaju intelektualni ili mentalni rad. Smanjenjem brzine vožnje također se povećava i sigurnost vožnje kao i pješaka koji se kreću u tim područjima. Trenutno se na Glavnoj gradskoj magistrali Zenica vozi brzinom do 60 km/h [4]. Prema [11] definiranje zona s ograničenom brzinom vožnje može smanjiti nivo buke L_{eq} za 2 dB(A), postavljanje ležećih policajaca za 4 dB(A), dok zabrana kretanja teretnih vozila u noćnom periodu može smanjiti nivo buke za 7 dB(A). Kombinovanjem ovih rješenja mogu se postići značajni rezultati. Tako bi se na posmatranim lokacijama nivo buke L_{eq} mogao svesti na Zakonom ograničen nivo.

the weather conditions in BiH, it is recommended where there is heavy rainfall, and where temperatures are below zero the system requires responsible maintenance [2].

As the facilities at the observed locations are generally located very close to the edge of the main construction of the GGM, sound barriers can also be rejected as a possible solution. They would create additional congestion on the sidewalks, which is increasingly present today, due to the reckless behavior of most drivers who do not pay attention to parking.

More silent motors, electric vehicles and special tires can relatively reduce the noise level, but for noticeable results it is necessary to act at a higher level. As Bosnia and Herzegovina is not an economically stable country and the living standard is not at an enviable level, a massive change in the way and system of movement cannot be expected from the inhabitants. Vegetation as a sound barrier can serve on the location of the Student Dormitory.

The measured value of the noise level in the daily period is 62.5 dB (A), which is 7 dB (A) more than allowed. In order to reduce noise by approximately 6 dB, it is necessary to create a barrier of trees and shrubs in the width of 20 - 30 m [3]. Although there is already a line of tall trees in front of the building, it is necessary to make denser vegetation in the lower parts, which will provide a stronger and better sound barrier.

However, the most attractive and cheapest measures are traffic regulation and vehicle speed. Although the GGM is designed as a road that enables fast traffic flow, fast transition from one part of the city to another, a road that connects main and auxiliary city roads, it is necessary to implement certain measures. Prohibitions on the movement of trucks at certain times of the day could significantly reduce noise, especially in areas where schools are located, and other institutions that require intellectual or mental work. Reducing driving speed also increases driving safety as well as pedestrians moving in these areas. Currently, allowed driving speed at GGM is up to 60 km/h [4]. The definition of zones with limited driving speed can reduce the noise level L_{eq} by 2 dB(A), the installation of road speed bumps by 4 dB(A), while the ban on the movement of trucks at night can reduce the noise level by 7 dB(A).

By combining these solutions, significant results can be achieved. Thus, at the observed locations, the noise level L_{eq} could be reduced to a legally limited level.

Također, moguće je djelovati na ličnom nivou, jer nivo buke pojedinačnog vozila ne ovisi samo o brzini vozila nego i o stepenu prijenosa i načinu ubrzavanja i usporavanja. Pasivna vožnja može smanjiti nivo buke za oko 5 dB za osobna i teretna vozila, a 7 dB za motocikle. Stoga je potrebno osvještavati ljude na razne načine i vršiti propagandu o ekološkom značaju životne okoline, koji uključuje i zagađenje bukom.

It is also possible to act on a personal level, because the noise level of an individual vehicle depends not only on the speed of the vehicle, but also on the transmission ratio and the way of acceleration and deceleration. Passive driving can reduce noise levels by about 5 dB for cars and trucks, and 7 dB for motorcycles. Therefore, it is necessary to raise awareness of people in various ways and to include propaganda about the ecological significance of the environment, which encompasses noise pollution.

7. REFERENCES

- [1] Brüel and Kjær, *Hand-held Analyzer Types 2250 and 2270 – User Manual*.
- [2] F. Čatović, A. El Sayed, *Porozni asfalt*, Univerzitet Džemal Bijedić, Mostar, 2017.
- [3] M. Dobson, J. Ryan J., *Trees & Shrubs for Noise Control*, Trees in focus, Practical Care and Management, ISSN 1358-8249, 2007.
- [4] Grad Zenica, *Projekat izgradnje Glavne gradske magistrale*.
- [5] Institut za mašinstvo, Centar za ekološki inženjering, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, *Procjena uticaja na okoliš Glavne Gradske Magistrale u Zenici (Gradska dionica)*, Zenica, 2009.
- [6] Kantonalni ekološki akcioni plan Zeničko-dobojskog kantona za period 2017. – 2025.
- [7] J. N. E. Ribero, *Assessment of the CNOSSOS-EU model for road traffic noise prediction*, Tecnico Lisboa, 2016.
- [8] E. M. G. Sanchez at al., *The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads*, Building and Environment 97, 96-110, 2016.
- [9] Science for Environment Policy, *Future brief: Noise abatement approaches*, Issue 17, 2017.
- [10] Zakon o zaštiti od buke ZDK („Službene novine ZDK“ 1/14).
- [11] M. Zappatore at al., *Crowd – Sensing our Smart Cities: A Platform for Noise Monitoring and Acoustic Urban Planning*, Journal of communications software and systems, Vol. 13, No. 2, 2017.

Corresponding author:

mr. Nejra Turčinović, grad. civil eng.
University of Zenica, Polytechnic faculty
Email: nejra.toork@gmail.com