

# Zaštita od buke u prometu

---

Špelić, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:128:503077>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



**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  
STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**Matija Špelić**

**ZAŠTITA OD BUKE U PROMETU  
ZAVRŠNI RAD**

**Mentor:  
Prof. dr.sc. Budimir**

**Mijović**

**Karlovac, 2015.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**ZAVRŠNI ZADATAK**

Student: Matija Špelić  
0415609686

Matični broj:

Naslov teme: Zaštita od buke u prometu

Opis zadatka:

U radu je izvršena analiza buke u prometu. Izvedene su mjere zaštite prema HR normama. Iz analize su izvedeni zaključci i preporuke za smanjenje buke.

Zadatak zadan:	Rok predaje rada: obrane:	Predviđen datum
1.6.2015	1.12.2015	15.12.2015

Mentor:

povjerenstva:

Prof. dr. sc. Budimir Mijović

Predsjednik

ispitnog

Mr. sc. Snježana Kirin

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Budimiru Mijoviću na savjetima i sugestijama prilikom izrade ovog završnog rada. Također profesorima s Veleučilišta u Karlovcu i svojim kolegama i prijateljima koji su mi pomogli pri prikupljanju podataka za ovaj rad, i svima ostalima koji su mi na bilo koji način pomogli pri pisanju ovog rada.

## **SAŽETAK**

Što je buka ? Kako nastaje ? Kako ju izmjeriti ? Zašto reagiramo na nju i kako ona utječe na ljudsko tijelo ? Kako nastaje buka na pometnicama i kako se od nje zaštititi ?

U ovom završnom radu pisat ću o tome što je buka. koji su učinci buke na ljudsko zdravlje. Poseban naglasak nalazi se na prometnoj buci, kako je izmjeriti te kako se zaštititi od nje pomoću zidova za zaštitu, o njihovim vrstama i načinu postavljanja.

## **SUMMARY**

What is noise? How does noise happen? How do you measure noise? Why do you react to it and how does it affect the human body? What causes noise in traffic and how to protect people from it?

In this final work I will write about what noise is. The effects of noise on human health. Emphasis is on traffic noise, how to measure noise and how to protect people from noise by using walls for noise protection.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OPĆENITO O BUCI .....	2
2.1. Infrazvuk.....	3
2.2. Ultrazvuk .....	3
2.3. Vrste buke.....	3
2.4. Gdje se javlja buka .....	4
3. UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA .....	5
4. IZVORI BUKE U CESTOVNOM PROMETU .....	7
4.1. Prometni tok kao izvor buke .....	7
4.1.1. Utjecaj pojedinih čimbenika prometnog toka na razinu buke .....	7
4.2. Vozilo kao izvor buke .....	9
5. MJERENJE BUKE .....	10
5.1. Osnovna pravila postupanja pri mjerenju buke .....	11
5.2. Mjerenje buke kod vozila .....	13
5.2.1. Mjerenje buke kod vozila u mirovanju .....	13
5.2.2. Mjerenje buke kod vozila u kretanju .....	14
6. ZAŠTITA OD BUKE NA PROMETNICAMA .....	15
6.1.1. Uređaji za zaštitu od buke .....	16
6.1.2. Zvučna imisija .....	16
6.2. Građevine za zaštitu od buke .....	16
6.2.1. Nasadi .....	16
6.2.2. Nasipi ( Merloni ) .....	17
6.2.3. Nasipi sa ugrađenim zidom .....	17
6.2.4. Strmi nasipi .....	17
6.2.5. Zidovi za zaštitu od buke .....	18
6.2.5.1. Podjela zidova za zaštitu od buke .....	19
6.2.5.2. Elementi zida za zaštitu od buke .....	22
6.3. Vrste i kvaliteta materijala .....	24
6.3.1. Zvučna izolacija .....	24
6.3.1.1. Apsorpcija zvuka .....	24
6.3.2. Dopuštene razine buke na prometnicama .....	25



6.4 Kontrola buke na prometnicama .....	26
6.4.1. Rad izvora buke .....	26
6.4.2. Cestovni promet .....	26
6.4.3. Vremenski uvjeti .....	27
7. PRIMJERI .....	28
7.1. Primjer mjerenja buke na prometnicama .....	29
7.1.1. Analiza rezultata mjerenja .....	29
7.2. Primjer izgrađenih zidova za zaštitu od prometne buke .vv.....	30
8. ZAKLJUČAK .....	31
9. POPIS PRILOGA .....	32
10. LITERATURA .....	33



## 1. UVOD

U mnogim zemljama svijeta postoje zakoni koji se odnose na sigurnost i zdravlje ljudi. Svrha tih zakona je stvaranje sigurnog radnog i životog okoliša te uklanjanje nesigurnih postupaka i procesa [1].

Radni i životni prostor trebao bi biti projektiran i izveden tako da zadovoljava norme sigurnosti ljudi i zaštite okoline, što uključuje i zaštitu od buke [2].

Buka je zvuk, a pod pojmom zvuka razumijevamo pojavu koju možemo registrirati sluhom. Zvuk je longitudinalni mehanički val koji se može prostirati u čvrstim tijelima, tekućinama i plinovima.

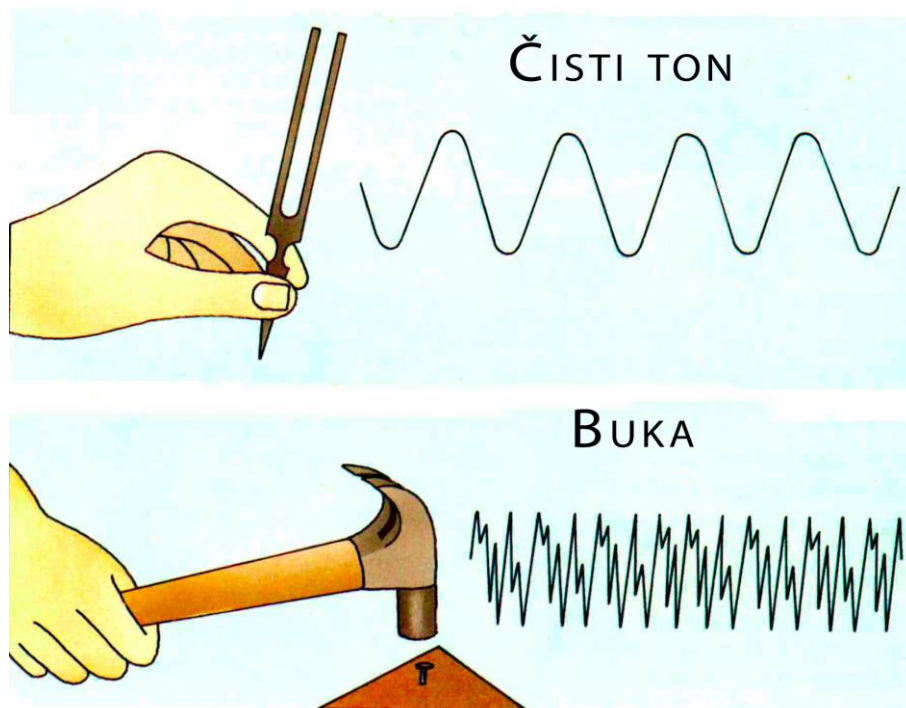
Mehaničke valove koje registrira ljudsko uho nazivamo zvukom u užem smislu. To su longitudinalni valovi frekvencije od 20 Hz do 20000 Hz, koji mogu zatirati bubnjić našeg uha i tako proizvesti osjećaj zvuka. Zvučni valovi ispod 20 Hz nazivamo infrazvuk, a iznad 20000 Hz ultrazvuk.

## 2. OPĆENITO O BUCI

Buka je prejak ili neugodni zvuk (bilo koja promjena tlaka koju ljudsko uho može detektirati), koji mijenja normalno stanje okoliša na određenom području kroz izazivanje neugodnog osjećaja [1].

Ako se buka ne smanji ili se zadržava dugo tijekom vremena, može uzrokovati veliku štetu na kvalitetu života ljudi ili drugih živih bića.

Pojam buke se odnosi na buku izazvanom ljudskom aktivnošću (prometom, industrijom, zabavom itd.), slika 1. Buka ima negativan utjecaj na zdravlje sluha, tijela i duševno stanje osoba.



Slika 1. Čisti ton / Buka

## **2.1. Infrazvuk**

Infrazvuk je naziv za duboki zvuk frekvencije manji od 16 Hz koji ljudsko uho ne može čuti.

Infrazvučne frekvencije mjere se od 0,1 do 20 Hz.

Prag čujnosti od 20 Hz za zdravo ljudsko uho iznosi oko 75 dB, a osoba s oštećenim sluhom te frekvencije gotovo uopće ne može čuti.

Prirodni izvori infrazvuka su oluje, valovi, snježne lavine, zemljotresi, vulkani, vodopadi, lomovi ledenjaka, polarna svjetlost, munje i turbulencije vjetra.

## **2.2. Ultrazvuk**

Ultrazvuk je zvuk čija je frekvencija iznad gornje granice čujnosti za normalno ljudsko uho, a koja iznosi 20 kHz (20000 herca).

Neke životinje (npr. psi, dupini, šišmiši, miševi, ...) mogu čuti ultrazvuk jer imaju višu gornju graničnu frekvenciju od čovjeka. Mlađe osobe, a posebno djeca, mogu čuti neke zvukove visokih frekvencija. Što je čovjek stariji, gornja granica čujnosti mu pada. Što se tiče korištenja ultrazvuka, njegova najpoznatija i najkorisnija, a vjerojatno i najčešća je upotreba u medicini: ultrazvučna dijagnostika se danas koristi vrlo često, npr. prilikom pregleda unutrašnjih organa. Izlaganje tkiva ultrazvuku ne uzrokuje oštećenja, a sam ultrazvuk prodire relativno duboko u tijelo, no koristi se i u mnoge druge svrhe (otkrivanje jata riba i podmornica, tzv. sonar). Princip korištenja je vrlo jednostavan: odašilje se ultrazvučni val, koji se odbija od prepreke te se prema vremenu potrebnom da se val vrati određuje udaljenost i oblik objekta.

## **2.3. Vrste buke**

Prema podrijetlu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša.

Buka može biti trajna, isprekidana i impulsna.

Trajna buka se javlja u predionicama i električnim centralama. Karakteristika trajne buke je da su razina zvučnog tlaka i spektar frekvencija, na jednom mjestu, konstantni tijekom vremena.

Ako se na jednom mjestu mijenjaju razine zvučnog tlaka i spektar frekvencija, tada je to isprekidana buka. To je najčešća vrsta buke, a nalazimo ju npr. kod

ekscentar – preša.

Zvučni događaj kratkog trajanja i relativno visokog zvučnog tlaka označava se kao impulsna buka. Svaki udarac treba smatrati impulsnom bukom.

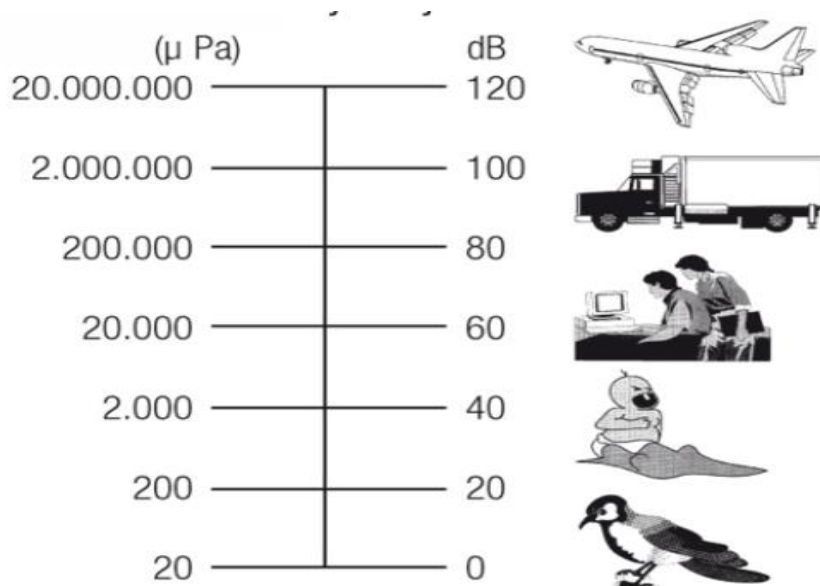
## 2.4. Gdje se sve javlja buka

a) Na radnim mjestima raznih profila pa sve do škola i bolnica

- postoji dozvoljena gornja granica jačine buke pri kojoj neće nastupiti trajna oštećenja organizma
- kad je osoba izložena buci tokom radnog vremena doći će do prolaznih promjena (smanjena osjetljivost organa sluha, nešto ubrzan puls, povećan krvni pritisak)
- ukoliko nakon izloženosti buci ne uslijedi normalan period odmora, posljedice postaju trajne i ozbiljno narušavaju zdravlje pojedinca

b) Izvan radnog mjesta, slika 2.

- ljudi su psihološki osjetljiviji na buku u razdoblju odmora, što je osobito izraženo noću zbog osjetljivosti ljudskog sna
- najveći i dosad nerješivi problem predstavlja neposredna blizina prometnica mjestima za život i odmor
- postoje mnoge zakonske odredbe koje reguliraju glasnoću, među ostalim i prometnih sredstava, no to zasada ne pokazuje potpuni uspjeh



Slika 2. Izvori buke i njezina jačina

### 3. UTJECAJ BUKE NA ČOVJEKA

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

- oštećenje sluha,
- smetnje pri komunikaciji,
- uznemiravanje,
- umor,
- slabi rad.

Jaka buka kroz dulje vrijeme može izazvati stalno oštećenje sluha, odnosno organa unutarnjeg uha i ako dođe do takvog oštećenja posljedice su trajne i nepopravljive, slika 3.

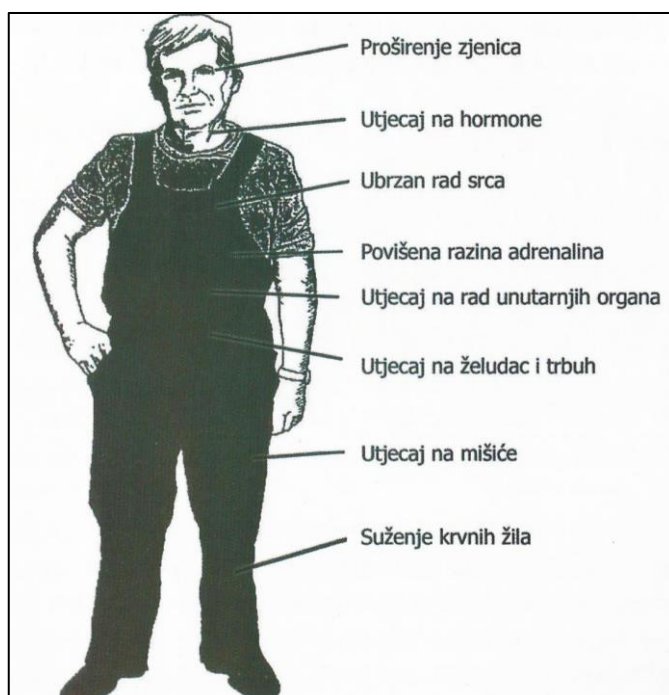
Osjetljivost na buku je individualna, jer neki ljudi dožive oštećenja već nakon kratkog vremena izloženosti buci, dok drugi ljudi mogu biti izloženi buci cijeli svoj život a da pri tome ne dožive nikakva oštećenja.

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

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

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

Buka također djeluje i 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 također utječe na zdravlje i raspoloženje čovjeka. Buka je također rizik po sigurnost, jer se otežano ili nikako ne mogu čuti signali upozorenja.



*Slika 3. Negativan utjecaj buke na tijelo čovjeka [4]*



## **4. IZVORI BUKE U CESTOVNOM PROMETU**

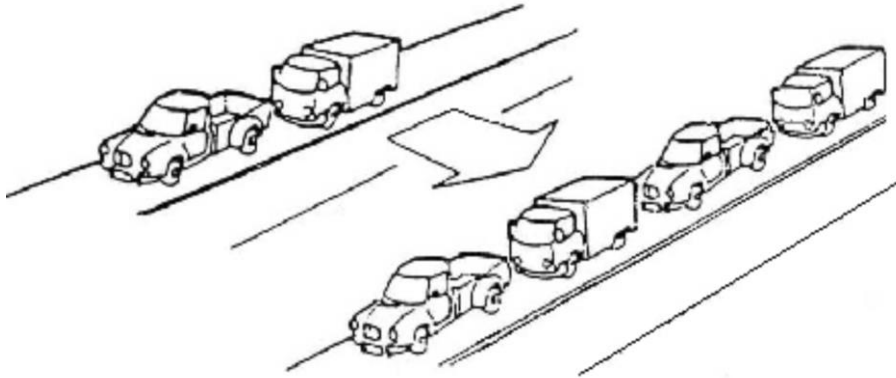
### **4.1. Prometni tok kao izvor buke**

Čimbenici koji utječu na razinu buke u okolini prometnice globalno se mogu podijeliti na:

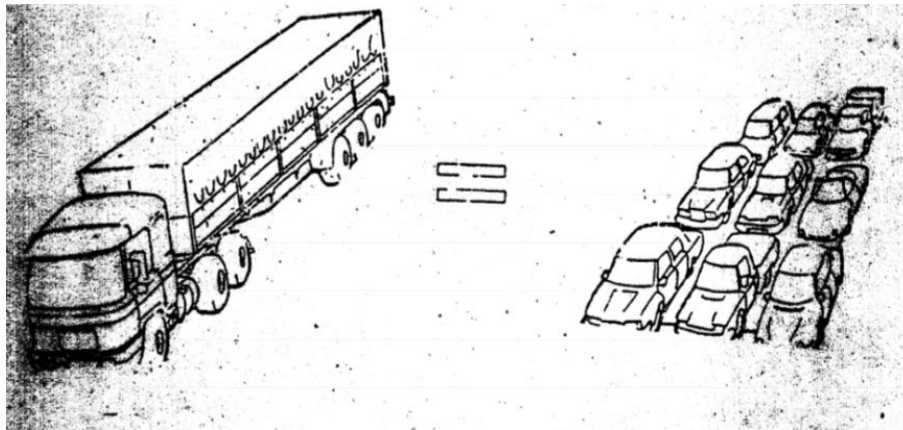
- Urbanističke – prostorna orijentacija zgrada i sl.
- Građevinske – položaj prometnice, kvaliteta zastora i dr.
- Tehničke – vozilo kao izvor buke
- Prometne – struktura prometnog toka, gustoća, brzina prometnog toka
- Psihološke – subjektivni osjećaj smetnji kod buke

#### **4.1.1. Utjecaj pojedinih čimbenika prometnog toka na razinu buke:**

- Protok – 2000 voz./h proizvodi dvostruko veću razinu buke od 200 voz./h (slika 4.1.).
- Brzina – tok koji se kreće prosječnom brzinom od 105km/h proizvodi dvostruko veću razinu buke nego tok koji se kreće 50km/h.
- Struktura – jedno teško teretno vozilo koje se kreće brzinom 70km/h proizvodi razinu buke kao 28 osobnih vozila, (slika 4.2.).



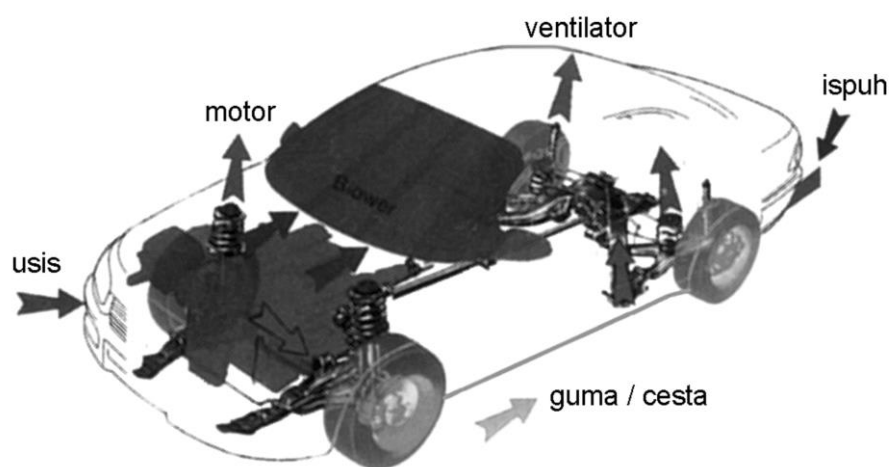
*Slika 4.1. Povećanje buke za 3dB za svako udvostručenje prometa*



*Slika 4.2. Zvučni ekvivalent teških teretnih vozila i lakih osobnih vozila.*

## 4.2. Vozilo kao izvor buke

- Buka motora - nastaje pri djelovanju plinova na klip u tijeku procesa kompresije i ekspanzije u cilindru motora, što proizvodi vibracije vanjskih zidova bloka motora koji emitiraju buku. Ona ovisi o radnom volumenu motora, opterećenju i broju okretaja, slika 4.3.
- Buka usisnog sustava - nastaje pri otvaranju i zatvaranju usisnih ventila, a njezin intenzitet ovisi o režimu rada motora, opterećenju i broju okretaja motora, vrsti zračnog filtra i prigušivača.
- Buka ispušnog sustava - nastaje otvaranjem ispušnog ventila i naglim otpuštanjem plina u ispušni sustav. Razinu ispušne buke određuje npr. tlak u cilindru motora, brzina podizanja ventila, promjer ventila itd.
- Buka ventilatora - nastaje radom ventilatora koji stvara širokopojasnu buku
- Buka pneumatika - nastaje dodiranjem pneumatika s kolnikom, a ovisi o zastoru kolnika, konstrukciji pneumatika i brzini vožnje. Povećanjem brzine za jednu četvrtinu dvostruko se povećava buka.



Slika 4.3. Izvori buke u vozilu

## **5. MJERENJE BUKE**

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.

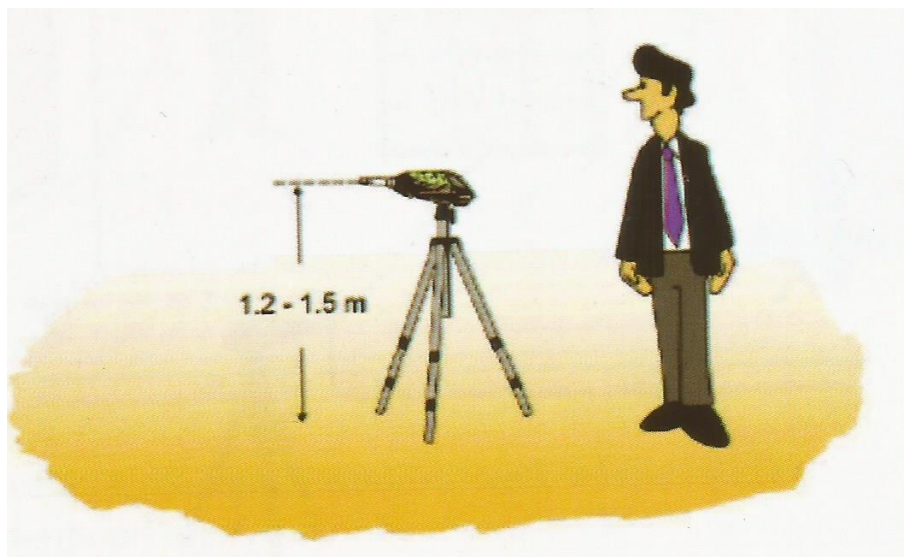
Također služe ocijenjivaju važnosti buke kao štetnog faktora u određenoj komunalnoj sredini, dobivanju podataka koji će služiti za planiranje naselja i prometnica, te da se utvrdi nužnost i potreban opseg mjera za zaštitu.

Mjerenje buke provodi se u skladu s odredbama:

- Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08),
- Norma 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 sluha izazvanog bukom (ISO 1999:1990)

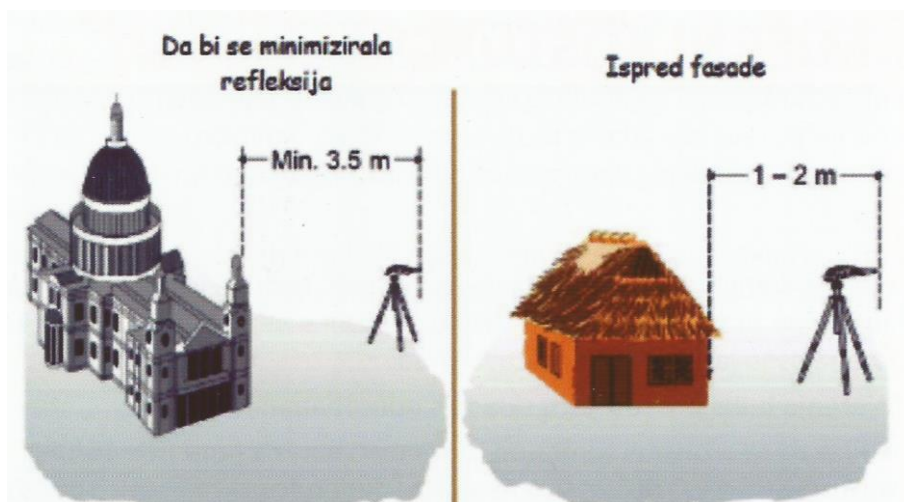
## 5.1. Osnovna pravila postupanja pri mjerenju buke

- Mikrofon kojim se mjeri, u dužem vremenskom razdoblju, mora biti postavljen na stalak na visinu 1,2-1,5m, (slika 5.1.).



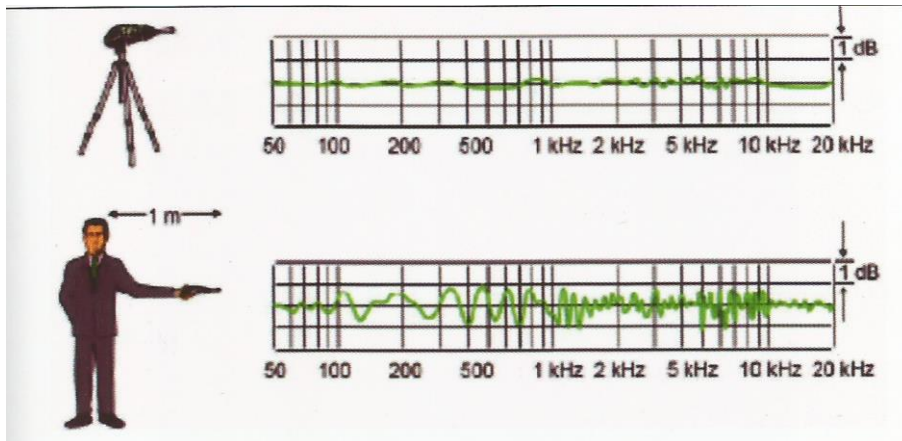
Slika 5.1. Pložad mikrofona iznad tla [4]

- Ukoliko se mjerenja vrše na vanjskom prostoru, da bi se minimalizirala refleksija buke od objekta mjerni instrument mora biti odmaknut minimalno 3,5m od objekta, a 1-2m ispred fasade objekta, (Slika 5.2.).



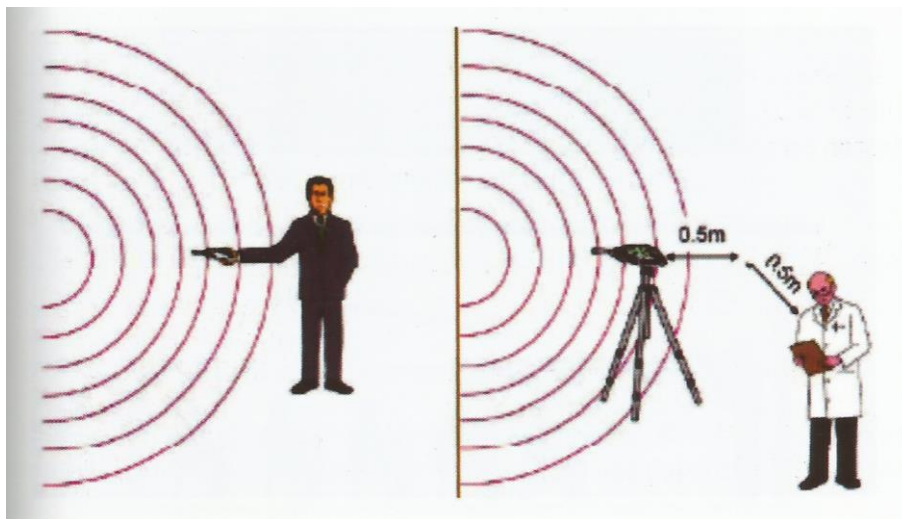
Slika 5.2. Položaj mikrofona vani [4]

- Operater koji mjeri buku može tjecati na rezultate mjerenja, i to negativno, pa se preporuča da se mjerenja vrše tako da instrument bude na stalku, bez prisustva operatera, slika 5.3.



Slika 5.3. Utjecaj operatera na mjerenje [4]

- Položaj operatera u odnosu na izvor zvuka poželjan je kako je prikazano na slici 5.4.



Slika 5.4. Položaj operatera

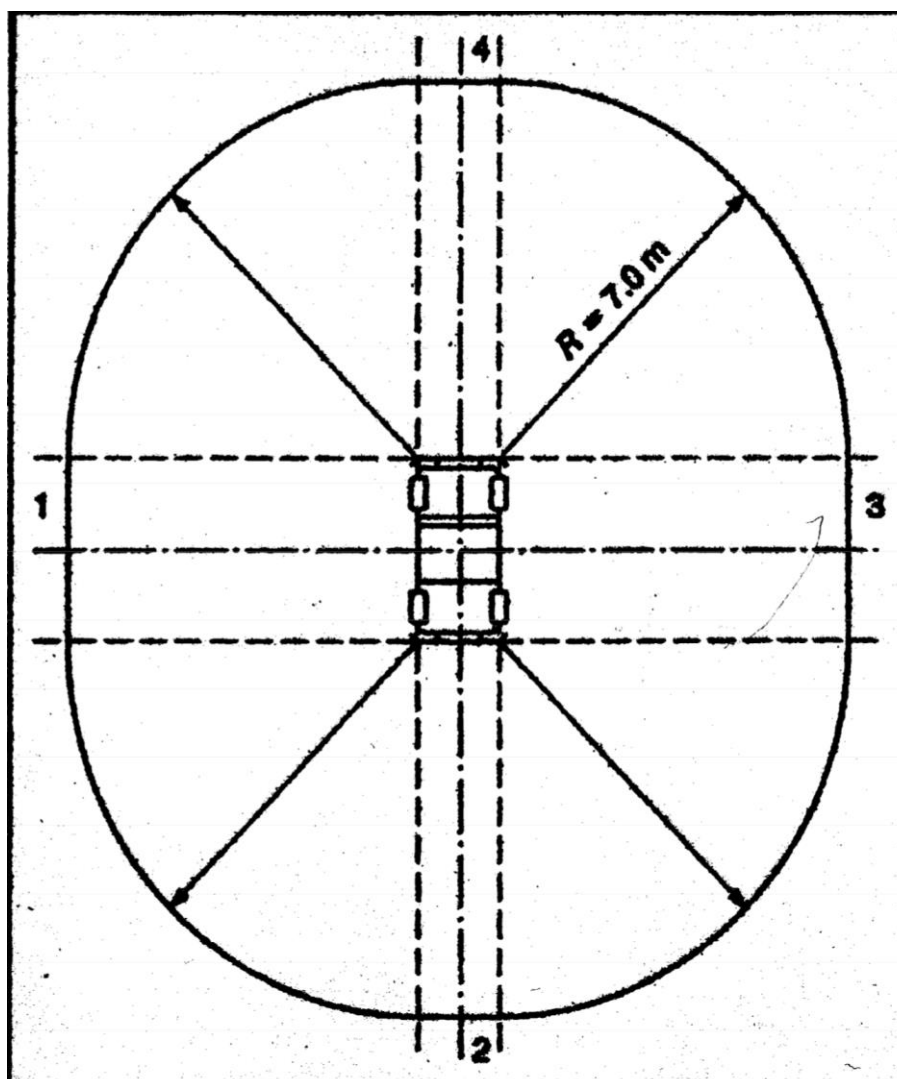
## 5.2. Mjerenje buke kod vozila

Obavlja se mjerenj buke kod pojedinačnih vozila:

- u mirovanju
- u kretanju

### 5.2.1. Mjerenje buke kod vozila u mirovanju

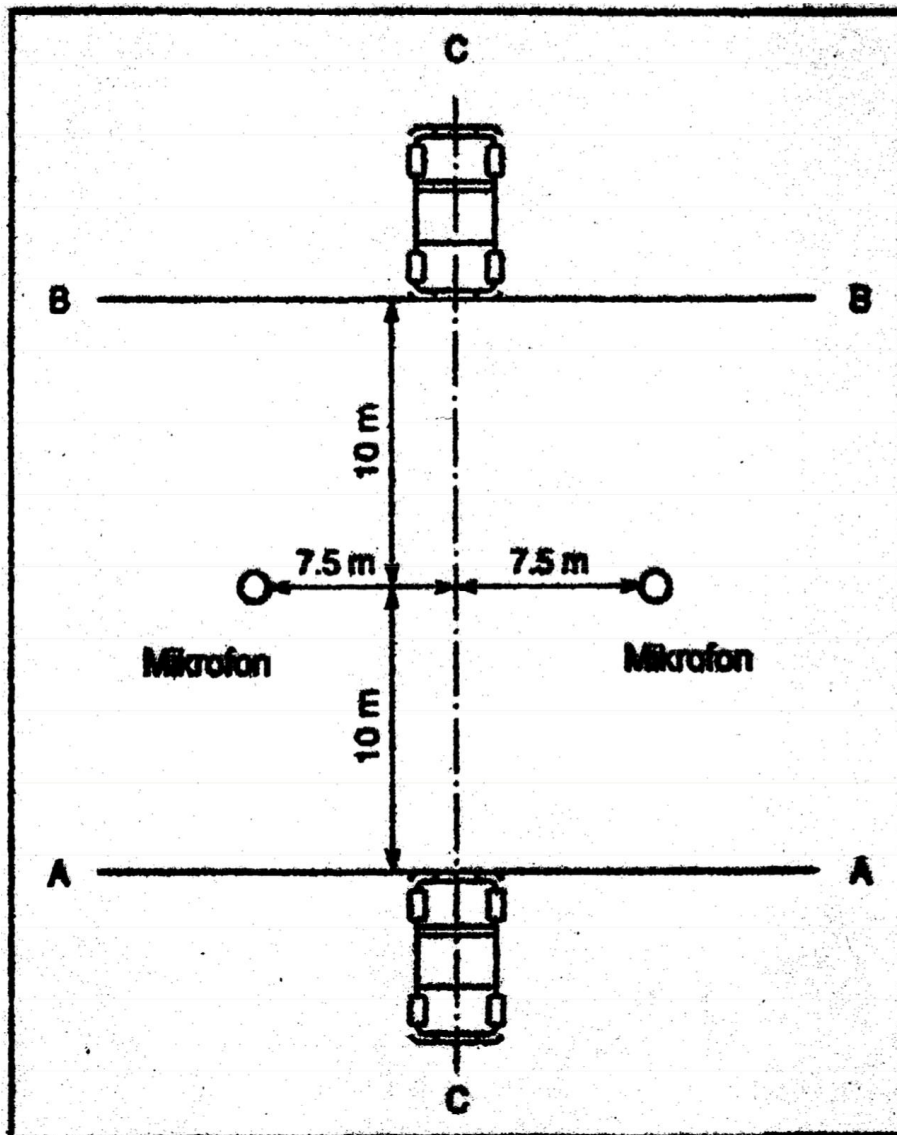
Kod vozila u mirovanju, prema ISO preporuci mjerenje se provodi u smjerovima koordinatnih osi na udaljenosti 7 m od ruba vozila pri 75% opterećenosti motora, mikrofoni mora biti na 1,2 m od površine tla (Slika 5.5.).



Slika 5.5. Mjerenje buke vozila u mirovanju

### 5.2.2. Mjerenje buke kod vozila u kretanju

Kod vozila u kretanju, mjerenje se izvodi na ravnoj tvrdoj podlozi na udaljenosti 20m između vozila (brzina vozila manja od 50km/h, a stupanj prijenosa ne smije se mijenjati). (Slika 5.6.).



Slika 5.6. Mjerenje buke kod vozila u pokretu



## **6. 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.

Zbog štetnosti buke i same količinske pretjeranosti štetnih zvučnih emisija pojavljuje se potreba za smanjenjem emisije buke na prometnicama, poseban problem čini povećanje prometne buke na gradskim prometnicama.

Glavne smjernice 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

### **6.1.1 Uređaji za zaštitu od buke**

Uređaji za zaštitu od buke predstavljaju građevinsko tehničke mjere zaštite pomoću 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 štićenim područjima odnosno objektima.

### **6.1.2. Zvučna imisija**

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

Najveće dopuštene vrijednosti zvučne imisije navedene su u pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave. Taj je pravilnik donjelo Ministarstvo zdravstva i socijalne zaštite na temelju članka 1. stavka 2. Zakona o zaštiti od buke (NN, 20/03).

## **6.2 Građevine za zaštitu od buke**

Postoje osnovne vrste građevina kojima se štitimo od buke na prometnicama i to su :

- nasadi
- nasipi za zaštitu od buke (merloni)
- nasipi za zaštitu od buke s ugrađenim zidom
- strmi nasipi
- zidovi za zaštitu od buke

### **6.2.1. Nasadi**

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

### **6.2.2. Nasipi ( Merloni )**

Nasipi su dugačke, ozelenjene zvučne brane od nasipa 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 1m.

### **6.2.3. Nasipi sa ugrađenim zidom**

Nasipi sa ugrađenim zidom predviđaju se u slučajevima kad nema dovoljno raspoloživog prostora za pravi zemljani nasip ( merlon ).

Radi izvođenjai održavanja potrebna je širina krune nasipa od 2m.

### **6.2.4. Strmi nasipi**

Strmi nasipi imaju potporne betonske odnosno kamene konstrukcije koje se nasipavaju humusom i ozelenjuju.

Takva potporna konstrukcija je izvedena tako da omogućava znatno strmiju izvedbu pokusa zemljanog odnosno humusnog nasipa.

Iz tog se razloga nasipi predviđaju u slučajevima kad nema dovoljno raspoloživog prostora za pravi zemljani nasip.

### 6.2.5. Zidovi za zaštitu od buke

Zidovi za zaštitu od buke su dugačke građevine čiji presjek odgovara stojećem uskom pravokutniku. Predviđaju se kad nema dovoljno raspoloživog prostora za pravi zemljani nasip ili strmi nasip te na mostovima (Slika 6.1.)

Pri jako dugačkim zidovima, potrebno je osigurati potrebne izlaze u slučaju opasnosti. Zidove za zaštitu od buke potrebno je izvesti tako da osiguravaju apsorpciju zvuka i to neovisno o starosti zida te o vremenskim utjecajima za što je neophodan A-test (pismena potvrda, svjedodžba o porijeklu, svojstvima i kvaliteti).

Minimalni učinak zida za zaštitu od buke, odnosno minimalno smanjenje zvučnog opterećenja treba iznositi 20 dBA.

Veoma je važna i estetska izvedba zaštitnog zida kao i uklapanje u krajolik ili naselje što se postiže rješenjima iz projekta.

Zidovi za zaštitu od buke, tj. njihovi paneli koji služe za apsorpciju-smanjenje buke, mogu biti izrađeni od različitih materijala, ovisno o uvjetima i proračunima danih od strane projektanta u samom projektu građevine.



*Slika 6.1. Zidovi za zaštitu od buke*

### 6.2.5.1. Podjela zidova za zaštitu od buke

Postoje sljedeće vrste zidova

- aluminijски paneli za zaštitu od buke (Slika 6.2.)
- reflektirajući paneli za zaštitu od buke (Slika 6.3.)
- transparentni paneli za zaštitu od buke
- drveni paneli za zaštitu od buke (Slika 6.4.)
- zidovi za zaštitu od buke izrađeni od armiranih nasipa i gabionskih konstrukcija (Slika 6.5., Slika 6.6.)



*Slika 6.2. Aluminijски paneli*



*Slika 6.3. Reflektirajući paneli*



*Slika 6.4. Drveni paneli*



*Slika 6.5. Kameni paneli*

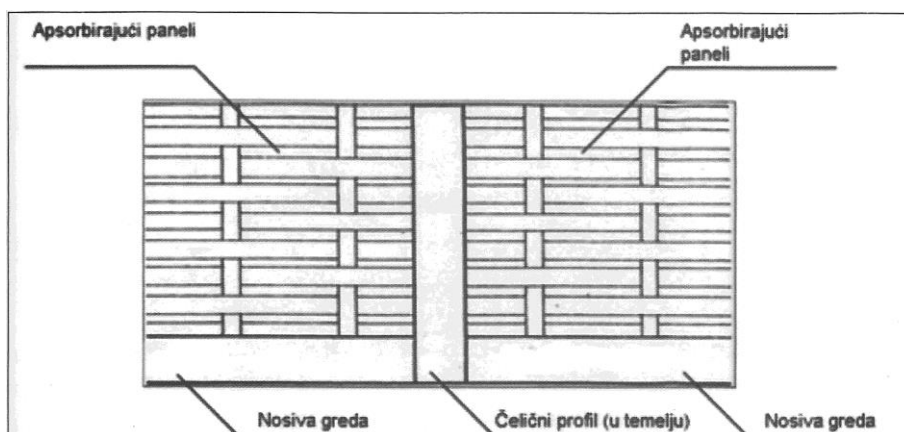


*Slika 6.6. Armirano-betonski paneli*

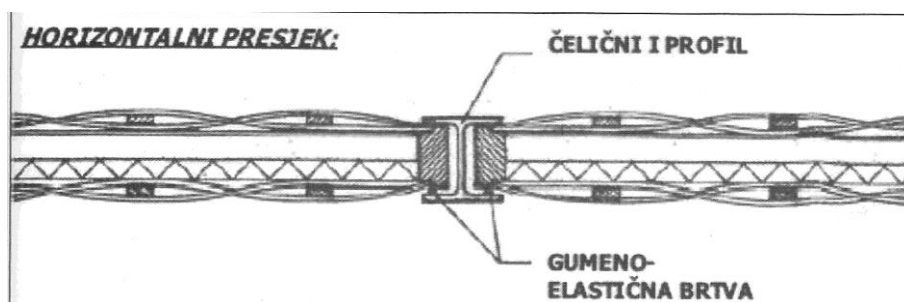
### 6.2.5.2. Elementi zida za zaštitu od buke

Iako izgledom kompleksni, zidovi za zaštitu od buke sastoje se od sljedećih elemenata: (slika 6.7. , slika 6.8.).

- piloti (armaturni koševi i čašice temelja pilota od betonskog željeza RA400/500),
- montažni temelji (ako su potrebni u slučaju nemogućnosti izrade, bušenja pilota),
- montažna nosiva AB greda,
- čelični (HEA) profili. (slika 6.9.),
- apsorbirajući paneli (drvo, aluminij, plastika, ...).



Slika 6.7. Elementi zidova



Slika 6.8. Horizontalni presjek zida





*Slika 6.9. Čelični profil i temelji profila sa mogućnošću jednostavnog umetanja nosive grede*

### **6.3. Vrste i kvaliteta materijala**

Kontrola kakvoće izrade obuhvaća provjeru uporabljenih materijala s obzirom na projektirane zahtjeve uključujući statički proračun. Eroziju od padalina te djelovanje vjetra u skladu sa propisima, zakonima, i OTU-om za primijenjene materijale i konstrukcije.

Barijere moraju u pogledu uvjeta kvalitete, posebice mehaničkog savijanja na vjetar zadovoljiti zahtjeve za normalno i lomno opterećenje ( opterećenje od mogućeg oštećenja), prema ZTV-Lsw 88 (njemačko tehničko dopuštenje za akustične barijere).

Barijere su predfabricirani građevinski elementi, moraju biti modularnih dimenzija i moraju se moći jednostavno ulagati u nosače. Opći zahtjevi za akustične zaštitne panele-barijere za smanjenje buke od cestovnog prometa, moraju zadovoljiti zahtjeve iz EN 1793-2:1997 i to u pogledu zvučne izolacije trebaju spadati u kategoriju Bx.

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

#### **6.3.1. Zvučna izolacija**

Zvučna izolacija barijere uvjetovana je potrebnom redukcijom buke od šticećenih objekta. Postavlja se kriterij za zvučnu izolaciju barijera koja mora biti minimalnog iznosa  $R_w(\text{dB})$  za sve vrste barijera ( određena kategorija B. prema EN 1793-2:1997).

##### **6.3.1.1. Apsorpcija zvuka**

Apsorpcija zvuka barijera uvjetovana je potrebom za ograničavanjem buke na suprotnoj strani od šticećene, ukoliko se tamo također nalaze građevine koje treba štitić od buke. Apsorbirajuća svojstva barijera moraju spadati u kategoriju A ( prema EN 1793-1:1997).

### 6.3.2. Dopuštene razine buke na prometnicama

Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke u vanjskom prostoru određene su prema namjeni prostora i dane u Tablici 2. prema Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i prolaze NN 145-04, (Tablica 1.)

Tablica 1. Dopuštene razine buke u sredini u kojoj ljudi rade i prolaze

<b>Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke u dB(A)</b>	<b>Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju</b>	<b>Zona namijenjena samo stanovanju i boravku</b>	<b>Zona mješovite, pretežito stambene namjene</b>	<b>Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem</b>	<b>Zona gospodarske namjene</b>
<b>- za dan</b>	30	35	35	40	40
<b>- za noć</b>	25	25	25	30	30

#### 6.4. Kontrola buke na prometnicama

Nakon puštanja u promet cestovne prometnice na kojima su izgrađene barijere, mjerenjem buke treba provjeriti odgovara li realna situacija na terenu projektu. Mjerenje treba provesti na projektom predviđenim kritičnim točkama emisije tijekom dnevnog i noćnog razdoblja.

Osnovna karakteristika buke na prometnicama je da se zvuk širi valjkasto (slika 6.10.).



Slika 6.10. Valjkasto širenje zvuka

##### 6.4.1. Rad izvora buke

Uvjeti rada izvora buke moraju biti statistički reprezentativni.

##### 6.4.2. Cestovni promet:

- Mjerenje  $L_{eq}$  – potrebno je provoditi brojanje vozila, dijeliti u grupe, brzina kretanja vozila moraju bit 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.

### 6.4.3. Vremenski uvjeti

Pri kontroli buke moramo paziti na vremenske uvjete jer razine zvučnog tlaka mijenjaju se s vremenskim uvjetima.

Kontrola se vrši kad je suha površina ceste, pokrov terena ne smije biti pokriven snijegom, ledom niti natopljen vodom.

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 (instrumenata),

$r$  – udaljenost između izvora buke i prijemnika

Za tvrdo tlo prihvatljive su veće udaljenosti.

U suprotnom slučaju vremenski uvjeti ozbiljno utječu na rezultat mjerenja.

## 7. PRIMJERI

### 7.1. Primjer mjerenja buke na prometnicama

Mjerenje prometne buke rađeno je na prometnicama u Karlovačkoj županiji, B. Centar Duge Rese, na križanju ulice Jozefinska cesta i ulice Bana Josipa Jelačića – udaljenost 10m od prometnice, tablica 7.2.

Statistička obrada izmjerenih podataka izvršit će se dobivenim rezultatima mjerenja, razvrstanim u tablice.

Tablice su sačinjene od 4 stupca:

1. Mjerenje – stupac sadržava broj provedenih mjerenja na danom mjernom mjestu, sve tablice imaju po 10 mjerenja [ $n=10$ ]
2.  $a_n$ dB – stupac sadrži rezultate mjerenja svih 10 mjesta izraženu u decibelima, zadnji red tablice označava sumu svih unesenih vrijednosti [ $\sum a_n$ ]
3.  $(\bar{a} - a_n)$ dB – stupac sadrži rezultat srednje vrijednosti od koje je oduzeta izmjerena vrijednost iz prethodnog stupca, izražena u decibelima.
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 označava sumu svih unesenih vrijednosti [ $\sum(\bar{a} - a_n)^2$ ]

S dobivenim rezultatima u tablicama izračunavamo:

- Srednju vrijednost  $\bar{a}$
- Relativnu promjenu,  $\Delta\bar{a}$
- Realnu 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  $\Delta\bar{a}$  može se izračunati po jednadžbi:  $\Delta\bar{a} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{a}-a_n)^2}{(n-1)\times n}}$ . Nadalje se dobiva realna vrijednost formulom  $a = \bar{a} \pm \Delta\bar{a}$ .

Tablica 7.2. Rezultati mjerenja nivoa buke u centru Duge Rese na križanju ulice Jozefinske cesta i ulice Bana Josipa Jelačića, bez ikakvih prepreka.

Mjerenje	$a_n$ dB	$(\bar{a} - a_n)$ dB	$(\bar{a} - a_n)^2$ dB <sup>2</sup>
1	78.3	-4.2	38.06
2	84.5	-0.1	0.0009
3	83.5	2.9	0.94
4	80.2	-0.9	18.23
5	82.2	-3.1	5.15
6	87.7	2.4	10.43
7	83.3	-2.4	1.36
8	90.3	0.3	33.98
9	89.1	1.5	21.43
10	85.6	3.6	1.27
n=10	$\sum a_n = 844.7$		$\sum (\bar{a} - a_n)^2 = 130.85$

$$\bar{a} = \frac{\sum a_n}{n} = 84.47 \text{ dB} ; \Delta \bar{a} = \sqrt{\frac{\sum (\bar{a} - a_n)^2}{(n-1) \times n}} = \sqrt{\frac{130.84}{90}} = 1.45 \text{ dB} ;$$

$$a = \bar{a} \pm \Delta \bar{a} = (84 \pm 1) \text{ dB}$$

### 7.1.1. Analiza rezultata mjerenja

Rezultati mjerenja pokazuju da se očekivana srednja vrijednost razine buke kreće u rasponu od minimalnih i maksimalnih vrijednosti, a tamo gdje su vrijednosti veće od zakonom propisanih vrijednosti nužno je primijeniti takvo projektno i izvedbeno rješenje građevina za zaštitu od buke koje prometnu buku smanjuje na zakonom predviđene vrijednosti.

## 7.2. Primjer izgrađenih zidova za zaštitu od prometne buke.

Danas postoji mnoštvo 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 (Slika 7.1.). Njihova osnovna karakteristika je da navedena prometnica prolazi u neposrednoj blizini stambenih naselja u gradu Rijeci i prometna buka predstavlja problem samom gradu.

Tehničkim rješenjem predviđeno je da se usporedno s rješenjem problema zaštite od buke riješi i problematika solarnog dobivanja električne energije, pomoću solarnih kolektora.



*Slika 7.1. Zid za zaštitu od buke na Riječkoj obilaznici*



## 8. ZAKLJUČAK

Zaštita na radu je skup suvremenih, tehničkih, zdravstvenih, socijalnih i drugih mjera povezanih u sustav. Regulirana je nizom propisa koji definiraju kako raditi na siguran i pravilan način kako ne bi došlo do fizičkih i psihičkih oštećenja za vrijeme obavljanja rada.

Djelovanje buke na čovjekovo zdravlje poseban je problem zaštite. Buku je nemoguće izbjeći ali ju je moguće izolirati upotrebom suvremenih tehnologija i propisanim korištenjem osobnih zaštitnih sredstava. Ozljede od buke na čovjekovo zdravlje mogu biti fizičke i psihičke, tako osobe koje su izložene buci postaju nervozne, razdražljive i razvijaju niz drugih bolesti. Oštećenja od djelovanja buke nije moguće odmah uočiti te je upravo zato najvažnije djelovati preventivno.

Prometna buka postala je jedan veliki problem današnjice jer prati čovjeka s njegovog radnog mjesta pa sve do njegova doma. Posebno su ugrožene osobe koje žive vrlo blizu prometnica [3] .

Da bi se takva naselja, kuće ili zgrade zaštitile od buke grade se građevine za zaštitu od buke. To mogu biti razni nasipi, nasadi ili zid koji se postavlja neposredno uz prometnicu. Takvi zidovi su građeni od različitih materijala i moraju udovoljavati različitim zahtjevima koji se odnose na sposobnost apsorpcije zvuka, mehaničku otpornost i stabilnost ali moraju udovoljiti i estetske kriterije uklapanja u okoliš.

Statistički pokazatelji govore o povećanju vozila na motorni pogon, što za posljedicu ima i povećanje buke uz prometnice što direktno utječe na kvalitetu života ljudi koji su joj izloženi.

Ako se buka uzme u obzir tijekom procesa projektiranja gotovo je uvijek moguće sniziti razinu buke.

Organizacije koje se bave zaštitom na radu, također trebaju biti uključene u proces mjerenja i zaštitu od buke, i trebaju se uključiti u planiranju novih ili alternativnih radnih metoda ili procesa.

## 9. POPIS PRILOGA

### Popis tablica:

Tablica 1. Tablica 1. ....	25
Tablica 2. Rezultati mjerenja nivoa buke u centru Duge Rese na križanju ulice Jozefinske cesta i ulice Bana Josipa Jelačića, bez ikakvih prepreka .....	29

### Popis slika:

Slika 1. Čisti ton : Buka .....	2
Slika 2. Izvori buke i njezina jačina .....	4
Slika 3. Negativan utjecaj buke na tijelo čovjeka . ....	6
Slika 4.1. Povećanje buke za 3dB za svako udvostručenje prometa .....	8
Slika 4.2. Zvučni ekvivalent teških teretnih vozila i lakih osobnih vozila. ....	8
Slika 4.3. Izvori buke u vozilu .....	9
Slika 5.1. Položaj mikrofona iznad tla .....	11
Slika 5.2. Položaj mikrofona vani .....	11
Slika 5.3. Utjecaj operatera na mjerenje .....	12
Slika 5.4. Položaj operatera .....	12
Slika 5.5. Mjerenje buke vozila u mirovanju .....	13
Slika 5.5 Mjerenje buke vozila u pokretu .....	14
Slika 6.1. Zidovi za zaštitu od buke .....	18
Slika 6.2. Aluminijski paneli .....	19
Slika 6.3. Reflektirajući paneli .....	19
Slika 6.4. Drveni paneli .....	20
Slika 6.5. Kameni paneli .....	20
Slika 6.6. Armirano-betonski paneli .....	21
Slika 6.7 Elementi zidova .....	22
Slika 6.8. Horizontalni presjek zida .....	22
Slika 6.9. Čelični profil i temelji profila sa mogućnošću jednostavnog umetanja nosive grede .....	23
Slika 6.10. Valjkasto širenje zvuka.....	26
Slika 7.1. Zid za zaštitu od buke na Riječkoj obilaznici .....	30

## 10. LITERATURA

- [1] B. Mijović, Primijenjena Ergonomija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2008, ISBN 987-953-7343-23-1.
- [2] B. Mijović, Zaštita strojeva i uređaja, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2012, ISBN 987-953-7343-60-6.
- [3] J. Vučinić, Osobna zaštitna sredstva i oprema, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2007, ISBN 987-953-7343-12-5.
- [4] N. Trbojević, Osnove zaštite od buke i vibracija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011, ISBN 978-953-7343-53-8.
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Buka> (pristupljeno 20. 9. 2015.).
- [6] [http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/Vrsta\\_izvori\\_page.htm](http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/pivac/Vrsta_izvori_page.htm) (pristupljeno 20. 9. 2015.).
- [7] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Infrazvuk> (pristupljeno 20. 9. 2015.).
- [8] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Ultrazvuk> (pristupljeno 23. 9. 2015.).
- [9] <http://cudaprirode.com/portal/kz/1291-to-je-ultrazvuk-i-gdje-se-i-kako-rimjenjuje> (pristupljeno 29. 9. 2015.).
- [10] [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 20. 10. 2015.).