

# ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA

---

Šuper, Lea

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:220906>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-18**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Lea Šuper

# **ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2019.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Lea Šuper

# **Road noise protection**

Final paper

Karlovac, 2019.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Lea Šuper

# **ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.

Karlovac, 2019.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

**ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: Lea Šuper

Matični broj: 0415616067

Naslov: Zaštita od buke na prometnicama

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Buka
3. Buka i čovjek
4. Buka u prometu
5. Mjerenje buke
6. Mjerni postupci
7. Zaštita od buke na prometnicama
8. Kontrola buke na prometnicama
9. Mjerenje buke na prometnicama – primjer
10. Izgrađeni zidovi za zaštitu od buke – primjer
11. Zaštita od buke na Hrvatskim autocestama
12. Zaključak
13. Literatura
14. Popis priloga

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

25.2.2019.

06/2019

06/2019

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.

Dr.sc. Slaven Lulić, v.predavač.

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad nastao je iz potrebe pisanja završnog rada za preddiplomski stručni studij Sigurnosti i Zaštite na Veleučilištu u Karlovcu.

Kao materijali korištene su različite knjige koje je Veleučilište izdalo.

Želim se zahvaliti svom mentoru dr.sc. Nikoli Trbojeviću na savijetima i sugestijama prilikom pisanja ovog rada, te ostalim profesorima s Veleučilišta, kao i kolegama, prijateljima i obitelji koji su mi na bilo koji način olakšali pisanje ovog rada.

## **SAŽETAK I KLJUČNE RIJEČI**

Cilj ovog rada je objasniti pojam buke, njezine vrste i utjecaj na čovjeka i okoliš. Upoznati se s bukom koja se stvara na prometnicama i koja ima velike posljedice na čovjeka i okoliš. Cilj je također i upoznavanje s alatima za mjerenje i suzbijanje buke i prikaz načina mjerenja i izoliranja buke s prometnica, te način zaštite od iste.

Primjenjujući propise i odgovarajuću zaštitnu opremu, te postavljajući odgovarajuće uređaje i građevine za smanjenje buke moguće je smanjiti njezin utjecaj.

Ključne riječi: buka, prometnice, alati za mjerenje, zid za zaštitu od buke

## **SUMMARY**

In this final work I will explain what is noise, what kind of noise exists and what effects it has on humans and the environment. I will write about traffic noise, noise measurement tools, and how to protect yourself.

By applying regulations and appropriate protective equipment, and by setting appropriate devices and buildings to reduce noise, it is possible to reduce its impact.

Keywords: noise, roads, measuring tools, noise protection wall

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. BUKA.....	2
2.1. Vrste buke .....	3
2.2. Izvori buke .....	3
2.3. Infra i ultrazvuk .....	4
3. BUKA I ČOVJEK.....	5
3.1. Mjere za smanjenje buke .....	6
4. BUKA U PROMETU .....	7
4.1. Izvor buke u cestovnom prometu .....	7
4.1.1. Buka vozila.....	7
4.1.2. Buka površine ceste .....	8
4.1.3. Buka uzrokovana ponašanjem vozača .....	8
4.1.4. Buka od aktivnosti građenja i održavanja .....	8
4.2. Utjecaj buke u okolišu ceste.....	8
5. MJERENJE BUKE.....	9
5.1. Propisi i norme s obveznom primjenom .....	9
5.2. Razlozi mjerenja buke .....	10
5.3. Mjerne fizikalne veličine .....	11
6. MJERNI POSTUPCI .....	12
6.1. Pravila postupanja pri mjerenju buke .....	12
6.2. Mjerenje buke kod vozila .....	17
6.2.1. Mjerenje buke kod vozila u mirovanju.....	17
6.2.3. Mjerenje buke kod vozila u kretanju.....	18
6.3. Instrumenti za mjerenje buke .....	18
6.4. Zapis i izvještaj o mjerenju buke .....	19
7. ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA .....	20
7.1. Osnovni nazivi uređaja za zaštitu od buke .....	21
7.2. Građevine za zaštitu od buke .....	21
7.2.1. Nasadi.....	22
7.2.2. Nasipi.....	22
7.2.3. Nasipi sa ugrađenim zidom .....	22
7.2.4. Strmi nasipi.....	22



7.2.5. Zidovi za zaštitu od buke .....	23
7.3. Vrsta i kvaliteta materijala .....	26
7.3.1. Zvučna izolacija.....	27
7.4. Dopuštene razine buke na prometnicama.....	27
8.KOTROLA BUKE NA PROMETNICAMA .....	28
8.1. Rad izvora buke .....	28
8.2. Vremenski uvjeti.....	29
8.3. Priprema mjerenja .....	29
8.3.1. Dokumenti nakon mjerenja.....	30
9.MJERENJE BUKE NA PROMETNICAMA – PRIMJER .....	31
10.IZGRAĐENI ZIDOVI ZA ZAŠTITU OD PROMETNE BUKE – PRIMJERI .....	33
11. ZAŠTITA OD BUKE NA HRVATSKIM AUTOCESTAMA.....	35
12. ZAKLJUČAK .....	36
13. LITERATURA.....	37
14. POPIS PRILOGA.....	38

# 1.UVOD

Postoje vrlo restriktivni hrvatski i europski propisi za buku koju u nastanjenim područjima stvaraju prometna sredstva. Standardi maksimalno dopuštene buke, koje propisuje Europska unija, posebno su restriktivni prema motorima s unutarnjim izgaranjem za automobile i zrakoplove. Prema izvješću Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) smatra se da je razina zvučnog tlaka od 70 decibela (dB) poželjna gornja granica buke. Program zaštite od buke trebao bi sadržavati:

1. Pripremu karti buke nakon izvedenih mjerenja buke u svim područjima
2. Postavljanje ciljanih razina buke
3. Opis svih planiranih mjera, analiza troškova, kao i očekivano smanjenje buke
4. Postavljanje prioriteta unutar plana da bi se postigli određeni ciljevi, određivanje vremena početka i vremena završetka.

Zadatak svih ljudi je da projektiraju i koriste takve tehnologije, procese i opremu, uz korištenje osobnih zaštitnih sredstava, koja će najmanje ugrožavati njenog tvorca, čovjeka.

## 2. BUKA

Buka je vrlo glasni, čovjeku neugodni, čak i bolni zvuk. Proizveden je nepravilnim i periodičnim titranjem čestica u zraku. Čovječje uho registrira kao zvuk titraje između 16 Hz do 20.000 Hz. Pojam buke odnosi se na buku izazvanu ljudskom aktivnošću (prometom, industrijom i sl.). Osnovne značajke buke sadržane su u njezinoj jačini (intenzitetu), ali i u njezinoj kakvoći (dodatni šumovi), visini, trajanju, isprekidanosti ili kontinuiranosti. Stupanj smetanja ovisi o psihološkim čimbenicima (o vrsti zvučnih informacija, očekivanju ili nenadanosti i drugom). Čovjeku mnogo manje smeta neizbježiva buka (na primjer šum slapova) nego buka koja se može izbjeći. Manje nam smeta buka koju proizvodimo sami od buke koju proizvode drugi. Svaka buka intenziteta većeg od 85 do 90 dB može nakon duge izloženosti uzrokovati trajna oštećenja sluha. Buka se smatra onečišćivačem okoliša, pa se propisuju maksimalno dopuštene granice, izražene u decibelima (dB). Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša.



Slika 1. Razina buke iznad 85dB(A)

## **2.1. Vrste buke**

Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša. Pod nazivom industrijska buka podrazumijeva se buka koju stvara radni proces u industriji. Gornja granica neškodljivosti buke prema provedenim istraživanjima u osam radnih sati iznosi 75 dB(A). Kućna buka nebi smjela prelaziti razinu od 45 dB(A), a buka tijekom noći 35 dB(A).

Buka još može biti trajna, isprekidana ili impulsna.

Trajna buka javlja se u električnim centralama i predionicama i njezina karakteristika je razina zvučnog tlaka i spektor frekvencija, koji su na jednom mjestu konstantni tijekom vremena.

Isprekidanu buku nalazimo kod ekscentar – preša i to je buka kod koje se na jednom mjestu mijenjaju razine zvučnog tlaka i spektar frekvencija.

Impulsna buka je zvučni događaj kratkog trajanja i relativno visokog zvučnog tlaka.

## **2.2. Izvori buke**

Izvori buke su svaki stroj, uređaj, instalacija, tehnološki postupak i druge radnje od kojih se širi zvuk. Izvorima buke smatraju se i cjeline kao nepokretni i pokretni objekti te otvoreni i zatvoreni prostori za sport, rekreaciju, ples i sl. Izvori povećane buke mogu biti industrijska postrojenja, promet, gradilišta, ali i čovjek i životinje.

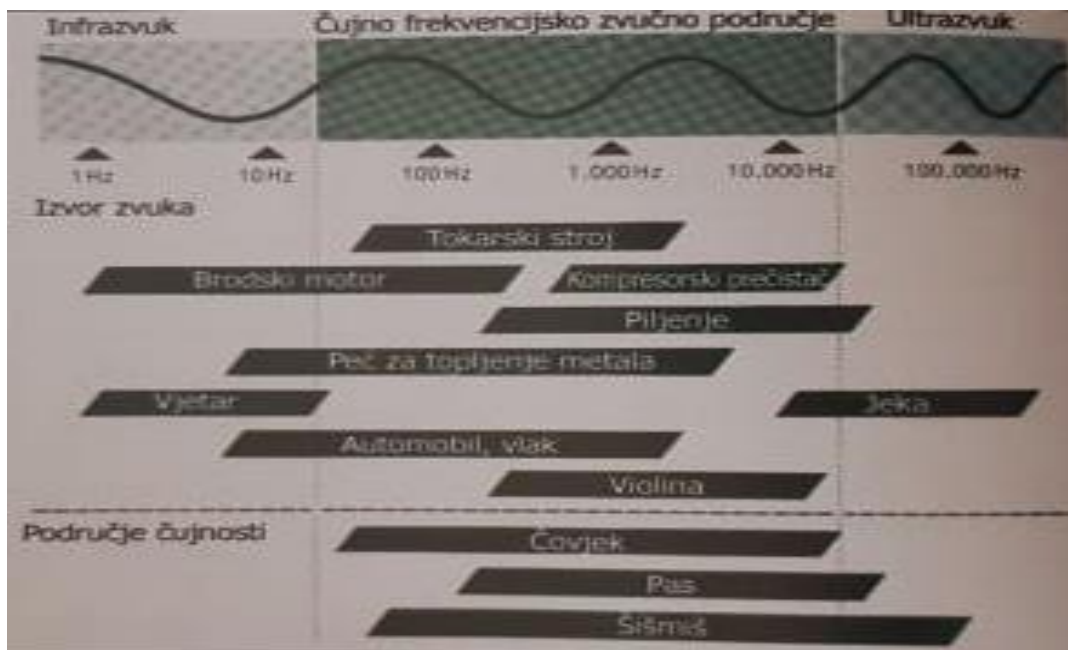
Na radnom mjestu postoji dozvoljena gornja granica jačine buke pri kojoj neće nastupiti trajna oštećenja organizma. Kako posljedice buke na radnom mjestu nebi bile trajne i ozbiljno narušile zdravlje čovjeka potreban je period odmora.

Izvan radnog mjesta problem buke predstavlja blizina prometnica, što se pokušava smanjiti zakonskim odredbama koje reguliraju glasnoću prometnih sredstava.

### 2.3. Infra i ultrazvuk

Zvuk s frekvencijama ispod 16Hz, koji normalan čovjek ne može čuti, naziva se infrazvuk. Infrazvuk postaje opasan ukoliko konstantno djeluje na čovjeka jačinom od 130 dB. Infrazvučne frekvencije mjere se od 0,1 – 20 Hz. Infrazvuk, odnosno frekvencije zvuka niže od 20 Hz uhom ne doživljavamo kao zvuk, nego kao titrajuću vibraciju na bubnjić.

Zvuk iznad 20.000 Hz, koji je također nemoguće čuti, naziva se ultrazvuk. Najpoznatija primjena ultrazvuka je u praktičnoj medicini. Primjenjuje se u liječenju različitih reumatskih bolesti, u dijagnostici i u kardiologiji. Isto tako, ultrazvuk se primjenjuje i pri čišćenju materijala, testiranju materijala i sl.



Slika 2. Granice zvuka

### 3. BUKA I ČOVJEK

Buka utječe na čovjeka fizički, psihički i socijalno, pa tako može izazvati:

1. Oštećenje sluha
2. Smetnje pri komunikaciji
3. Uznemiravanje
4. Umor
5. Slabiji rad

Jaka buka kroz dulje vrijeme može izazvati stalno oštećenje sluha. Ukoliko dođe do takvog oštećenja posljedice su trajne i nepopravljive. Rizik oštećenja sluha ovisi o razini buke, vremenu provedenom u bučnom prostoru, ali rizik oštećenja ovisi i od karakteristika buke.

Nakon kratkog vremena izloženosti visokoj razini buke, po dolasku u tiši prostor, buku niže razine ne možemo čuti. Ta pojava je privremenog karaktera, te se normalan sluh vraća nakon izvjesnoga vremena.

Uslijed visokog intenziteta buke može doći do oštećenja dlačica, koje se nalaze u ušnom kanalu, i do trajnog gubitka sluha. (slika)

Trenutno je nemoguće zaustaviti gubitak sluha, postojeći aparati i tehnologija pojačavaju zvučne signale, ali nikada ne mogu vratiti sluh u prijašnji oblik.

Buka također djeluje na cirkulaciju krvi, izaziva stres i ostale psihološke probleme. Industrijska buka je često povezana s drugim problemima, s industrijskom okolinom, sa zagađenjem zraka; sve to utječe na zdravlje i na raspoloženje čovjeka. Buka je također rizik po sigurnost, jer se otežano ili nikako ne mogu čuti signali upozorenja. (slika)



Slika 3. Negativni utjecaj buke na čovjekovo tijelo

### 3.1. Mjere za smanjenje buke

Pronalaženje mjera za smanjenje buke trebalo bi biti namijenjeno ispunjenju bar jednog ili više od navedenih zahtjeva:

- Sprječavanje mogućeg oštećenja slušnih organa;
- Stvaranje odgovarajuće mirnog radnog okruženja
- Izbjegavanje uznemiravanja treće strane (npr. naseljenih područja)

Dok se mjerama za zaštitu od buke zvuk ne smanji na prihvatljivu razinu, potrebno je koristiti zaštitu za organe sluha. Njihova upotreba bi trebala biti privremeno, a ne trajno rješenje i to samo tam gdje nije moguće nadzirati izloženost buci drugim sredstvima.

Uporaba zaštitnih sredstava za organe sluha ograničena je na tri slučaja:

1. Kada dođe do nepredviđenih situacija u radnoj okolini, kao što su npr. zaštita od ili popravak nekih strojeva;
2. Provođenje mjera za zaštitu od buke;
3. Kada buku ne bi trebalo pokušavati smanjiti postojećim sredstvima iz nekih praktičnih razloga.

## 4. BUKA U PROMETU

U Europi 40% stanovništva izloženo je buci cestovnog prometa iznad 55 dB tijekom dana, a čak 20% je izloženo razini buke koja prelazi 65% dB.

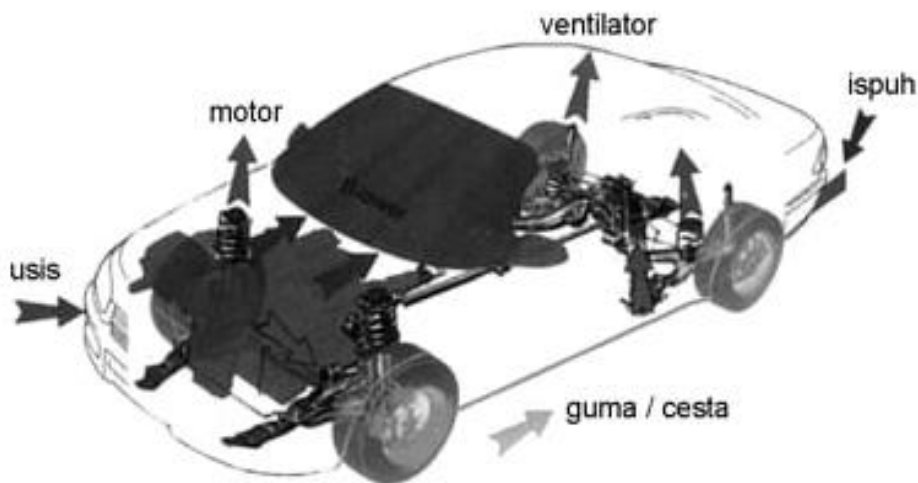
Buka od gustog prometa može povećati rizik za infarkt za 2-3 puta.

### 4.1. Izvor buke u cestovnom prometu

Postoje 4 glavna izvora buke u cestovnom prometu: 1.) vozila, 2.) trenje između gume kotača vozila i površine ceste, 3.) ponašanje vozača, 4.) aktivnost građenja i održavanja.

#### 4.1.1. Buka vozila

Nastaje od motora, prijenosa, ispuha i ovjesa. Najveća je tijekom ubrzanja na usponima, tijekom kočenja motorom, na neravnim cestama i u uvjetima prometovanja stani- kreni. Slabo održavanje vozila također pridonosi ovom izvoru buke.



Slika 4.1. Izvori buke iz vozila



#### **4.1.2. Buka površine ceste**

Buka od trenja između površine kotača vozila i površine ceste bitno pridonosi sveukupnoj buci prometa. Razina buke ovisi o tipu i stanju gume kotača i kolnika. Buka od trenja općenito je najveća pri velikim brzinama i tijekom naglog kočenja.

#### **4.1.3. Buka uzrokovana ponašanjem vozača**

Vozači pridonose cestovnoj buci upotrebom sirena njihovih vozila, puštajući glasnu glazbu, verbalnim sukobljavanjem i uzrokujući škripanje guma kao rezultat nenadanog kočenja ili ubrzanja.

#### **4.1.4. Buka od aktivnosti građenja i održavanja**

Građenje i održavanje cesta zahtijeva upotrebu teških strojeva. Iako ove aktivnosti mogu biti u vremenskim prekidima i lokalizirane, unatoč tome one pridonose strašnoj buci koja je stalna tijekom rada opreme za građenje ili održavanje ceste.

### **4.2. Utjecaj buke u okolišu ceste**

Buka kao posljedica razvoja utječe na okoliš kroz koji cesta prolazi putem degradiranja ljudskog bića, zvučnim vibriranjem struktura i ometanjem životinjskih vrsta.

## **5. MJERENJE BUKE**

Budući da buka postaje sve većim problemom suvremenog čovjeka oštećujući čovjekovo zdravlje, izazivajući umor i smanjujući radnu sposobnost, sve se više ljudi uključuje u borbu protiv te štetnosti. Smanjenje buke postaje iz godine u godinu neodgodivim zadatkom koji se postavlja pred široki krug stručnjaka iz različitih područja djelatnosti.

Danas postoje normirane metode mjerenja buke i kriteriji za ocjenjivanje buke, te sofisticirani mjerni instrumenti. Razrađuju se sve pouzdanije metode predviđanja i preračunavanja razina buke. Nagli razvoj informatičke tehnologije i računala omogućava brzo i pouzdano proračunavanje, analize i optimiziranje primjene različitih mjera i postupaka zvučne zaštite. Istodobno se stalno poboljšavaju značajke zaštitnih konstrukcija i materijala.

### **5.1. Propisi i norme s obveznom primjenom**

Propisima i normama definira se prihvatljivo stanje buke za svaku konkretnu sredinu na temelju postavljenih kriterija kao što su zaštita sluha i zdravlja uopće, čujnost zvučnih signala, razumljivost govora, potrebu za odmorom, rekreacijom i mirnim snom. Propisi su, međutim, uvijek određeni kompromis između humanih zahtjeva i tehničkih, te ekonomskih mogućnosti.

U našoj je zemlji problematika zaštite od buke regulirana Zakonom o zaštiti od buke (NN 20/03), te Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04), koji je stupio na snagu u listopadu 2004. godine.

Pravilnikom je uvedena obvezna primjena sljedećih normi:

- HRN ISO 1996 – Dio 1 i 2 (en), Akustika – Opisivanje, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša:
  1. dio: Osnovne veličine i postupci (HRN ISO 1996-1:2004, ISO 1996-1:2003);

2. dio: Određivanje razina buke okoliša (HRN ISO 1996-2:2008, ISO 1996-2:2007)

- HRN EN ISO 9612:2010 (en), Akustika – Određivanje izloženosti buci na radu (EN ISO 9612:2009)
- HRN EN 60804 (en), Zvukomjeri s integriranjem i usrednjavanjem.

## **5.2. Razlozi mjerenja buke**

Zbog različitih karakteristika buke i odgovarajućih tehnika mjerenja i proračunavanja, velika pažnja se posvećuje izboru tipa mjerenja kao i njegovom izvođenju.

Potrebno je iskustvo i specijalna praksa, da bi se moglo vršiti mjerenje u kompliciranim situacijama. Međutim, u većini slučajeva dovoljno je upotrijebiti neke osnovne tehnike mjerenja, kao i obični zvukomjer.

Postoji mnogo razloga za izvođenje mjerenja buke. Najčešći su:

1. Da bi se odredilo da li su razine zvuka dovoljno visoke da bi uzrokovale trajno oštećenje sluha, trebalo bi se više istraživati razinu zvuka koja prelazi 80 dB(A) u toku osmosatnog radnog vremena.
2. Primjena najosnovnijih mjera za zaštitu od buke na strojevima i opremi.
3. Određivanje zvučne emisije iz svakog stroja, da bi se npr. tako dobivene vrijednosti usporedile s onima iz garancija stroja i opreme.
4. Osiguranje okoliša od prekomjerne buke npr. stambenih četvrti.

Instrumenti i metode za mjerenje bi trebali odgovarati normama koje se odnose na adekvatnu vrstu tehnike koja će se primijeniti. Norme obuhvaćaju zahtjeve za mjerne instrumente, načine mjerenja buke, proračunavanje smetnji koje uzrokuje buka, kao i drugih štetnih učinaka. Najvažnije međunarodne norme su one objavljene od strane IEC (Međunarodna elektrotehnička komisija) i ISO (Međunarodna organizacija za normizaciju). IEC razmatra konstrukciju i izradu

instrumenata, a ISO tehnike mjerenja, eksperimentalne uvjete, mjerne jedinice i svođenje rezultata mjerenja na zajedničko stajalište.

Zvukomjer je konstruiran tako da simulira ljudsku slušnu sposobnost i da što bliže i praktičnije predstavi adekvatne i objektivne vrijednosti. Budući da ljudsko uho registrira ne samo razinu zvuka već i njegovu frekvenciju kao i vrijeme trajanja, zvukomjer mora izraziti odgovarajuće vrijednosti.

### **5.3. Mjerne fizikalne veličine**

U rješavanju problema zaštite od buke susrećemo se s mnoštvom različitih pojmova i fizikalnih veličina.

Zvuk kao tibanje čestica koje se u obliku zvučnih valova širi u elastičnom mediju izaziva određeni izmjenični tlak u mediju. Zvučni je tlak izmjenični tlak u nekoj točki medija, koji se pri širenju zvučnih valova superponira postojećem statičkom tlaku, tj. atmosferskom tlaku u zraku. I upravo je zvučni tlak  $p$  (u Pa) osnovna fizikalna mjerna veličina kod zvuka. Zvučni tlak kao izmjenična veličina izražava se u praksi s dvije vrijednosti koje se dobivaju iz njegove vremenske ovisnosti. To su:

- Efektivna vrijednost trenutnog zvučnog tlaka RMS kao kvadratna (energijska) srednja vrijednost zvučnog tlaka u određenom vremenskom intervalu;
- Vršna vrijednost zvučnog tlaka  $p_{peak}$  kao najveća apsolutna vrijednost zvučnog tlaka u određenom vremenskom intervalu.

## 6. MJERNI POSTUPCI

Svrha mjerenja buke je postizanje pouzdanih, točnih i iscrpnih podataka, koji će na pravi način stvoriti sliku o situaciji u vezi s bukom koja će biti pouzdana osnova budućim proučavanjima.

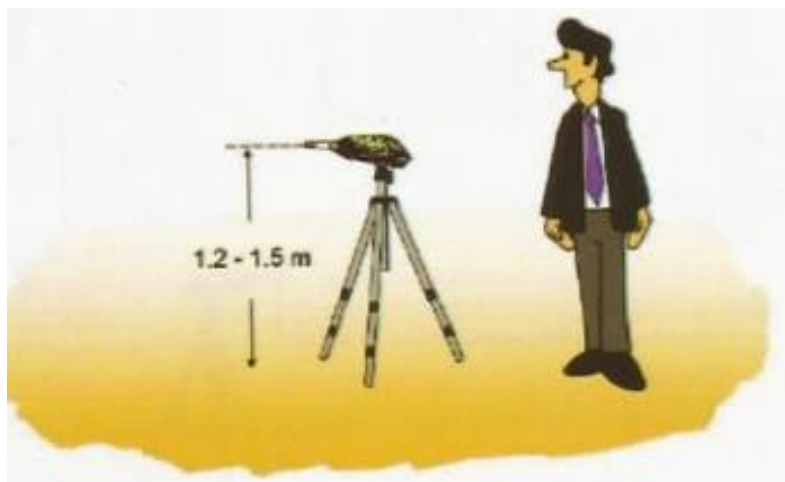
Mjerenje buke provodi se u skladu s odredbama:

- Pravilnik o zaštiti radnika pd izloženosti buci na radu (NN 46/08);
- Norme HRN ISO 9612:2000 Akustika – Smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini (ISO 9612:1997);
- Norme HRN ISO 1999:2000 Akustika – Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja slzha izazvanog bukom (ISO 1999:1990).

### 6.1.Pravila postupanja pri mjerenju buke

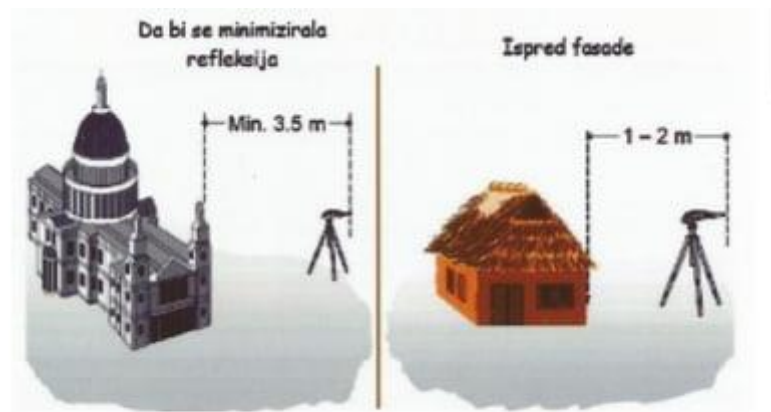
Neka od osnovnih pravila koja se moraju znati da bi se pristupilo mjerenje su:

1. Mikrofon kojim se mjeri, u dužem vremenskom razdoblju, mora biti postavljen na stalak na visinu 1,2 – 1,5 m (Slika 6.1.)



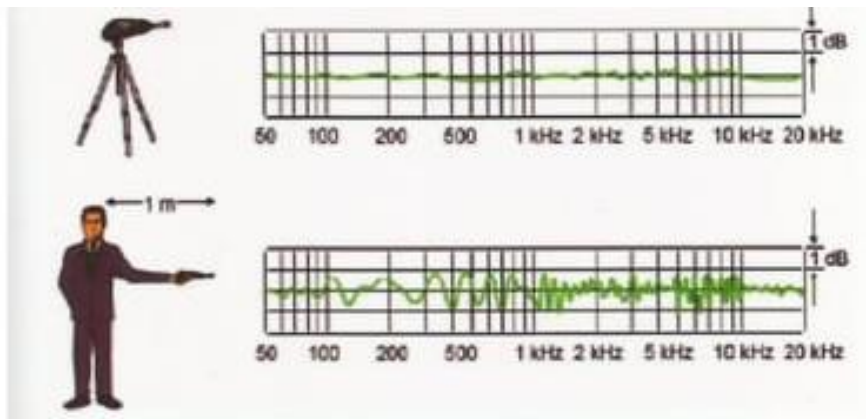
Slika 6. 1. Položaj mikrofona iznad tla

2. Ukoliko se mjerenja vrše na vanjskom prostoru, da bi se minimizirala refleksija buke od objekta, mjerni instrument mora biti odmaknut minimalno 3,5 m od objekta, a 1-2 m ispred fasade objekta (Slika 6.2. )



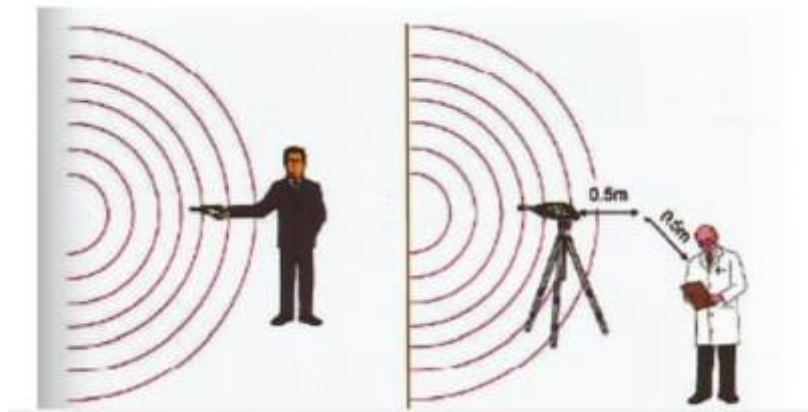
Slika 6. 2. Položaj mikrofona vani

3. Kad se mjerenja buke vrše u zatvorenom prostoru položaj mjernog instrumenta se određuje od zida odmaknuto 1 m, a od prozora 1, 5 m.
4. Operator koji mjeri buku može utjecati na rezultate mjerenja, i to negativno, pa se preporuča da se mjerenja vrše tako da instrument bude na stalku, bez prisustva operatora (Slika 6.3.)



Slika 6. 3. Utjecaj operatera na mjerenje

5. Položaj operatera u odnosu na izvor zvuka poželjan je kako je prikazano na Slici (Slika 6.4.)



Slika 6. 4. Položaj operatera

6. Kod mjerenja u realnim, svarnim uvjetima otežano je određivanje položaja instrumenata pri mjerenju buke izvora, pa se primjenjuje pravilo (Slika 6.5.):

- a) Za zaštitu organa sluha, uha – mjerni instrument se postavlja u visinu prirodnog položaja uha;
- b) Mjerenje nivoa buke izvora – mjeri se u slobodnom polju
- c) Mjerenje direktne i reflektirane buke- prema Slici 6.6.



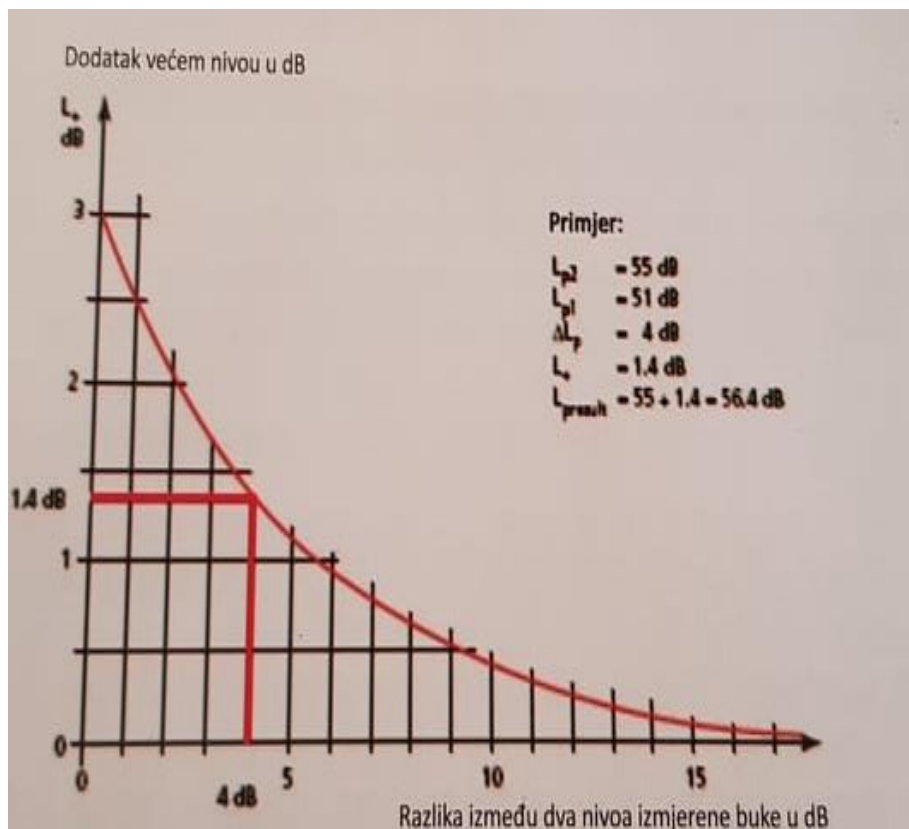
Slika 6. 5. Mjerenje u stvarnoj prostoriji



Slika 6. 6. Način mjerenja buke



7. Postupak određivanja ukupnog nivoa buke iz više izvora provodi se sljedećim redoslijedom (Slika 6.7.):
- Izmjeriti nivo buke svakog izvor;
  - Naći razliku ta dva nivoa;
  - Razliku nanijeti na apscisu, i podići vertikalnu na korekcijsku krivulju;
  - Od krivulje povući horizontalnu do ordinate;
  - Očitanu vrijednost korekcije pribrojiti većem nivou buke.



Slika 6. 7. Dijagram za izračun buke iz više izvora

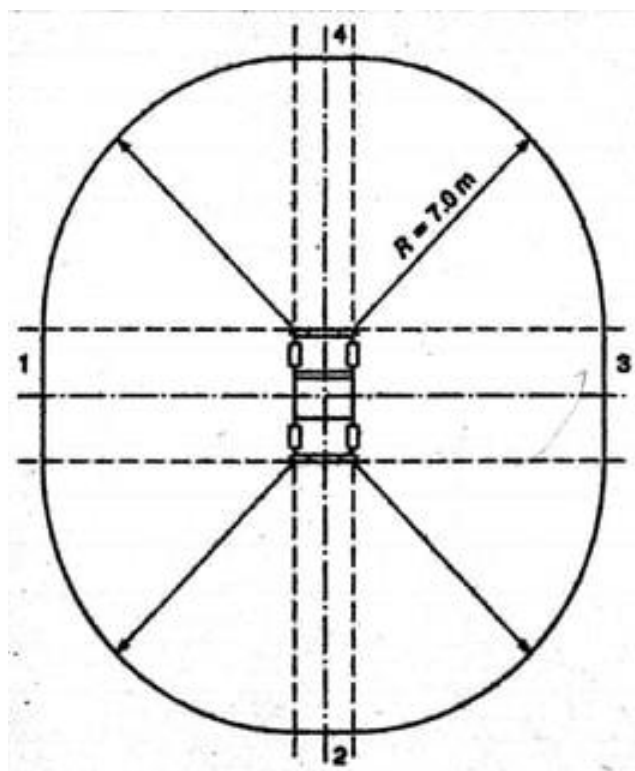
## 6.2. Mjerenje buke kod vozila

Buka se kod vozila mjeri na dva načina:

- Pri mirovanju vozila
- Pri kretanju vozila

### 6.2.1. Mjerenje buke kod vozila u mirovanju

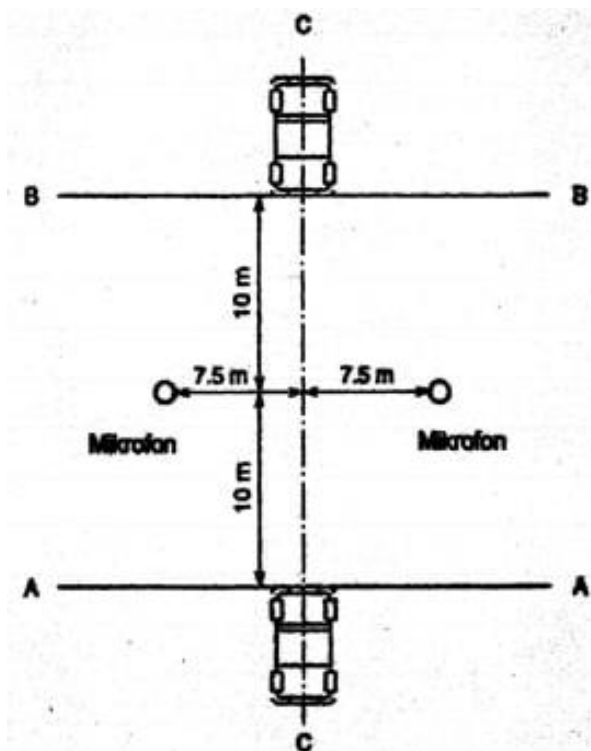
Kod vozila u mirovanju, prema ISO preporuci mjerenje se provodi u smjerovima koordinatnih osi na udaljenosti od 7 m od ruba vozila pri 75% opterećenosti motora, mikrofoni moraju biti na 1,2 m od površine tla.



Slika 6.2. 1. Mjerenje buke kod vozila u mirovanju

### 6.2.3. Mjerenje buke kod vozila u kretanju

Kod vozila u kretanju, mjerenje se izvodi na ravnoj tvrdoj podlozi na udaljenosti 20 m između vozila. Brzina vozila treba biti manja od 50 km/h, a stupanj prijenosa ne smije se mijenjati.



Slika 6.2. 3. Mjerenje buke kod vozila u kretanju

### 6.3. Instrumenti za mjerenje buke

Instrument za mjerenje buke (zvuka) je zvukomjer. Konstruiran je tako da prima zvuk približno na isti način kao ljudsko uho i da daje objektivna, reproducibilna mjerenja razine zvučnog tlaka (Slika 6.3.).

Osnovna veličina koju mjerimo kod buke je razina zvučnog tlaka.

Druga osnovna veličina buke je frekvencija titranja. Područje frekvencija od 20 Hz do 20 kHz moguće je podijeliti na frekvencijske intervale ili opsege.



Slika 6.3. Zvukomjer

#### **6.4. Zapis i izvještaj o mjeranju buke**

Osnovni dokumenti o mjeranju buke jesu terenski zapis i izvještaj o mjeranju.

Zapis je pomoćni dokument koji se izrađuje prigodom samog mjerenja, obično na unaprijed pripremljenome obrascu. Izvještaj je konačni, službeni dokument u koji se unose svi relevantni podaci o mjeranju, kao i ocjena rezultata.

## 7. ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA

Struka govori da preko 80% štetnih zvučnih pojava otpada na prometnu buku, odnosno buku kao nusproizvod prometa na prometnicama kako cestovnim, željezničkim tako i zračnim (Slika 7.)



Slika 7. Suvremena prometnica

Pojavljuje se potreba za smanjenjem emisije buke na prometnicama. Poseban problem u prometu čini povećanje prometne buke na gradskim prometnicama (Slika 7.1.)



Slika 7. 1. Gužva na suvremenoj prometnici

Glavne smjernice za smanjenja emisije buke u urbanim sredinama svode se na:

- Pravilno planiranje naselja;
- Pravilno planiranje cestogradnje
- Odabir najkvalitetnijih materijala za izradu prometnica;
- Redukcija-smanjivanje buke vozila
- Izgradnja građevina za zaštitu od buke.

### **7.1. Osnovni nazivi uređaja za zaštitu od buke**

Uređaji za zaštitu od buke – predstavljaju građevinsko-tehničke mjere zaštite ppoću kojih se opterećenje bukom koje uzrokuje cestovni promet svodi na neznatnu mjeru ili se smanjuje u toj mjeri da ne prelazi dopuštenu vrijednost zvučne imisije na šticećenim područjima odnosno objektima.

Zvučna imisija – izražava se A-testiranim energetskim ekvivalentom u dB (A), a određuje se iz zvučne emisije ovisno o uvjetima širenja zvuka: udaljenosti, apsorpciji, zaštiti, refleksiji i duljini promatrane cestovne dionice.

### **7.2. Građevine za zaštitu od buke**

Osnovne vrste građevina kojima se štitimo od buke na prometnicama su:

- Nasadi;
- Nasipi za zaštitu od buke (merloni);
- Nasipi za zaštitu od buke s ugrađenim zidom;
- Strmi nasipi;
- Zidovi za zaštitu od buke.

### **7.2.1. Nasadi**

Nasadima se postiže akustično smanjenje zvučnog opterećenja tek kad je biljni pojas širi od 50 m.

### **7.2.2. Nasipi**

Nasipi su dugačke, ozelenjene zvučne brane od nasipane zemlje ili šute. Nagib pokosa nasipa na strani cestovne prometnice treba biti u omjeru 2:3, dok drugu stranu nasipa treba oblikovati tako da se nasip prilagodi terenu. Širina krune nasipa je 1, 0 m.

### **7.2.3. Nasipi sa ugrađenim zidom**

Predviđaju se u slučajevima kad nema dovoljno raspoloživog prostora za pravi zemljena nasip (merlon). Radi izvođenja i održavanja potrebna je širina krune nasipa od 2, 0m.

### **7.2.4. Strmi nasipi**

Imaju potporne betonske odnosno kamene konstrukcije koje se nasipavaju humusom i ozelenjuju. Oni omogućavaju izvedbu pokosa zemljanog odnosno humusnog nasipa.

### 7.2.5. Zidovi za zaštitu od buke

Dugačke građevine čiji presjek odgovara stjećem uskom pravokutniku.

Predviđaju se kad nema dovoljno raspoloživog prostora za pravi zemljani nasip ili strmi nasip te na mostovima (Slika 7.2.)



Slika 7. 2. Zidovi za zaštitu od buke

Udaljenost zida za zaštitu od buke od kolnika treba biti takva da omogući potrebnu širinu zaustavne preglednosti te odgovarajuću slobodnu širinu cestovne prometnice.

Pri jako dugačkim zidovima potrebno je osigurati potrebne izlaze u slučaju opasnosti. Minimalni učinak zida za zaštitu od buke, odnosno minimalno smanjenje zvučnog opterećenja treba iznositi 20 dBA.



Podjela zidova za zaštitu od buke:

1. Aluminijski paneli za zaštitu od buke (Slika 7.3.)
2. Reflektirajući paneli za zaštitu od buke
3. Transparentni paneli za zaštitu od buke (Slika 7.4.)
4. Drveni paneli za zaštitu od buke (Slika 7.5.)
5. Zidovi za zaštitu od buke izrađeni od armiranih nasipa i gabionskih konstrukcija (Slika 7.6. i 7.7.)



Slika 7. 3. Aluminijski paneli



**Slika 7. 4. Transparentni paneli**



**Slika 7. 5. Drveni paneli**



Slika 7. 6. Kameni paneli



Slika 7. 7. Armirano-betonski paneli

### **7.3. Vrsta i kvaliteta materijala**

Barijere moraju u pogledu uvjeta kvalitete, posebice mehaničkog savijanja na vjetar zadovoljiti zahtjeve za normalno i slomno opterećenje.

Zaštitne baarijere moraju biti UV postojeane. Postavlja se uvjet minimalne trajnosti zaštitne barijere od npr. 10 godina te se potrebno striktno pridržavati uvjeta održavanja barijera navedenih od strane proizvođača.

#### **7.3.1. Zvučna izolacija**

Zvučna izolacija barijere uvjetovana je potrebnom redukcijom buke od štíćenih objekata. Postavlja se kriterij za zvučnu izolaciju barijera koja mora biti minimalnog iznosa  $R_w(\text{dB})$  za sve vrste barijera.

Apsorpcija zvuka barijera- uvjetovana je potrebom za ograničavanjem buke na suprotnoj strani od štíćene, ukoliko se tamo također nalaze građevine koje treba štítiti od buke. Apsorbirajuća svojstva barijere moraju spadati u kategoriju A.

#### **7.4. Dopuštene razine buke na prometnicama**

Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke u vanjskom prostoru određene su prema namjeni prostora i dane su u Tablici 2. prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i prolaze.

## 8. KOTROLA BUKE NA PROMETNICAMA

Nakon puštanja u promet cestovne prometnice na kojoj su izgrađene barijere, mjerenjem buke treba provjeriti odgovara li realna situacija na terenu projektu. Mjerenje treba provesti na projektom određenim kritičnim točkama imisije tijekom dnevnog i noćnog razdoblja uz istovremeno brojanje prometa.

Osnovna karakteristike buke na prometnicama je da se zvuk širi valjkasto (Slika 8.)



Slika 8. Valjkasto širenje buke

### 8.1. Rad izvora buke

Cestovni promet

- Mjerenje  $L_{eq}$  – potrebno je provoditi brojanje vozila, dijeliti u grupe, brzina kretanja vozila mora biti mjerena, vrsta kolničke konstrukcije mora biti zapisana.

Standardna nesigurnost je vezana uz broj prolazaka vozila.

- Mjerenje  $L_{max}$  – mjerenje barem 30 prolazaka vozila iste kategorije.

## 8.2. Vremenski uvjeti

- Suha površina ceste
- Pokrov terena ne smije biti pokriven snijegom, ledom niti natopljen vodom.

Razine zvučnog tlaka mijenjaju se s vremenskim uvjetima. Utjecaj vremenskih uvjeta je mali za meko tlo, ako vrijedi jednadžba:

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1,$$

Gdje je:

$h_s$  – visina izvora buke;

$h_r$  – visina prijemnika (instrumenta);

$r$  – udaljenost između izvora buke i prijemnika.

Za tvrdo tlo prihvatljive su veće udaljenosti. U suprotnom slučaju vremenski uvjeti ozbiljno utječu na rezultate mjerenja.

## 8.3. Priprema mjerenja

Priprema instrumenata i mjerenja u cjelosti se sastoji u sljedećem:

- Izbor mjernog kompleta;
- Umjeravanje instrumenata prije i nakon mjerenja;
- Određivanje mjernih mjesta;
- Izbor frekvencijskog i vremenskog vrednovanja;
- Izradba skice objekta i mjernih mjesta;

- Priprema obrasca zapisnika za unošenje potrebnih podataka na terenu, kao što su podaci o izvorima buke, razmještaj izvora i mjernih mjesta, rezultati mjerenja, subjektivna zapažanja i dr.

### **8.3.1. Dokumenti nakon mjerenja**

Osnovni dokumenti o mjerenju buke jesu:

- Zapis i
- Izvještaj o mjerenju.

Zapis je pomoćni dokument koji se izrađuje prigodom samog mjerenja, obično na unaprijed pripremljenom obrascu, te se on mora čuvati u dokumentaciji.

Izvještaj je konačni, službeni dokument u koji se unose svi relevantni podaci o mjerenju, kao i ocjene rezultata.

## 9. MJERENJE BUKE NA PROMETNICAMA – PRIMJER

Mjerenje prometne buke rađeno je na Autobusnom kolodvoru Karlovac – Mostanje – daljenost 10 m od prometnice.

Statička obrada izmjerenih podataka izvršit će se dobivenim rezultatom mjerenje, prikazanim u tablici.

Tablica je sačinjena od 4 stupca:

- 5.1. Mjerenje – stupac sadrži broj provedenih mjerenja na danom mjernom mjestu, tablica ima po 10 mjerenja [  $n = 10$  ];
- 5.2.  $a_n dB$  – stupac sadrži rezultate mjerenja na svih 10 mjernih mjesta izraženu u decibelima, zadnji red tablice označava sumu svih unesenih vrijednosti [  $\sum a_n$  ];
- 5.3.  $(\bar{a} - a_n) dB$  – stupac sadrži rezultat srednje vrijednosti od koje je oduzeta izmjerena vrijednost iz prethodnog stupca, izražena u decibelima;
- 5.4.  $(\bar{a} - a_n)^2 dB^2$  – stupac sadrži kvadrirani rezultat srednje vrijednosti od koje je oduzeta izmjerena vrijednost iz prethodnog stupca, izražene u decibelima na kvadrat, zadnji red tablice označava sumu svih unesenih vrijednosti [  $\sum (\bar{a} - a_n)^2$  ]

S dobivenim rezultatima u tablici izračunavamo:

- Srednju vrijednost  $\bar{a}$ ;
- Relativnu promjenu  $\Delta a$ ;
- Relativnu vrijednost,  $a$ .
- Koristeći rezultate iz tablice uzima se srednja vrijednost:  $\bar{a} = \frac{\sum a_n}{n}$ , gdje je  $\sum a_n$  suma svih rezultata mjerenja, a  $n$  broj provedenih mjerenja.

Relativna promjena  $\Delta a$  može se izračunati po jednadžbi:  $\Delta a = \sqrt{\frac{\sum (\bar{a} - a_n)^2}{(n-1) \times n}}$ .

Nadalje se dobiva realna vrijednost dobivena formulom  $a = \bar{a} \pm \Delta a$ .



Tablica 1. Rezultati mjerenja nivoa buke na autobusnom kolodvoru Karlovac - Mostanje

Mjerenje	$a_n$ dB	$(\bar{a} - a_n)$ dB	$(\bar{a} - a_n)^2$ dB <sup>2</sup>
1	89.4	-4.2	17.64
2	85.3	-0.1	0.01
3	82.3	2.9	8.41
4	86.1	-0.9	0.81
5	88.3	-3.1	9.61
6	82.8	2.4	5.76
7	87.6	-2.4	5.76
8	84.9	0.3	0.09
9	83.7	1.5	2.25
10	81.6	3.6	12.96
n = 10	$\Sigma a_n = 852$		$\Sigma(\bar{a} - a_n)^2 = 63.3$

$$\bar{a} = \frac{\Sigma a_n}{n} = 85.2 \text{ dB}; \Delta a = \sqrt{\frac{\Sigma(\bar{a} - a_n)^2}{(n-1) \times n}} = \sqrt{\frac{63.3}{90}} = 0.83 \text{ dB};$$

$$a = \bar{a} \pm \Delta a = (85 \pm 1) \text{ dB}$$

## 10. IZGRAĐENI ZIDOVI ZA ZAŠTITU OD PROMETNE BUKE – PRIMJERI

Danas postoji mnštvo izgrađenih zidova na prometnicama koji služe za zaštitu od buke. Među najkvalitetnija takva rješenja svakako spadaju i sustavi za zaštitu od buke na Riječkoj obilaznici. Njihova osnovna karakteristika je da navedena prometnica prolazi u neposrednoj blizini stambenih naselja u gradu Rijeci i prometna buka predstavlja značajan problem samom gradu, a posebno stanovnicima okolnih naselja. Urbanističko i arhitektonsko rješenje zidova za zaštitu od buke pored osnovne zadaće, a to je i zaštita od buke, dalo je izuzetno uspješno vizualno rješenje samih zaštitnih zidova. (Slika 10.)



Slika 10. Dio Riječke obilaznica

Tehničkim rješenjem predviđeno je da se usporedo sa rješavanjem problema zaštite od buke riješi i problematika solarnog dobivanja električne energije, pomoću solarnih kolektora. (Slika 10.1.)



**Slika 10. 1. Solarni kolektori**

Tako se pored dugoročne isplativosti dobivanja električne energije, dobilo najsuvremenije estetsko i arhitektonsko rješenje zida za zaštitu od buke (Slika 10.2.)



**Slika 10. 2. Zid za zaštitu od buke - Rijeka**

## **11. ZAŠTITA OD BUKE NA HRVATSKIM AUTOCESTAMA**

U skladu s odredbama Zakona o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16), Hrvatske autoceste d.o.o. izradile su od 2017. do 2018. godine stratešku kartu buke i akcijski plan upravljanja bukom cestovnoga prometa za sve dionice autocesta pod svojom nadležnošću za koje postoji propisana obaveza izrade strateških karata buke i akcijskih planova upravljanja bukom.

Strateška karta buke temeljna je karta buke namijenjena cjelovitom ocjenjivanju izloženosti stanovništva buci od određenog izvora buke, u ovom slučaju cestovnoga prometa sa autocesta pod nadležnošću Hrvatskih autocesta d.o.o.

Akcijski plan upravljanja bukom skup je mjera i aktivnosti upravljanja bukom s ciljem prevencije i upravljanja izloženosti buci, posebno na područjima gdje je strateškom kartom buke ukazano na prekomjernu izloženost stanovništva buci, odnosno na postojećim tihim područjima unutar „naseljenih područja, a koja je potrebno zaštititi od dodatne izloženosti buci.

U okviru projekta izrađeni su sljedeći dokumenti:

- strateška karta buke cestovnoga prometa za razdoblje „dan-večer-noć“, odnosno za razdoblje „noć“,
- konfliktna karta buke cestovnoga prometa za razdoblje „noć“,
- scenariji akcijskoga plana upravljanja bukom,
- elaborat akcijskoga plana upravljanja bukom.

## 12. ZAKLJUČAK

U ovom radu vidjeli smo da se buka karakterizira kao glasan, čovjeku bolan i neugodan zvuk. Buku nije moguće izbjeći ali ju je moguće izolirati upotrebom propisanih zaštitnih sredstava i suvremenih tehnologija.

Buka može uzrokovati različita, trajna oštećenja. Djelujući na čovjeka može izazvati oštećenje sluha, smetnje pri komunikaciji, uznemiravanje, umor i slabiji rad. Isto tako, pod dugoročnim utjecajem buke čovjek postaje nervozan i razdražljiv. Upravo iz tog razloga određene su gornje granice buke koje se izražavaju u decibelima (dB).

Zaštita na radu sastoji se od niza propisa koji nam pokazuju i određuju na koji način se zaštititi od fizičkih i psihičkih poremećaja i oštećenja.

Izvori buke su različiti. Od uređaja, alata, postrojenja, sve do prostora za ples, rekreaciju i sl. U današnje vrijeme jedan od glavnih izvora buke je i promet. Veliki broj prometnica nalazi se u blizini naseljenih područja, te su osobe koje žive na tim prostorima osobito ugrožene. Kako bi se ljude zaštitilo od prometne buke na ispravan način provodi se mjerenje buke na prometnicama. Zaštitu od buke moguće je postići postavljanjem uređaja za zaštitu od buke, te različitih građevina. Građevine mogu biti u obliku nasada, nasipa i zidova za zaštitu od buke. Takve građevine, odnosno zidovi grade se od različitih materijala koji su navedeni u ovom radu (kamen, beton, drvo i sl.), te moraju ispunjavati određene kriterije za zaštitu.

Smatra se da je zadatak svih organizacija koje su zadužene za zaštitu na radu zajedno s ostalim ljudima projektirati i koristiti takve tehnologije, procese i opremu, uz korištenje osobnih zaštitnih sredstava, koje će najmanje ugrožavati njenog tvorca, čovjeka.

## 13. LITERATURA

[1] **Trbojević N.:** „Osnove zaštite od buke i vibracija“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011, ISBN 978-953-7343-53-8.

[2] **Vučinić J.:** „Osobna zaštitna sredstva i oprema“, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011, ISBN 978-953-7343-48-4

[3] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Buka#cite\\_note-1](https://hr.wikipedia.org/wiki/Buka#cite_note-1) (pristupljeno 12.04.2019.)

[4] <https://www.prometna-signalizacija.com/oprema-cestezastita-odbuke/> (pristupljeno 12.04.2019.)

[5] [https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id\\_clanak\\_jezik=14376](https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=14376) (pristupljeno 22.04.2019.)

[6] [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija\\_u\\_prometu/Materijali/Nastava\\_cestovni\\_promet\\_3.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/E/Ekologija_u_prometu/Materijali/Nastava_cestovni_promet_3.pdf) (pristupljeno 01.05.2019.)

[7] <http://hac.hr/hr/drustvena-odgovornost/zastita-odbuke> (pristupljeno 03.05.2019.)

## 14. POPIS PRILOGA

Popis slika:

SLIKA 1. RAZINA BUKE IZNAD 85dB(A) .....	2
SLIKA 2. GRANICE ZVUKA.....	4
SLIKA 3. NEGATIVNI UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKOVO TIJELO .....	6
SLIKA 4.1. IZVORI BUKE IZ VOZILA.....	7
SLIKA 6. 1. POLOŽAJ MIKROFONA IZNAD TLA .....	12
SLIKA 6. 2. POLOŽAJ MIKROFONA VANI .....	13
SLIKA 6. 3. UTJECAJ OPERATERA NA MJERENJE.....	14
SLIKA 6. 4. POLOŽAJ OPERATERA .....	14
SLIKA 6. 5. MJERENJE U STVARNOJ PROSTORIJI .....	15
SLIKA 6. 6. NAČIN MJERENJA BUKE.....	15
SLIKA 6. 7. DIJAGRAM ZA IZRAČUN BUKE IZ VIŠE IZVORA .....	16
SLIKA 6.2. 1. MJERENJE BUKE KOD VOZILA U MIROVANJU .....	17
SLIKA 6.2. 3. MJERENJE BUKE KOD VOZILA U KRETANJU.....	18
SLIKA 6.3. ZVUKOMJER.....	19
SLIKA 7. SUVREMENA PROMETNICA.....	20
SLIKA 7. 1. GUŽVA NA SUVREMENOJ PROMETNICI .....	21
SLIKA 7. 2. ZIDOVI ZA ZAŠTITU OD BUKE .....	23
SLIKA 7. 3. ALUMINIJSKI PANELI.....	24
SLIKA 7. 4. TRANSPARENTNI PANELI .....	25
SLIKA 7. 5. DRVENI PANELI .....	25
SLIKA 7. 6. ARMIRANO - BETONSKI PANELI.....	26
SLIKA 7. 7. KAMENI PANELI.....	26
SLIKA 8. VALJKASTO ŠIRENJE BUKE.....	28
SLIKA 10. DIO RIJEČKE OBILAZNICA .....	33
SLIKA 10. 1. SOLARNI KOLEKTORI.....	34
SLIKA 10. 2. ZID ZA ZAŠTITU OD BUKE - RIJEKA .....	34

Popis tablica:

TABLICA 1. REZULTATI MJERENJA NIVOVA BUKE NA AUTOBUSNOM KOLODVORU KARLOVAC - MOSTANJE	32
---	----