

Buka kao izvor zagađenja radnog i životnog okoliša

Malešević, Miladin

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2016

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:128:776672>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



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

Zaštita na radu

Miladin Malešević

**BUKA KAO IZVOR ZAGAĐENJA RADNOG I
ŽIVOTNOG OKOLIŠA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and protection department

Study of safety and protection

Miladin Malešević

**NOISE AS A SOURCE OF POLLUTION IN WORK AND LIVING
ENVIRONMENT**

FINAL PAPER

Karlovac, 2016.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel sigurnosti i zaštite

Specijalistički diplomski stručni studij

sigurnosti i zaštite

**BUKA KAO IZVOR ZAGAĐENJA RADNOG I
ŽIVOTNOG OKOLIŠA**

ZAVRŠNI RAD

Student:

Miladin Malešević

Mentor:

Dr.sc. Nikola Trbojević,prof.v.š.

Karlovac, 2016.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J.J.Strossmayera 9
HR-47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2016

BUKA KAO IZVOR ZAGAĐENJA RADNOG I ŽIVOTNOG OKOLIŠA

Student: Miladin Malešević

Matični broj:0420413036

Naslov: BUKA KAO IZVOR ZAGAĐENJA RADNOG I ŽIVOTNOG OKOLIŠA

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Općenito o buci kao štetnom faktoru ljudskog zdravlja
3. Mjerenje i mjerni postupci pri dokazivanju buke kao faktora zagađenosti okoliša
4. Primjena mjera zaštite od buke u radnom i životnom okolišu
5. Mjerenje i zaštita od buke na praktičnom primjeru poduzeća Muraplast d.o.o.
6. Zaključak
7. Literatura

Zadatak zadan:
09/2016

Rok predaje rada:
12 / 2016

Predviđeni datum obrane:
12 / 2016

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Nikola Trbojević,prof.v.š.

Dr. sc. Zvonimir Matušinović,prof.v.š

Sažetak:

Buka je jedan od ključnih permanentnih zagađivača životne i radne okoline u današnjem dobu.

Ključno ju je detektirati, analizirati te minimalizirati.

Ključne riječi:

Buka, Zagađenje okoliša, Zagađenje radnog okoliša, Zaštita na radu.

Summary:

Noise as a source of pollution in work and living environment.

Keywords : Noise, Pollution and Safety at Work.

Ovom prigodom zahvaljujem svima koji su mi pomagali i bili podrška tijekom cjeloukupnog studiranja. Zahvaljujem svom mentoru bez kojeg izrada rada nebi bila moguća.

Ovaj rad posvećujem svojoj obitelji i prijateljima.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O BUCI KAO ŠTETNOM FAKTORU LJUDSKOG ZDRAVLJA	2
2.1 Spoznaja o buci kroz povijest.....	2
2.2. Utjecaj buke na čovjeka	3
2.3 Terminologija iz akustike i buke.....	9
2.3.1.Zvuk.....	9
2.3.2 Frekvencija	12
2.3.3. Zvučni tlak.....	12
2.3.4. Zvučni intenzitet.....	13
2.3.5. Zvučna snaga	13
2.3.6. Decibel.....	13
2.3.7. Razina zvučnog tlaka.....	14
2.3.8. Rezonancija	14
2.4 Klasifikacija buke.....	14
3.MJERENJE I MJERNI POSTUPCI PRI DOKAZIVANJU BUKE KAO FAKTORA ŠTETNOSTI.....	16
3.1.Propisi,norme i pravilnici u RH kao članici Europske Unije.....	16
3.2.Postupci pri mjerenju buke.....	19
3.3.Značajke uređaja za mjerenje buke	23
4.PRIMJENA MJERA ZAŠTITE OD BUKE U RADNOM I ŽIVOTNOM OKOLIŠU	27
4.1. Općenito	27
4.2.Zaštita od buke u stambenim jedinicama	28
5.MJERENJE I ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNOM PROSTORU NA PRIMJERU PODUZEĆA MURAPLAST d.o.o.....	39
5.1 Mjerenje unutarnje buke.....	39
5.1.1. Primijenjeni propisi	40
5.1.2. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja.....	40
5.1.3.Rezultati ispitivanja	40
5.1.4.Analiza rezultata i rješenje	42
5.2. Mjerenje vanjske buke	42
5.2.1. Primijenjeni propisi	43

5.2.2. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja.....	44
5.2.3. Opis prostora, položaja izvora buke i mjernih mjesta	44
5.2.4. Rezultati ispitivanja	46
5.2.5. Analiza rezultata i rješenje	47
6.ZAKLJUČAK	51
7.LITERATURA;	52

1. UVOD

U današnjem dobu,velike industrijalizacije te komercijalizacije svega oko nas pa i ljudskog okoliša,kako radnog tako i životnog veliku ulogu igra spoznaja o problemima zagađenja te borbe protiv istoga.

Stoga je neophodno vrlo visoka spoznaja i svijest o štetnostima,njihovim učincima te njihovoj sanaciji i implementaciji novih tehnologija i tehnika koje bi to svele na što je moguće prihvatljiviji i manji udio.

Jedan od tih velikih štetnosti po čovjeka i njegov okoliš jest i buka,tome je pridonjela spoznaja kroz predhodne godine i desetljeća.

Kroz ovaj rad pokazat će se buka i pojedini dijelovi buke,kroz njenu povjesnu spoznaju,preko utjecaja na ljude i okološ do modernog doba,proučavanja,analiziranja i usklađivanja sa zakonima,normama i propisima koje diktira pojedino društveno uređenje.

Uz nesmetanu uporabu modernih pomagala i rješenja tehničke prirode,kao što su npr.zvukomjeri.

Buka može bit uspješno anulirana i svedena na razumne mjere također i u radnoj okolini čovjeka kao što su pogoni ili mjesta samog rada,što je propisano takodjer zakonima i normama vidljivo u ovom radu.

Također je analizirano i sporvedeno ispitivanje nekih radnih pogona,konkretno poduzeća Muraplast d.o.o.

2. OPĆENITO O BUCI KAO ŠTETNOM FAKTORU LJUDSKOG ZDRAVLJA

2.1 Spoznaja o buci kroz povijest

„Doći će vrijeme kada će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka te će se protiv nje morati boriti kao što se borimo protiv kuge i kolere“.

Ove proročke riječi izrekao je Robert Koch krajem XIX stoljeća, a danas su one stvarnost.

Prema izvješćima Svjetske zdravstvene organizacije buka se ubraja uz onečišćenja vode i zraka u tri najopasnija onečišćivača ljudske okoline.

U ranijem dobu industrijalizacije planeta i otkivanju velikih izuma te novih civilizacijskih dosega, bukom se nitko nije pretjerano bavio kao nekim prevelikim problemom, tadašnjeg doba.

Ona je u principu bila nuspojava novih tehničkih i drugih postignuća čovječanstva, prvenstveno gledano sa tehničkog aspekta.

Inženjeri većinom su ulagali svoje znanje u smjernicama poboljšanja performansi dosegnutih tehničkih karakteristika patenata, uređaja, strojeva te ostalih alata.

Tek u novije doba,

prvenstveno ovog i prošlog stoljeća buka dobiva zasluženu pažnju, te se njome počinju ljudi baviti kao ozbiljnim problemom u ljudskom okruženju.

Pogotovo to dobiva na težini, uz određeni pomak godina i istraživanja kada je već bilo jasno da je problem koji može uzrokovati bolesti ljudi i njihov smanjen radni učinak.

Tako da danas imamo cijele strukture koje se bave ljudskom zaštitom, kako od prirodnih elemenata buke tako i od umjetnih (ljudskim putem proizvedenih) izvora iste.

Obzirom da je Hrvatska sastavni dio Europske unije (EU), dužna je preuzeti i sprovesti mjere koje propisuju dopuštenu količinu buke u čovjekovom okolišu, kako radnom tako i stambenom ili svakom drugom.

Stoga u današnjem dobu, gotovo da nije moguće nista strukturalno djelovati bez poštivanja i korištenja zakona o zaštiti od buke i pravilnika o istoj, što je ipak veliki civilizacijski a i humani iskorak u ljudskoj povijesti.

Još uvijek postoje zemlje ili predjeli planeta koji nemaju tako uspješno riješeno pitanje buke.

Većinom se radi o nerazvijenim zemljama ili zemljama u razvoju, tzv. zemlje trećeg svijeta.

2.2. Utjecaj buke na čovjeka

Razvojem tehnologija, ljudskog napredka u svim pogledima buka je dobila svoj obol na način da je velikim dijelom razvitka upravo ona štetni produkt.

Pa tako buka se pojavljuje u više pravaca odnosno izvora iste, intenzitetom i konstantnošću nastajanja.

Prvenstveno je problem izražen u velikim urbanim i visokoindustrijaliziranim područjima kao i proizvodnim te svim ostalim pogonima.

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) je na osnovu izvršenog velikog broja istraživanja i analiza donijela procjenu,

Prema kojoj je gornja granica neštetnosti buke u osmosatnom radnom vremenu pojedinca 75dB(A).

Iznad ove granice rizik oštećenja zdravlja se značajno uvećava.

Prema preporukama iste organizacije kućna buka nebi trebala prelaziti razinu od 45dB(A), a buka tijekom noći 35dB(A)

Buka utječe ovisno i kontinuitetu te količini izloženosti na čovjeka te njegovu okolinu na nekoliko uobičajnih načina te ih možemo definirati kao bolesti ili oboljenja;

- * fizičke prirode
- * psihičke prirode
- * socijalne prirode

Što u konačnici šteti samom pojedincu ali i društvu u cjelini, obzirom da je pojedinac potreban društvu u vidu svog rada.

Pa tako možemo govoriti o;

- * oštećenje sluha
- * smetnje pri komunikaciji
- * uznemiravanje
- * umor
- * slaba koncentracija
- * slaba produktivnost pojedinca

Sve ove navedene činjenice i pojmovi su većinom produkt zagađenja od buke koja dolazi od industriskog razvoja planeta te do spoznaje da se treba pristupiti analizi, zaštiti te smanjenju buke na razini podnošljivih jedinica.

Jaka buka kroz dulje vrijeme može izazvati stalno oštećenje sluha, odnosno organa unutarnjeg uha kod čovjeka.

Ako dođe do takvog oštećenja posljedice su trajne i nepopravljive.

Rizik oštećenja sluha ovisi o karakteristikama same buke.

Na organ sluha buka djeluje poražavanjem simpatičkog dijela autonomog živčanog sustava.

Kada buka prijeđe razinu od 60dB(A), a naročito iznad 80dB(A) javljaju se simptomi koji su posljedica pojačane funkcije simpatikusa.

Ovisno od razine buke, reakcije variraju od blagih i prolaznih simptoma do burnih reakcija i trajnih težih oštećenja.

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

Da bi analizirali buku i njen problem, potrebno je krenuti od primača iste buke iz prostora.

A to je čovjek, te njegova anatomija što konkretno predstavlja slušni organ, tj uho.

Presjek slušnog organa/uha dat je na Slici 1.1.

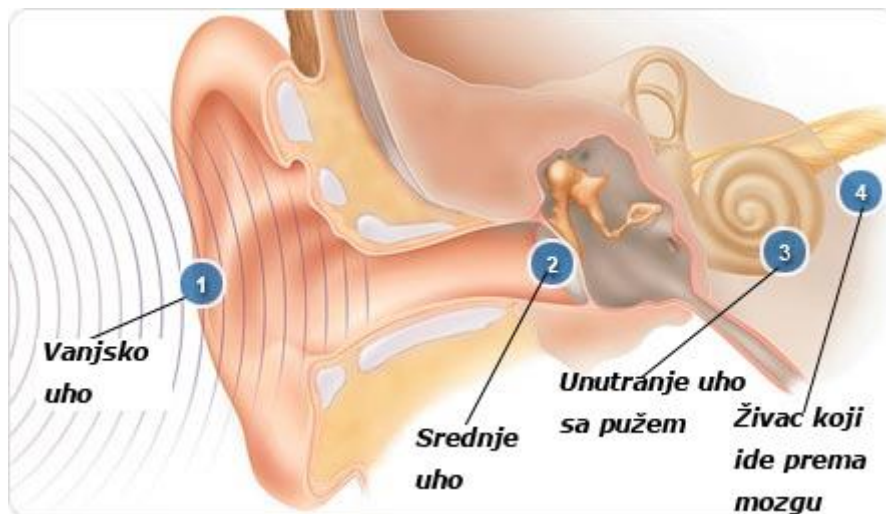
Iz slike je vidljivo da se uho sastoji od tri osnovna dijela;

Vanjskog uha

Srednjeg uha

Unutarnjeg uha

Zvuk u uho ulazi kroz ušni kanal i preko dlačica, koje se nalaze u unutarnjem uhu te pretvaraju u signal i živčane impulse koje mozak potom analizira i dekodira.



Slika 1.1. Presjek uha čovjeka

Uslijed 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.

Znanstvenici su ipak nakon dugogodišnjih istraživanja uspjeli stvoriti specijalne dlačice iz unutarnjeg uha uz pomoć matičnih stanica. Te stanice u uhu pretvaraju zvučne vibracije u živčane impulse koje mozak zatim analizira i dekodira.

Starenje i izlaganje buci troši ih nezaustavljivo i do sada uopće nije postojao način da ih se zamjeni.

Dlačice u laboratoriju su napravljene od uzoraka miševa ali izgledale su i „ponašale“ kao da su prave.

Ako se pronađe metoda koja bi omogućila promjenu ove tehnike i na ljudske stanice unutar narednih desetak godina problem gluhoće možda više neće biti prisutan.

Također,

trenutno se otvaraju nove mogućnosti pronalazka lijeka koji bi poticao rast dlačica u uhu i time spriječio gubitak sluha kao takovog.

Dlačice su napravljene u Petrijevoj zdjelici i ovaj uspjeh predstavlja važan korak u razvoju budućih dijagnoza i terapija vezano za sluh.

Buka također utječe na cirkulaciju krvi u organizmu, potiče stres i ostale psihološke probleme kod čovjeka.

Industrijska buka je često povezana s drugim problemima te sa industrijskom okolinom i zagađenjem zraka.

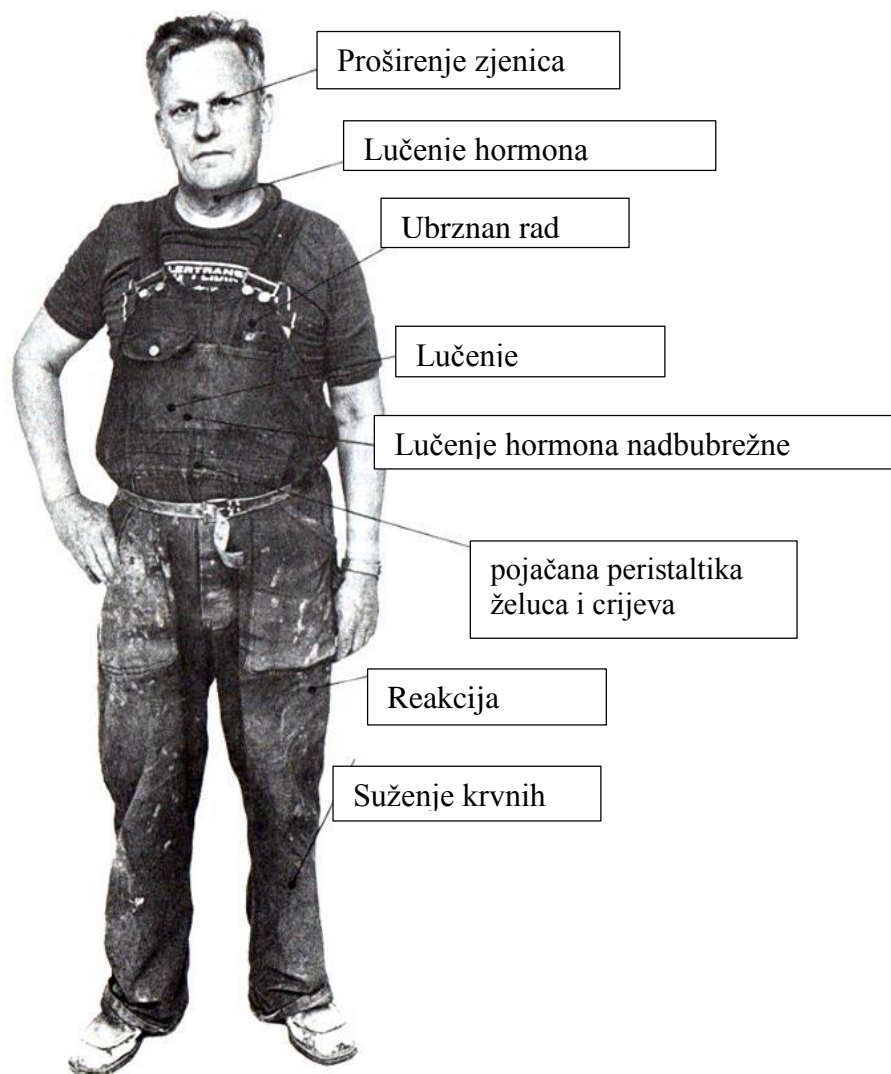
Sve to skupa utječe na zdravlje i raspoloženje čovjeka kao pojedinca ili radnika.

Buka također povećava rizik sigurnosti jer otežano ili nikako možemo primiti signalna upozorenja zvukom.

Možemo navesti još neke aspekte štetnog utjecaja buke na čovjeka kao što su;

- *Proširenje zjenica
- *Utjecaj na hormone
- *Ubrazan rad srca
- *Povišena razina adrenalina
- *Utjecaj na rad unutarnjih organa čovjeka
- *Utjecaj na želudac i trbuh
- *Utjecaj na mišićna vlakna
- *Suženje krvnih žila
- *ostalo

Dio štetnih utjecaja možemo slikovito opisano vidjeti na priloženoj slici 1.2.



Slika 1.2. Negativan utjecaj buke na čovjeka i njegovo tijelo

Da bi se ostvarila normalna komunikacija, razina buke u radnom prostoru nemije biti viša od 65-70dB(A) jer na razinama iznad 70dB(A) teško je npr. ostvarit razuman i razgovjetan telefonski razgovor.

Razina zvučnog tlaka, buke, ovisna je od međusobne udaljenosti osoba koje komuniciraju. Intezitet govora osobe se mora povećati u ovisnosti o povećanju međusobne razdaljenosti osobe koja komunicara govorom.

Primjerom dvoje ljudi koji komuniciraju normalnim razgovorom na udaljenosti od 1,5m i razini buke od 60dB(A) te kasnije komunicirati na udaljenosti od 3m, neophodno je povisiti glas ili vikati.

Slican slučaj je i na bukama inteziteta 85dB(A) ili vise, potrebno je vikati na uho sugovornika (Slika 1.3.)

Vrlo niske frekvencije zvučnih valova mogu biti opažajne ako su dovoljno izražene.

Takav zvuk se naziva infrazvuk

i predmet je mnogih proučavanja prijašnjih godina ali usprkos tome saznanja o štetnosti na čovjeka su nedovoljna.

Ali poznato je da jak infrazvuk (razine zvuka viša od oko 100dB na frekvenciji ispod 10Hz) može utjecati na glavobolju ili povećani umor kod čovjeka.

Zvuk frekvencija iznad vrijednosti koje je moguće čuti ljudskim osjetilom sluha (cca 20000Hz) koje se naziva ultrazvuk, nema koliko je poznato nema utjecaja na tijelo prilikom umjerne jakosti.

Ultrazvuk je vrlo vazna metoda koja se primjenjuje u medicini na polju dijagnostike.

Ultrazvuk moguće uzrokuje jedino da tekućine leća u oku postanu ljepljive.

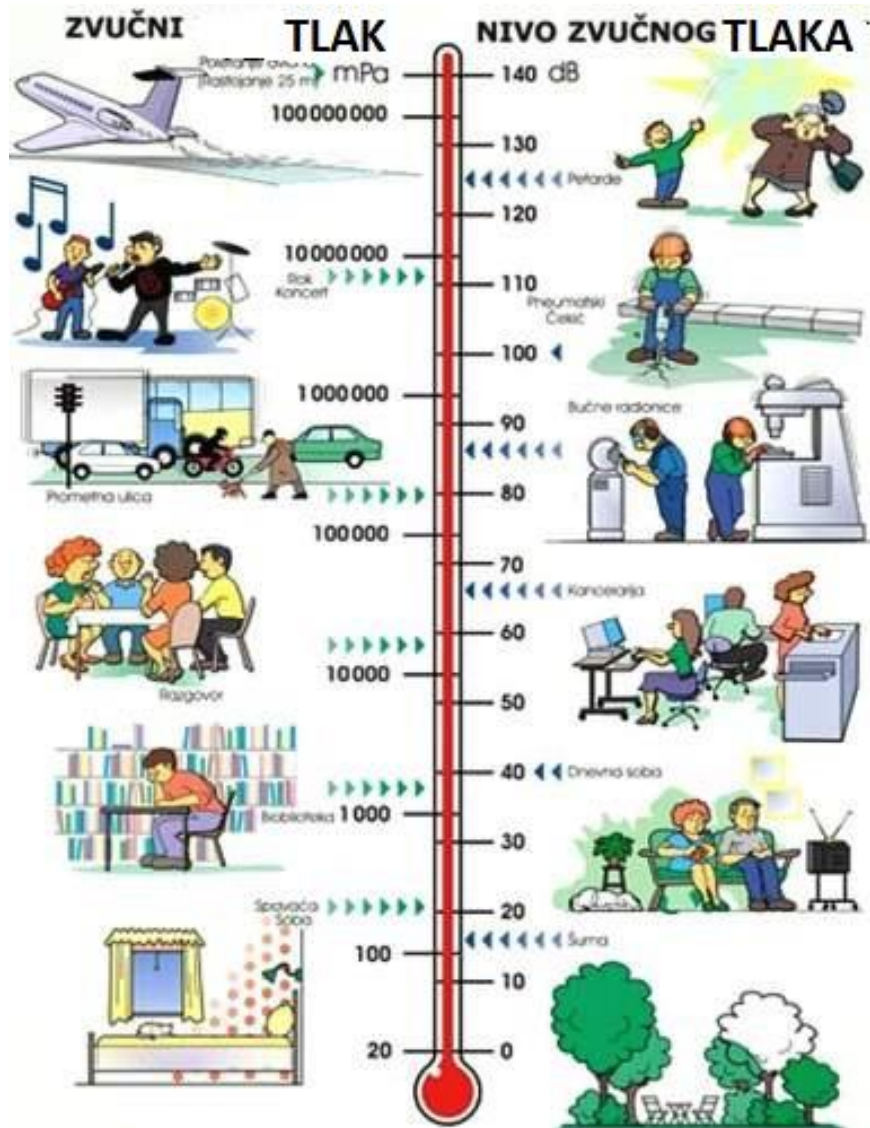
Dakle,

prema predloženoj slici vidljivi su rasponi od „tišine“ šume do opernog pjevnja ili buke mlaznog motora zrakoplova prilikom poletno-sletnih manevara te njihovi omjeri naspram tlaka zvuka.



Slika 1.3. Govor direktno na uho u tvorničkom pogonu

Na slici 1.4. su neki primjeri i vrijednosti zvuka i tlaka u ljudskoj okolini.



Slika 1.4. Primjeri vrijednosti zvuka i tlaka

2.3 Terminologija iz akustike i buke

U ovom poglavlju ću se nadovezat na već rečeno o nekim pojmovima i definicijama od ranije, kao što su bili infrazvuk i ultrazvuk.

Možemo reći da je glavni pojam buka, koja je definirana kao nepoželjan zvuk.

2.3.1. Zvuk

U okviru područja zaštite od buke postoji mnogo stručnih izraza i termina, a neki od akustičkih pojmova koji se najčešće upotrebljavaju opisani su ovdje.

Zvukom se u užem smislu značenja te riječi naziva sve ono što čujemo, što zamjećujemo sluhom. Prema fizikalnoj definiciji zvuk je titranje u plinovitim, tekućim i krutim elastičnim tvarima. Možemo također reći da se zvuk sastoji od ritmičkog njihanja molekula koje u njihov ravnotežni položaj vraćaju međumolekularne elastične sile.

Zvuk se javlja kada izvor zvuka izazove pomicanje najbližih čestica nekog medija i širi se u obliku longitudinalnih valova.

Longitudinalne valove možemo promatrati na dužoj opruzi. Ako nekoliko zavoja na početku opruge stisnemo, a zatim ispustimo, zgušnjavanje zavoja brzo će se širiti prema drugom kraju opruge.

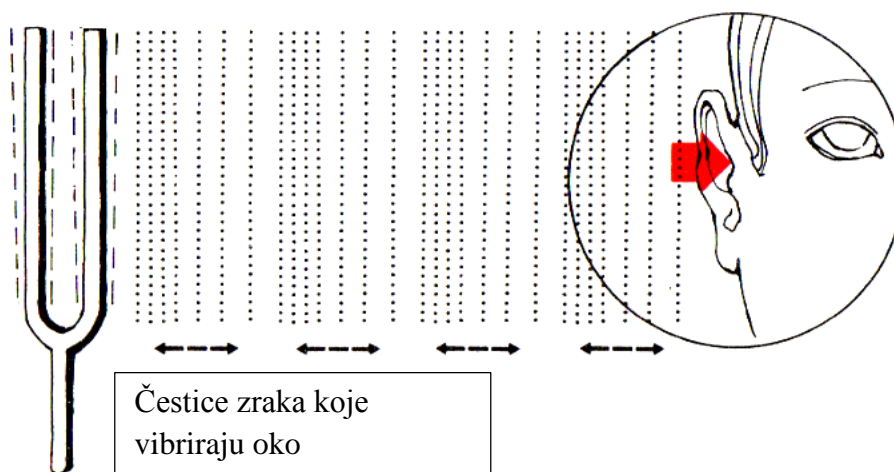
Longitudinalni valovi su valovi zgušnjavanja i razrjeđivanja medija.

Kretanje se postupno širi tim medijem mnogo dalje od izvora zvuka.

Zvuk se kroz zrak širi brzinom od oko 340 m/s. U tekućim i čvrstim stanjima tijela brzina širenja zvuka je veća: 1.500 m/s u vodi i do 5.000 m/s u čeliku.

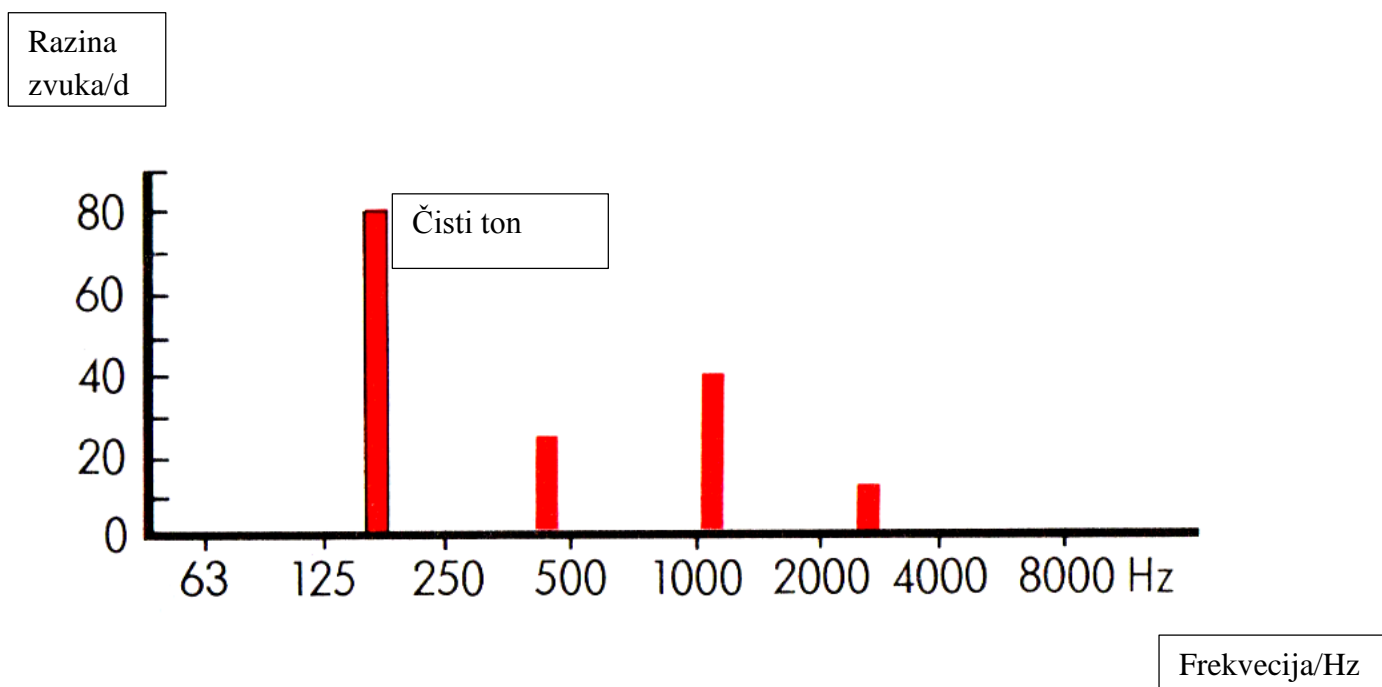
Najmanja udaljenost između dvije točke istog faznog kuta vala jest **valna duljina**, označava se sa λ , **brzina širenja zvuka** se označava sa c , a **frekvencija zvuka** sa f .

Zvuk se može sastojati od jednog čistog tona, ali u većini slučajeva, sadrži mnogo tonova različitih frekvencija. Primjer klasičnog izvora zvuka je glazbena vilica (Slika 2.1). Glazbena vilica, kao izvor zvuka, nakon pobude vibrira, stvarajući periodične promjene tlaka i pobuđuje bubnjić u uhu da vibrira.

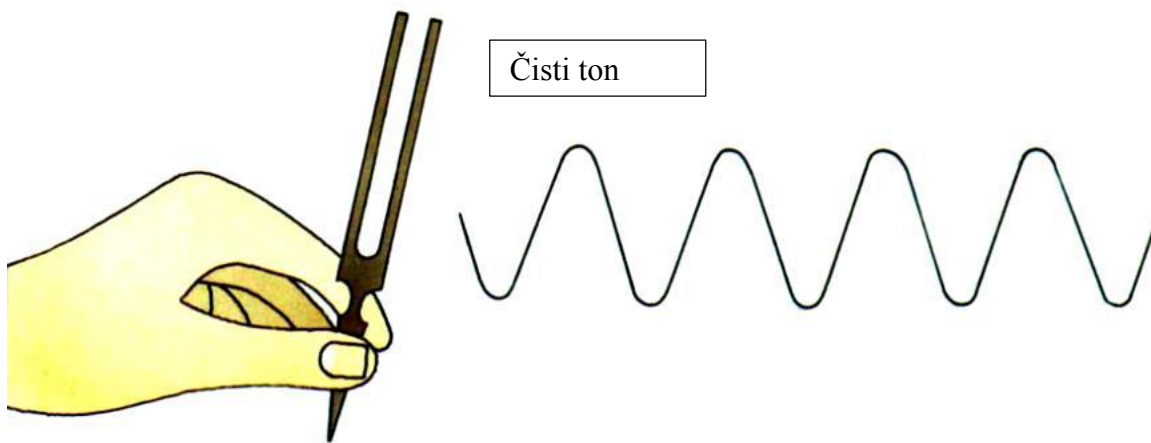


Slika 2.1. Glazbena vilica kao izvor zvuka

Čisti ton je predstavljen kao stupac čiji položaj je odgovarajuća frekvencija, a visina označava intenzitet zvuka. Note u glazbi sadrže mnogo čistih tonova različitih frekvencija i jakosti, različito kombiniranih, što instrumentima daje prepoznatljiv zvuk (Slika 3.2 i Slika 3.3).



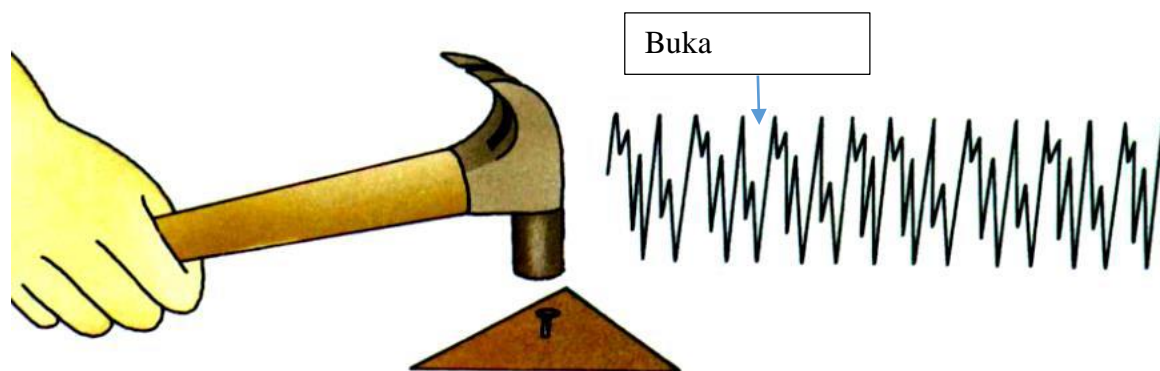
Slika 2.2. Čisti ton i razina zvuka



Slika 2.3. Karakteristika čistog tona

Gibanje zračnog vala zrakom ne zavisi samo od njegovog intenziteta.

Frekvencija također utječe na dojam zvuka i što je ona viša, to više iritira ljudsko uho. Na istoj razini zvuka čisti tonovi uznemiruju više od složenih, tj. sastavljenih od mnogo tonova (Slika 3.4).



Slika 2.4. Karakteristika buke

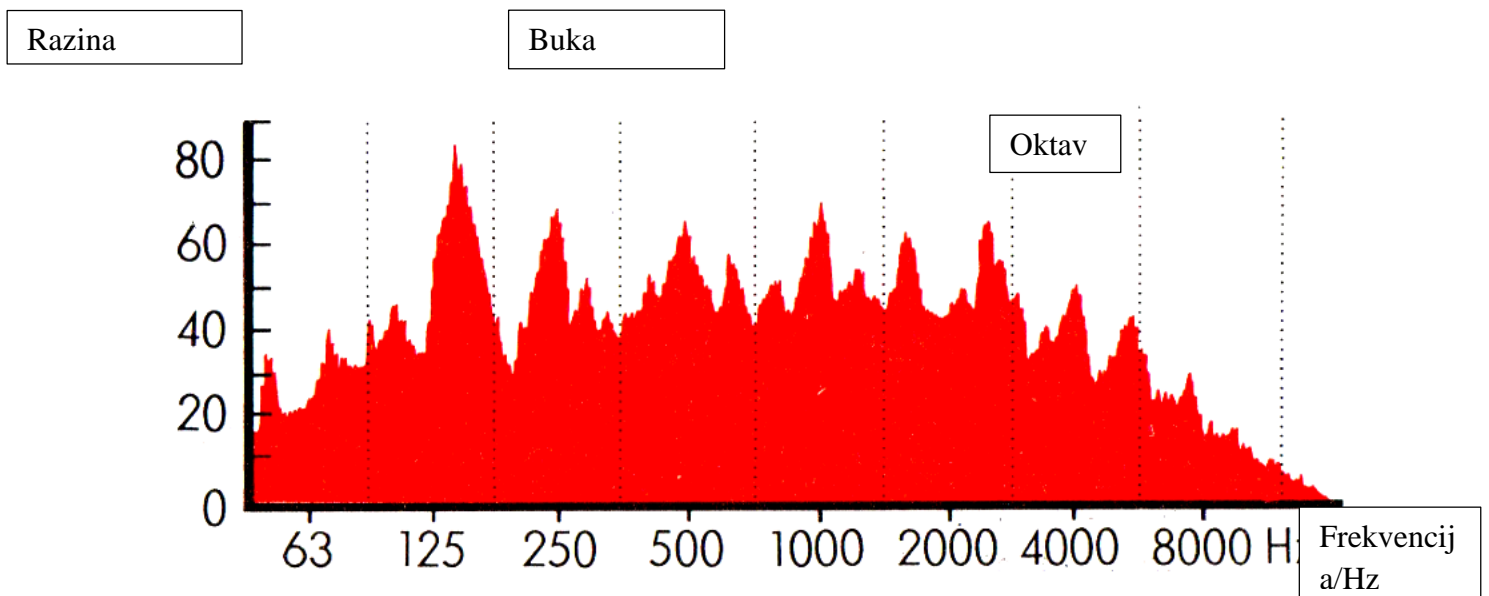
2.3.2 Frekvencija

Frekvencija zvučnog vala je broj titraja u jedinici vremena (sekundi). Jedinica za frekvenciju je jedan Herc (1 Hz). Definicija: 1 Herc (1 Hz) = jedna vibracija (jedan titraj) u sekundi.

Zvuk se može osjetiti u širokom frekventijskom području, a područje čujnog zvuka u mladih ljudi nalazi se između 16 Hz i 20.000 Hz. Na niskim frekvencijama čestice zraka titraju polagano i stvaraju niske tonove, a na visokima titraju brzo i stvaraju visoke tonove [1].

Zvuk može biti jednostavan, čist ton, ali najčešće je mješavina većeg broja tonova različite jakosti.

Buka je neravnomjerna mješavina tonova različitih frekvencija (Slika 3.5)



Slika 2.5. Kombinacija tonova različitih frekvencija

2.3.3. Zvučni tlak

Zvučni tlak je poremećaj atmosferskog tlaka uzrokovan zvukom. Ili "Zvučni tlak je izmjenični tlak superponiran atmosferskom tlaku" [6]. Jedinica za izražavanje atmosferskog tlaka, pa tako i za zvučni tlak zove se *paskal* (Pa). Stara jedinica za tlak je bar.

Paskal je 10 puta veći od mikrobara

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

N je jedinica za silu (od Newton). Newton (N) jedinica je sile u MKS sustavu. To je sila koja masi od jednog kilograma daje ubrzanje od 1 m/s^2 . Newton je 9,81 puta manja jedinica od kiloponda. Kilopond je stara i zabranjena jedinica.

Atmosferski tlak ima oko 105 Pa (1.000 hektopaskala), ili 106 mikrobara, odnosno 1 bar. Za bar postoji još naziv "atmosfera".

Najmanji zvučni tlak kojega ljudsko uho može zamijetiti (čuti kao zvuk) iznosi oko 0,00002 Pa, ili 2×10^{-5} Pa. Tu je vrijednost međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) odabrala (standardizirala) kao referentnu veličinu - **referentni zvučni tlak**.

Najveći zvučni tlak kojega ljudsko uho može podnijeti je milijun puta veći od referentnoga, odnosno 20 Pa (prema $10^6 \times 2 \times 10^{-5}$).

2.3.4. Zvučni intenzitet

Zvučnim se valom prenosi mehanička energija. Količina energije koja u jednoj sekundi prostruji kroz plohu veličine 1 m^2 , okomito postavljenu na smjer širenja zvuka, naziva se **jakost ili intenzitet** zvuka. Prema tome jakost i intenzitet, ovako definirani, postaju sinonimi.

2.3.5. Zvučna snaga

Snaga zvuka P definira se kao količina energije, intenziteta I [W/m^2], koja u sekundi prostruji kroz površinu veličine S [m^2]. Izražava se watima (W), a računa se kao umnožak intenziteta i veličine površine na kojoj taj intenzitet djeluje.

2.3.6. Decibel

Decibel se definira kao veličina koja predstavlja logaritam odnosa dvaju intenziteta. Zapravo, tako definirana veličina je *bel* (prema Grahamu Bellu izumitelju telefona), a prikladnija, deset puta manja jedinica zove se decibel (dB).

2.3.7. Razina zvučnog tlaka

Zvučni je tlak veličina koja opisuje zvučno polje, pa je kvadrat zvučnog tlaka proporcionalan zvučnoj energiji. Uzevši to u obzir, dobiva se izraz za razinu zvučnog tlaka L_p .

2.3.8. Rezonancija

Rezonancija je pojava pojačanja titranja pri pobuđivanju frekvencijom jednakom ili približno jednakom vlastitoj frekvenciji pobuđenog sustava. Takvi rezonantni titraji mogu izazvati lom sastavnih dijelova strojeva, a u pravilu ih prati i jako zračenje zvuka, pa ih se nastoji izbjeći npr. promjenom pobudnih frekvencija

2.4 Klasifikacija buke

Problem zaštite od buke može se prikazati kao sustav koji se sastoji od tri osnovna dijela;

Izvor-----Put širenja-----Prijemni prostor,odnosno ugrožena osoba.

Prema tome buku možemo klasificirati odnosno podijeliti prema nekoliko varijabli i segmenata njenog nastajanja i djelovanja u prirodi i okolišu.

Dakle prema utjecaju i prema nastajanju buke odnosno vrsti buke.

Stoga možemo reći da su 3 kategorije utjecaja buke:

Utjecaj na zdravlje ljudi

Uz iznimku izrazito jakih razina zvuka (buke), kod kojih može doći do direktnog oštećenja sluha, teško je dokazati vezu između uzroka i posljedice. Djelovanje smetnje nastale bukom varira od čovjeka do čovjeka i znatno ovisi i o neakustičnim aspektima.

Socijalni utjecaji buke

Među socijalne utjecaje buke spadaju smetnje u komunikaciji i promjene stava u socijalnom ponašanju opterećenih (buci izloženih) ljudi.

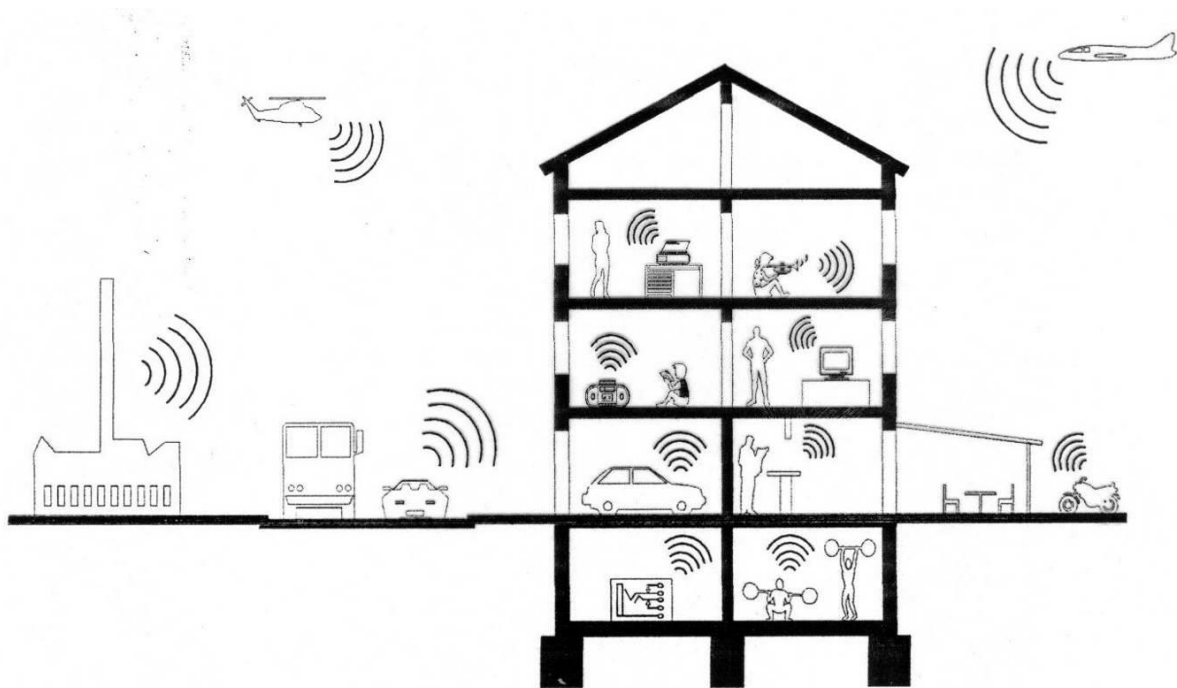
Ekonomski utjecaji buke

Često se troškovi buke ne mogu na osnovi nepostojeće tržišne cijene izraziti brojkom, što vodi do toga, da ih prikazujemo kao eksterne troškove.

Prema vrsti buke,odnoso nastanku;

- 1-Buka koja se stvara u prostoriji u kojoj smeta.
- 2-Zračna buka koja se prenosi izvana ili iz druge prostorije u prostoriju u kojoj smeta.
- 3-Vibracijska buka, koja se u prostoriji u kojoj smeta prenosi preko građevinskih konstrukcija.

Sve prikazano na slici 2.6.gdje možemo vidjeti razne izvore buke u ljudskom prostoru i izvan njega.



Izvori buke

Slika 2.6. Podjela izvora buke prema nastanku

3.MJERENJE I MJERNI POSTUPCI PRI DOKAZIVANJU BUKE KAO FAKTORA ŠTETNOSTI

U današnjem vremenu postoje normirane metode buke i kriteriji za ocjenjivanje buke te napredni uređaji i mjerni instrumenti za očitavanje iste.

Brzi razvoj informatičkih tehnologija i računala omogućava brzo i pouzdano proračunavanje i analiziranje postupaka zvučne zaštite.

Propisima i normama definira se prihvatljivo stanje buke za svaku konkretnu sredinu na temelju postavljenih kriterija kao što su zaštita sluha i zdravlja uopće, utjecaj na zamor i na proizvodnost rada, cujnost zvučnih signala, razumnost govora, potrebu za mentalnim usredotočenjem, odmorom, rekreacijom i mirnim snom.

Propisi su međutim na neki način uvijek kompromis tri značajek, humanih-tehničkih i ekonomskih mogućnosti.

3.1.Propisi,norme i pravilnici u RH kao članici Europske Unije

U Republici Hrvatskoj,kao stalnom članu Europske Unije(EU) problematika i pitanja o zaštiti od buke definirana su Zakonom o zaštiti od buke te Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.

Zakon i pravilnik su usklađeni sa Direktivnom EU te kao takvi se primjenjuju kod nas.

NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16 na snazi od 10.05.2016. kada su vršene zadnje izmjene i dopune istih.

A sam zakon je stupio na snagu objavom u Narodnim Novinama 20.veljače 2009.godine

Na temelju članka 2. stavka 2. Zakona o zaštiti od buke (»Narodne novine« br. 20/03) ministar zdravstva i socijalne skrbi, uz prethodno mišljenje ministra za gospodarstvo, rad i poduzetništvo i ministra zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva donesao je;

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave

Veličine za opisivanje buke te način i uvjeti mjerenja i određivanja tih veličina definirani su sljedećim normama: HRN ISO 1996 -1 -2 -3, Akustika – opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoline, HRN ISO 9612, Akustika – smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini, HRN EN 60804, zvukomjeri s integriranjem i usrednjavanje

Tablica 1, najveće dopuštene razine buke u otvorenom prostoru

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisije L_{RAeq} u dB(A)	
		za dan (L_{day})	noć (L_{night})
1.	Zona namijenjena odmoru, oporavku i liječenju	50	40
2.	Zona namijenjena samo stanovanju i boravku	55	40
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	45
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem	65	50
5.	Zona gospodarske namjene (proizvodnja, industrija, skladišta, servisi)	– Na granici građevne čestice unutar zone – buka ne smije prelaziti 80 dB(A) – Na granici ove zone buka ne smije prelaziti dopuštene razine zone s kojom graniči	

Tablica 2, najveće dopuštene razine u zatvorenom boravišnom prostoru

Zona prema Tablici 1. ovog Pravilnika	1	2	3	4	5
Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Req} u dB(A)	30	35	35	40	40
– za dan					
– za noć	25	25	25	30	30

Buka na radnom mjestu

Članak 12. Najviše dopuštene ocjenske ekvivalentne razine buke L_{RAeq} koju na radnom mjestu stvaraju proizvodni i neproizvodni izvori buke:

s obzirom na ometanje rada:

Tablica 3, Najviše dopuštene ocjenske ekvivalentne razine buke

Opis posla	Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)
Najsloženiji poslovi upravljanja, rad vezan za veliku odgovornost, znanstveni rad	35
Rad koji zahtijeva veliku koncentraciju i/ili preciznu psihomotoriku	40
Rad koji zahtijeva često komuniciranje govorom	50
Lakši mentalni rad te fizički rad koji zahtijeva pozornost i koncentraciju	65

Iz citiranog i navedenog dijela pravilnika o zaštiti od buke vidljivo je relativno dobro definiran odnos zaštite od buke u svim vremenskim i prostornim intervalima, sada je samo stvar u sprovođenju istih mjera u praksi i primjenom istog pravilnika te zakona.

3.2. Postupci pri mjerenju buke

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

Mjerenje buke potrebno je uskladiti sa sljedećim odredbama;

Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08).

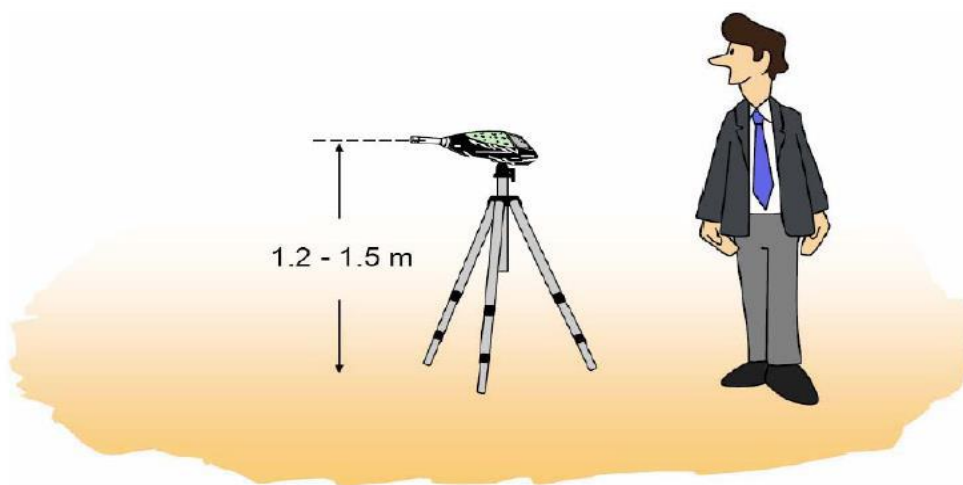
□□ Norme HRN ISO 9612:2000 Akustika - Smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini (ISO 9612:1997).

□□ Norme HRN ISO 1999:2000 Akustika - Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom (ISO 1999:1990).

Također potrebno se pridržavati osnovnih pravila postupanja pri samom mjerenju buke.

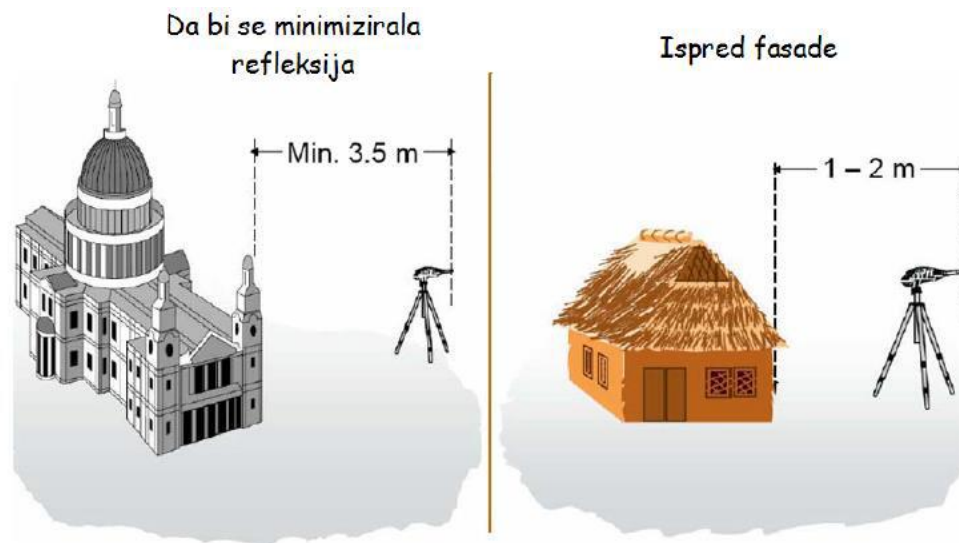
Neki praktični postupci koji se moraju znati da bi se pristupilo mjerenju buke su:

1. Mikrofon kojim se mjeri, u dužem vremenskom razdoblju, mora biti postavljen na stalak na visinu 1,2 - 1,5 m (Slika 3.2.1.).



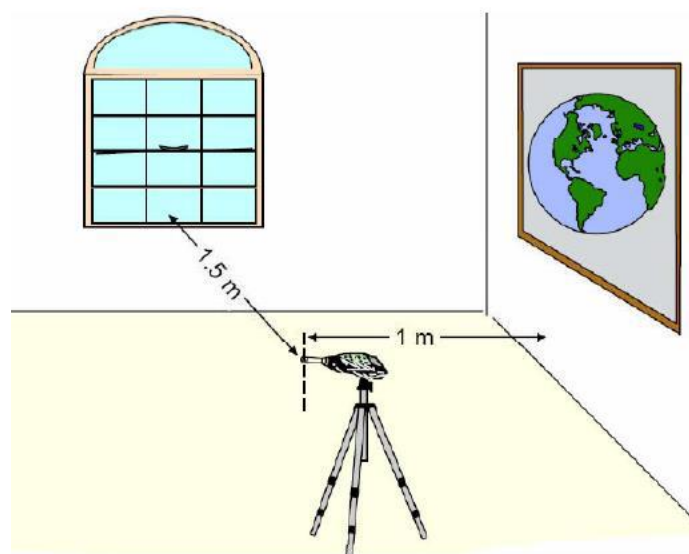
Slika 3.2.1. Položaj mikrofona iznad tla

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 do 2 m ispred fasade objekta (Slika 3.2.2).



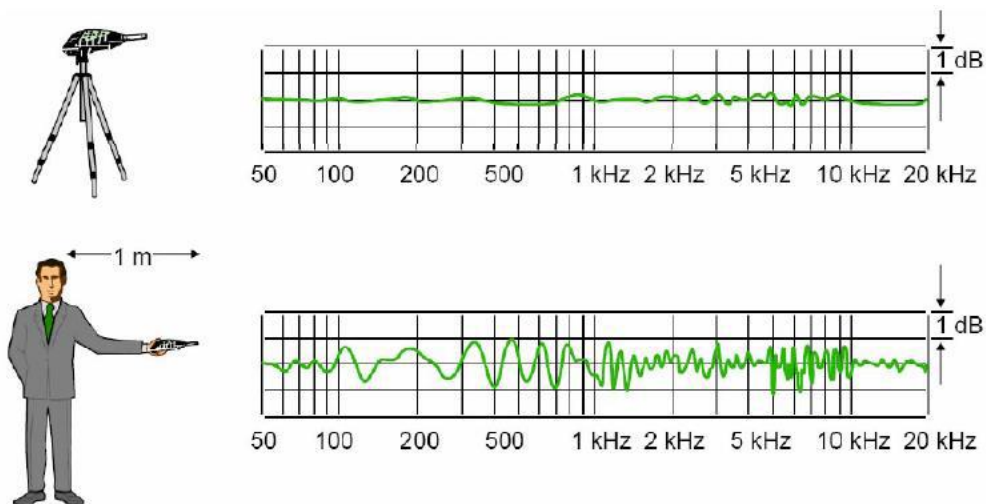
Slika 3.2.2. Položaj mikrofona u vanjskim uvjetima

3. Kada se mjerenja buke vrše u zatvorenom prostoru položaj mjernog instrumenta se određuje od zida odmaknuto 1 m, a od prozora 1,5 m, kako je prikazano na Slici 3.2.3.



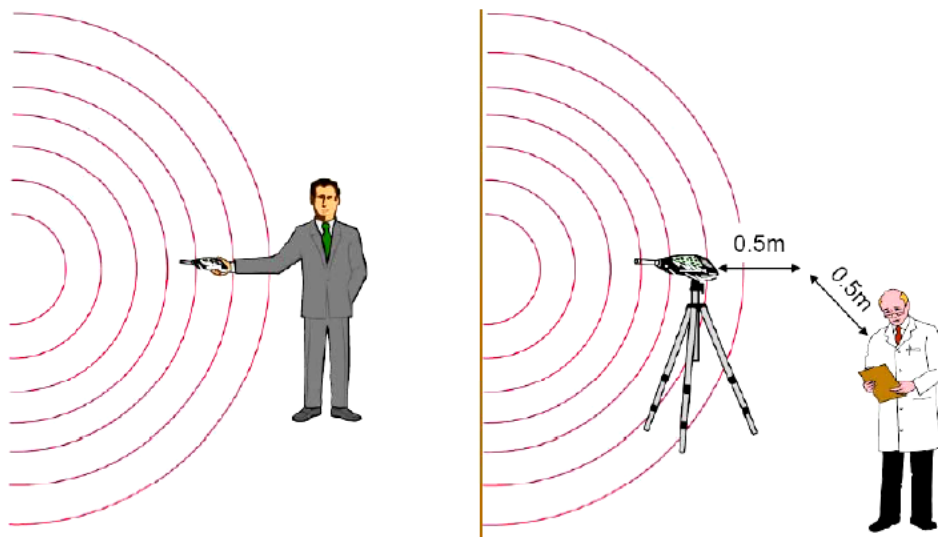
Slika 3.2.3. Položaj mikrofona u prostoriji

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 3.2.4).



Slika 3.2.4. Utjecaj operatora na mjerenje

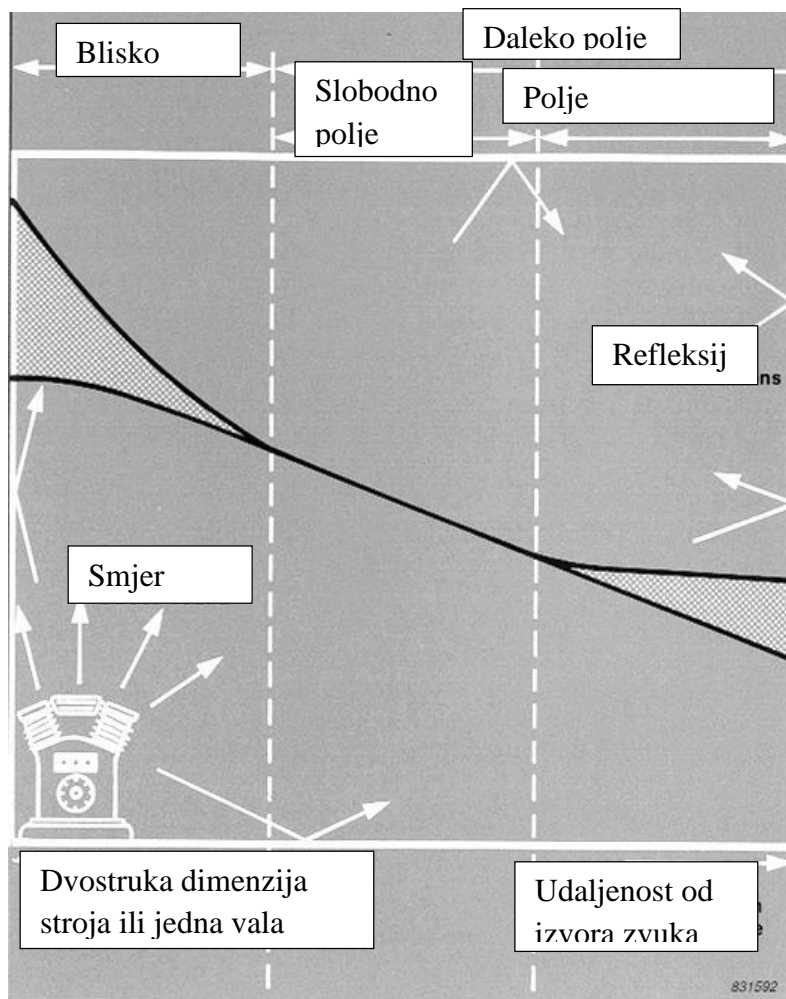
5. Položaj operatora u odnosu na izvor zvuka poželjan je kako je prikazano na Slici 3.2.5.



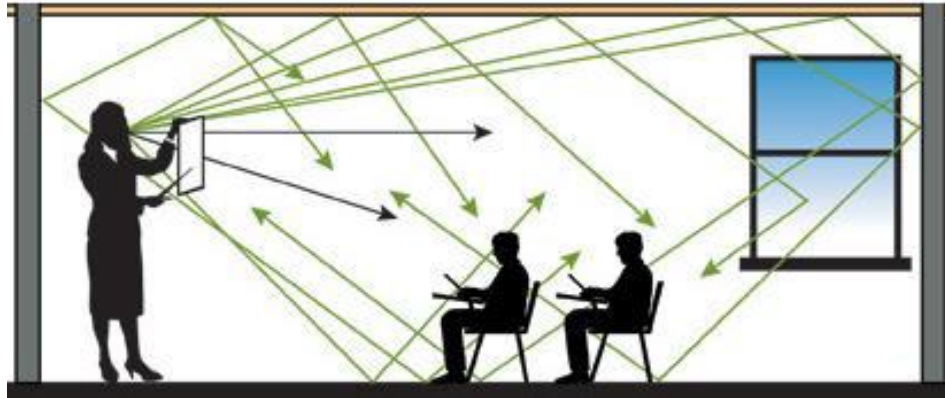
Slika 3.2.5. Položaj operatora

6. Kod mjerenja u realnim, stvarnim, uvjetima otežano je određivanje položaja instrumenata pri mjerenju buke izvora, pa se primjenjuje pravilo (Slika 3.2.6):

- 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 3.2.7.



Slika 3.2.6. Mjerenje u stvarnoj prostoriji



Slika 3.2.7.Mjerenje direktne i reflektirane buke

7.Postupak određivanja ukupnog nivoa buke iz više izvora provodi se sljedećim redoslijedom:

- a) izmjeriti nivo buke svakog izvora,
- b) naći razliku ta dva izvora,
- c) razliku nanijeti na apscisu i podići vertikalnu na korekcijsku krivulju,
- d) očitano vrijednost korekcije pribrojiti većem nivou buke.

2.3. Značajke uređaja za mjerenje buke

Instrumenti za mjerenje buke odnosno zvuka se nazivaju zvukomjeri.

Konstruiran je tako da prima zvuk približno na isti način kao ljudsko uho i da daje objektivna, reproducibilna mjerenja razine zvučnog tlaka.

Osnovna veličina koju mjerimo kod buke je razina zvučnog tlaka.

Područje zvučnih tlakova koje zamjećuje ljudsko uho je veliko pa je uvedena logaritamska tablica prikazivanja tog tlaka.

Druga osnovna veličina buke je frekvencija titranja.

Područje frekvencija je od 20Hz do 20kHz, moguće je podijeliti na frekvencijske intervale ili opsege.

U praksi se to postiže s elektroničkim filterima, koji se ugrađuju u zvukomjere a koji odbacuju zvukove s frekvencijama izvan odabranog frekvencijskog intervala. Frekvencijski intervali imaju širinu bilo jedne oktave ili 1/3 oktave.

Mjerenjem razine zvučnog tlaka ne dobivamo veličinu koja odgovara subjektivnom osjetu buke. Da bi se to izbjeglo, zvukomjeri imaju ugrađene elektroničke krugove kojih osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao i uho čovjeka, tako stimulirajući jednak krivulje glasnoće. Rezultat ovoga su tri različito standardizirana korekcijska filtera A-B-C, te također postoji i četvrti korekcijski filter –D.

Filter-A,

mjeri signal na način koji je obrnuto proporcionalan krivulji glasnoće kod niske razine zvučnog tlaka.

Filter-B,

Odgovara krivulji glasnoće kod srednje razine zvučnog tlaka

Filter-C,

Je u stvari linearan od 30 do 8.000Hz

filter-D, je namjenjen za mjerenje buke zrakoplova.

Zato se danas najviše koristi korekcijski filter-A, budući da namjena na filteru B i C ne odogovaraju subjektivnom osjetu buke zato što su izrađeni za čisti ton, a buka se gotovo uvijek sastoji od složenih tonova.

Većina buke koja se želi izmjeriti ima promjenjivu raznu. Pri mjerenju želja nam je mjeriti ove promjene što je moguće točnije. Zato su standardizirane dvije brzine detekcije odaziva, označene kao-F(brzo) i S(sporo).

Premda je niži osjećaj glasnoće buke koja traje kratko od buke koja traje kontinuirano, rizik oštećenja sluha nije manji. Iz toga razloga neki zvukomjeri sadrže krug za mjerenje vršne vrijednosti (peak) zvuka, neovisno o trajanju zvuka.

Budući da je zvuk oblik energije, potencijalno oštećenje sluha u određenom zvučnom polju neće ovisiti samo o razini zvuka već i o duljini trajanja.

Primljenu energiju je lako odrediti za konstantu razinu zvuka. Ako je razina zvuka promjenjiva, mjerenje se mora ponavljati tijekom određenog razdoblja promatranja.

Na temelju ovih uzrokovanja moguće je izračunati vrijednost pozantu kao **ekvivalentna neprekidna razina zvuka (Leq)**.

U prikazu slike 3.3, moderni uređaj sa displejem cijene trenutno oko 5500kn

Extech SDL600 uređaj za mjerenje razine zvuka s ugrađenim zapisivačem podataka, mjerac buke 31.5 - 8000 Hz IEC EN 61672-1 Klasse Tehnički podaci;

Dimenzija proizvoda, visina	48 mm
Dimenzija proizvoda, širina	73 mm
Dimenzije proizvoda, dužina	250 mm
Kalibriran po	Tvornički standard (vlastiti)
Kalibriranje moguće prema	ISO
Rezolucija zvuka	0.1 dB
Težina	428 g



Slika 3.3.Extech SDL600 uređaj za mjerenje razine zvuka

4.PRIMJENA MJERA ZAŠTITE OD BUKE U RADNOM I ŽIVOTNOM OKOLIŠU

4.1. Općenito

Ovdje je potrebno predstaviti neke od brojnih metoda zaštite od buke sa praktičnim primjerima koji ih čine.

Ovo je također u vezi i sa činiteljima koji utječu na nastajanje buke i njeno širenje u materijalima, strukturama i prostorijama.

Buku najprije treba ograničiti na njenom izvoru, nakot toga treba otkriti uzrok buke.

Opisane metode najčešće koriste metodu smanjenja buke direktno na izvoru. Većina metoda ima ograničen prostor na kojem bi trebalo djelovati, a također ne mogu se primijeniti u svakoj mogućoj situaciji.

Buka može biti uzrokovana i velikim brojem činilaca a detaljna mjerenja su često potrebna i prije odluke koja metoda stišavanja bi najbolje odgovara danoj situaciji. Obično nije dovoljno upotrijebiti samo jednu od metoda za smanjenje buke, da bi se postigao željeni rezultat potrebno je upotrijebiti više metoda.

Zvučna snaga koju zrači neki stroj ili uređaj najvažnije je njegovo akustičko svojstvo.

Mjerenjem razine zvučne snage i deklariranjem emisije buke;

*dobivaju se potrebne informacije za usporedbu i izbor strojeva i uređaja različitih proizvođača.

*može se procijeniti razina buke u bilo kojoj prostoriji ili na radnome mjestu koju uzrokuju strojevi i uređaji.

*može se ocijeniti dosegnuto stanje tehnike u sprečavanju nastajanja buke za određenu vrstu strojeva i uređaja.

Prema Zakonu o zaštiti od buke, Narodne Novine, br20/03, strojevi i uređaji moraju imati označenu razinu zvučne snage koju emitiraju.

Područje mjerenja i deklariranja emisije buke uređeno je i velikim brojem propisa i normi.

4.2. Zaštita od buke u stambenim jedinicama

Prilikom samog idejnog projekta i kasnije glavnog te izvedebenog projekta potrebne se pridžavati sljedećih kriterija a to su zakoni i pravilnici;

Zaštite od buke u Republici Hrvatskoj:

- Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja na okoliš (NN 46/02);
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/07);
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09);
- Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (NN 05/07);
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04);
- Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07);
- Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (NN 91/07);
- Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (NN 91/07);
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN46/08).

Zaštita od buke

HZN / TO 43 – Akustika / Akustika u zgradarstvu

HRN EN 12354 - Akustika u zgradarstvu - Procjena akustičkih svojstava zgrada izakustičkih svojstava elemenata

1. dio: Zračna zvučna izolacija između prostorija
2. dio: Udarna zvučna izolacija između prostorija
3. dio: Zračna zvučna izolacija od vanjskog zvuka
4. dio: Prijenos zvuka iznutra prema van
5. dio: Razine zvuka od servisne opreme
6. dio: Zvučna apsorpcija u zatvorenim prostorima

Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN 76/07)

bitni zahtjevi za građevinu;

*Mehanička otpornost i stabilnost

*Zaštita od požara

*Higijena, zdravlje i zaštita okoliša

*Sigurnost u korištenju

*Zaštita od buke

*Ušteda energije i toplinska zaštita

Građevina mora udovoljavati ovim zahtjevima u predviđenom roku svog trajanja uz redovnu uporabu i održavanje.

Zahtjeve zaštite od buke treba uvažavati kod:

* izbora lokacije zgrade,

* projektiranja i određivanja elemenata zgrade,

*izvedbe.

Elaborati u glavnom projektu građevine:

*Elaborat akustičkih svojstava građevine

* Elaborat zaštite od buke

Za zaštitu od buke treba osigurati:

- zaštitu od vanjske buke,

- zaštitu od zračne i udarne buke unutar zgrade,

- zaštitu od buke ugrađene opreme u zgradi,

- zaštitu okoliša od buke za zgradu vezanih izvora buke,

- zaštitu od buke povećane odječnosti.

Zaštita od vanjske buke

Na lokaciji planirane gradnje potrebno je izmjeriti postojeću razinu buke ili koristiti podatke iz karte buke.

- buka industrije i zanatstva,
- buka prometa (cestovnog, tračničkog, zračnog),
- buka drugih izvora.

Dokazati da nivo buke u zatvorenim boravišnim prostorima odgovara vrijednostima propisanim Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN br. 145/04).

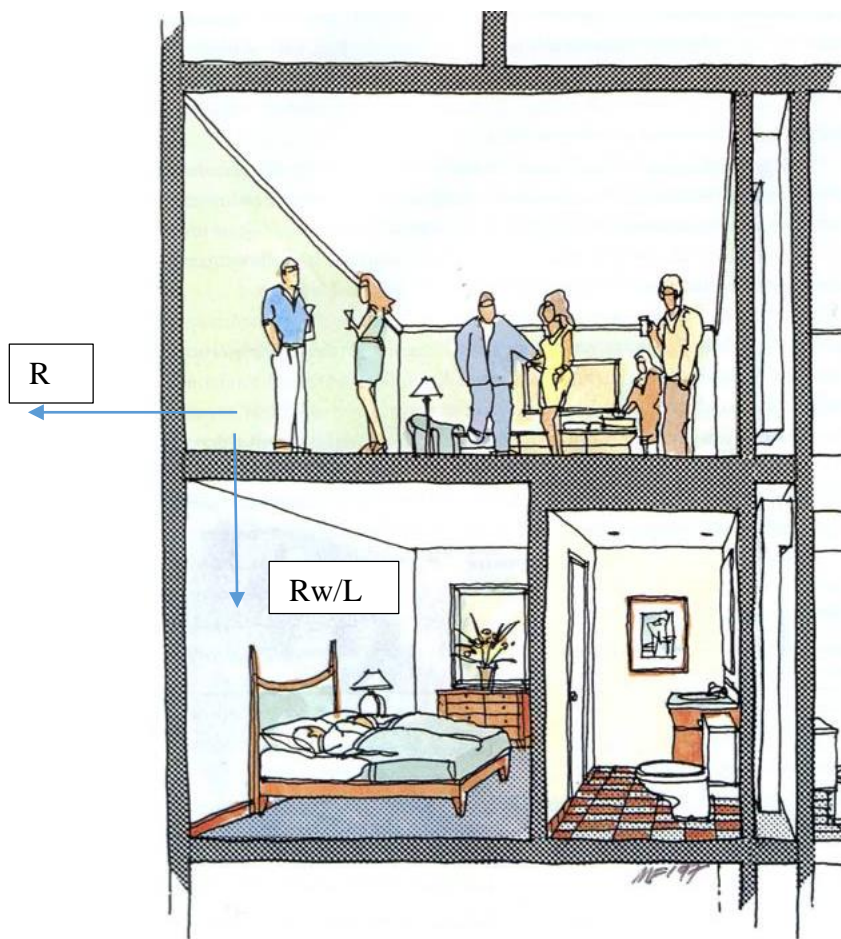
Zaštita od zračne i udarne buke unutar zgrade

Minimalne vrijednosti zvučne izolacije R_w i maksimalne vrijednosti nivoa zvukaudara L_w propisane su normom HRN U.J6.201/89.(Slika 4.2.2.)



Figure 18.1 Various noise sources that affect housing.

Slika 4.2.1. Primjer izvora buke na objektu.



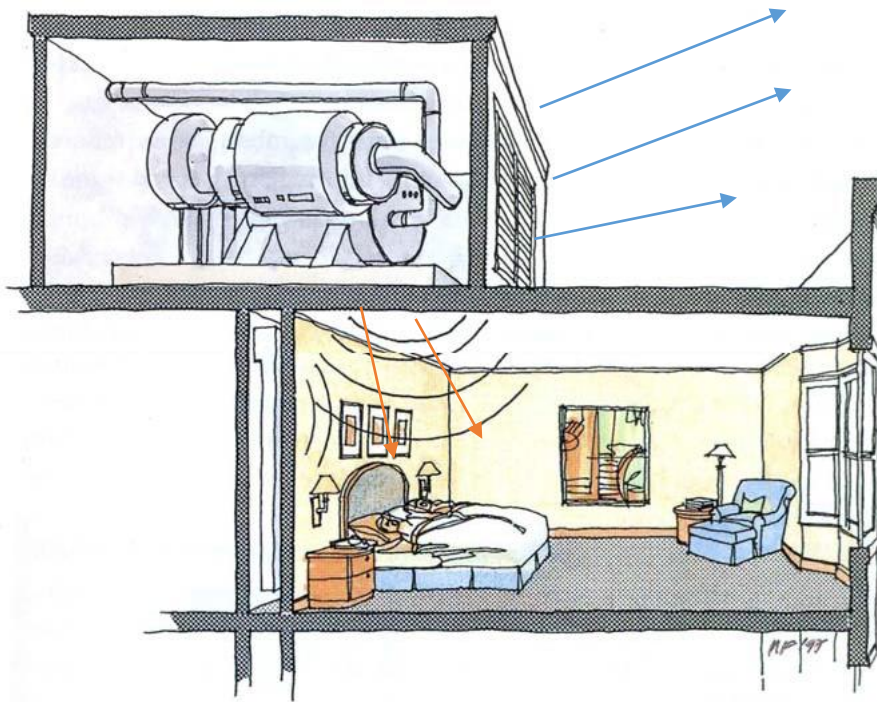
Slika 4.2.2. Zaštita od zračne i uradne buke unutar zgrade

Zaštita od buke ugrađene opreme i uređaja u zgradi

Servisni uređaji i oprema u zgradi: uređaji i oprema za dovod i odvod vode, uređaji za zagrijavanje, ventilaciju, klimatizaciju, dizala, vrata na motorni pogon.

Ugrađeni elementi koji proizvode buku i vibracije moraju biti projektirani i ugrađeni na način da ne ometaju bukom boravišne prostore zgrade iznad dopuštenih vrijednosti.

Buka ovih uređaja ovisi o karakteristikama samog uređaja ali i o njihovoj pravilnoj izvedbi i ugradnji. (Slika 4.2.3.)



Slika 4.2.3. Zaštita od buke ugrađene opreme i uređaja u zgradi

Zaštita okoliša od buke za zgradu vezanih izvora buke

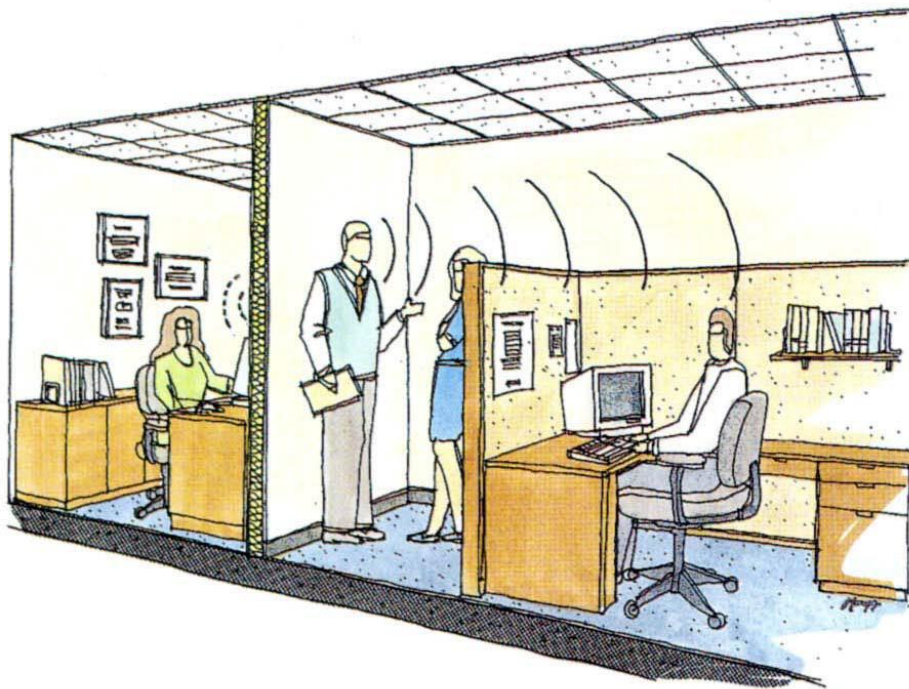
Strojevi i uređaji u/na zgradi ili u vezi sa zgradom, kao i predviđena djelatnost u poslovnim i proizvodnim zgradama ne smije ometati bukom ljude u boravišnim prostorijama u samoj zgradi i u okolnim zgradama.

Primjer vidljiv na slici 4.2.3. plavom bojom označeno.

Zaštita od buke povećane odječnosti

Zaštitu od buke koja nastaje zbog prekomjerne odječnosti, a da bi se osigurala dovoljna razumljivost govora, treba provoditi npr. u radnim prostorijama svih vrsta i veličina, uredskim prostorijama, prostorijama za odmor, predavaonicama i hodnicima obrazovnih institucija kao i prostorijama dječjih vrtića, gimnastičkim dvoranama, sportskim dvoranama, zatvorenim bazenima, itd.

Korištenje zvuko-apsorbirajućih obloga kako bi se postiglo odgovarajuće vrijeme odjeka prostorije ovisi o njenoj namjeni. (Slika 4.2.4.)



Slika 4.2.4. Zaštita od buke povećane odječnosti

Zahtjevi za zaštitu zgrada od buke

Projektom se predviđa zaštita zgrada od buke koja može biti

- a) minimalna,
- b) povećana.

Normom su navedeni zahtjevi za **minimalnu zaštitu** od buke koja u boravišnim prostorijama, kod uobičajenog korištenja, pruža ljudima dovoljnu zaštitu.

Povećana zaštita postoji kada je zahtjev za zaštitu od buke veći od normom propisanog minimalnog zahtjeva.

NAPOMENA:

Unatoč ispunjenju minimalnih zahtjeva može zbog ponašanja korisnika nastati u zgradi smetajuća buka koja se širi kao zračni, udarni ili ostali strukturni zvuk u tuđe stanove ili radne prostorije i tamo se čuje, osobito na lokacijama sa niskom razinom buke okoliša. Poboljšanju može doprinijeti samo uzajamna obazrivost kroz izbjegavanje neprimjerene smetajuće buke kao i pridržavanje vremena mirovanja.

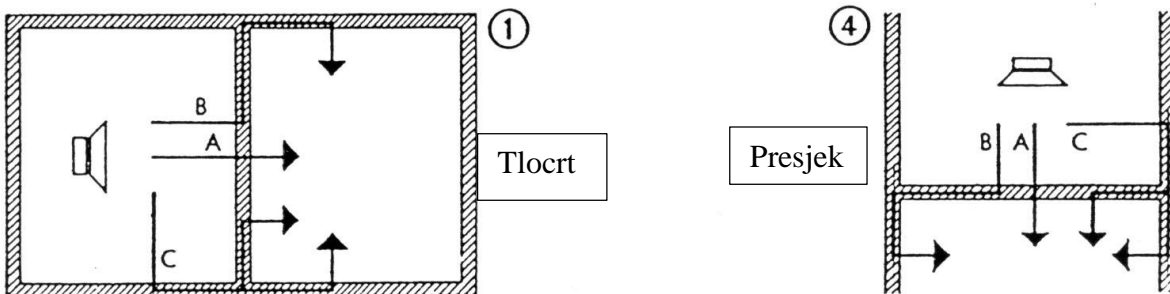
Zahtjevi minimalne vrijednosti zvučne izolacije i maksimalne vrijednosti razine udarnog zvuka (prema normi **HRN U.J6.201**):

Zvučna izolacija pregrade

U slučaju dviju susjednih prostorija razlikuju se dva puta prenošenja zvuka iz predajne u prijemnu prostoriju:

- direktni put (preko zajedničkog dijela pregrade),
- bočni put (uzduž bočnih zidova, međukatnih konstrukcija, instalacijskih kanala, ...).

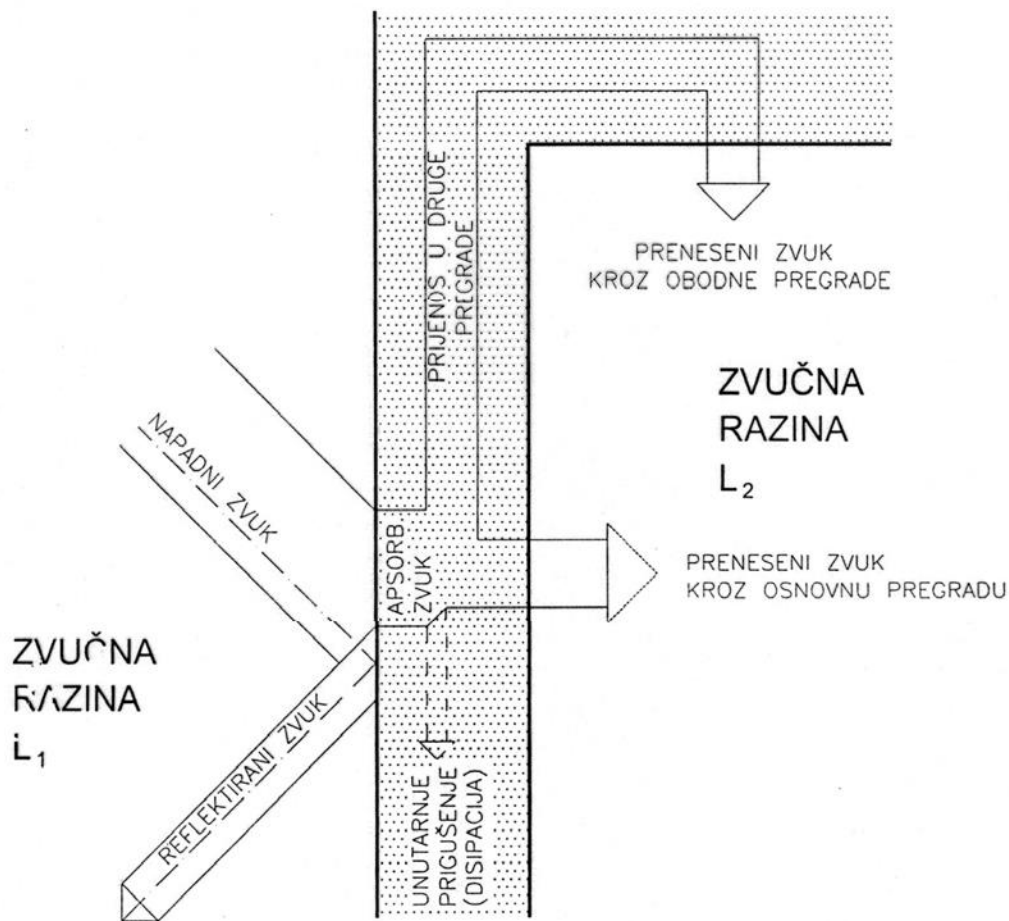
Primjer dan na slici 4.2.5.



Slika 4.2.5. Zvučna izolacija pregrade

Energija zvučnog vala(Slika4.2.6.) koji udari u pregradu između predajne i prijemne prostorije se:

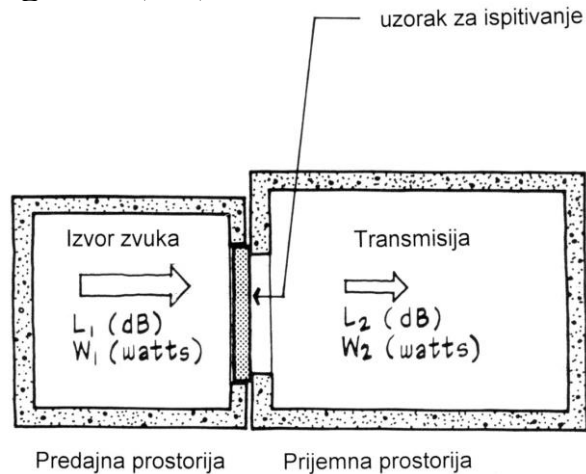
- djelomično reflektira i vraća natrag u predajnu prostoriju,
- dijelom se predaje pregradi koja zbog toga počne vibrirati,
- dio energije vibriranja se vraća natrag u predajnu prostoriju,
- manji dio vibriranja širi se uzduž pregrade na susjedne pregrade,
- preostali dio energije zrači pregradna stijena u prijemnu prostoriju.



Slika 4.2.6.Energija zvučnog vala

Indeks zvučne izolacije - R (zvučna izolacija pregrade)

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log^* S/A(dB)$$



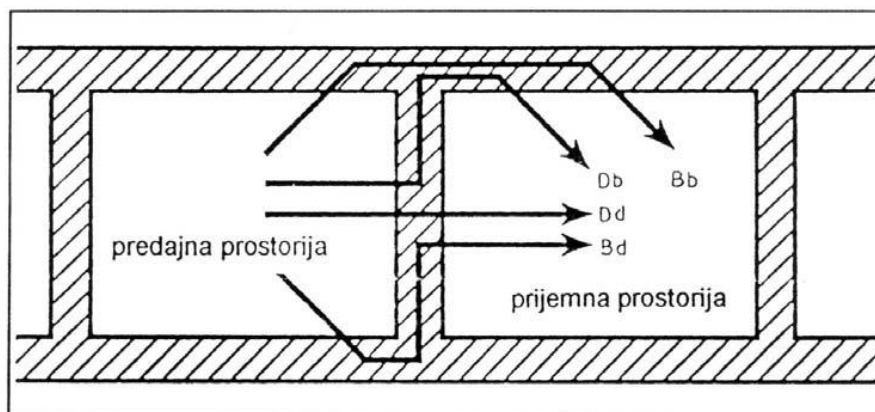
Zvučna izolacija pregrade određuje se mjerenjem u laboratoriju bez bočnih putova prijenosa buke (R) ili mjerenjem na građevini (R') u frekvencijskim pojasevima od 1/3 oktave (terce) od 100 - 3150 Hz.

Propisi o minimalnoj zvučnoj zaštiti:

- koju zvučnu izolaciju ima građevni element,
- koja zvučna zaštita postoji između dvije prostorije.

Ovo se smatralo identičnim - mislilo se da je zvučna izolacija između dvije prostorije određena zvučnom izolacijom razdjelnog građevnog elementa. Zvuk iz prostorije u prostoriju ne prolazi samo kroz razdjelnu pregradu tj. razdjelni građevni element već prolazi i bočnim građevnim elementima. (Prilog 1)

Prilog 1



Zvučna zaštita između dvije prostorije opisana razlikom između razina emisije i imisije
(Slika 4.2.6.) $D = L1 - L2$

Nakon mnogih provjera odabrana je kao najprikladnija veličina za opisivanje zvučne zaštite između prostorija **standardna razlika razina**.

$$DnT = D + 10 \lg *T/T_0$$

Zahtjevi za određenu zvučnu zaštitu izražavaju se u vrednovanim standardnim razlikama razina DnT,w .

Iskustva u primjeni DnT,w su nadmašila očekivanja:

- najveća prednost u činjenici da se izolacija građevnih elemenata i zvučna izolacija između prostorija označavaju različitim slovima, pa je projektantima postalo jasno da to nije jedno te isto.

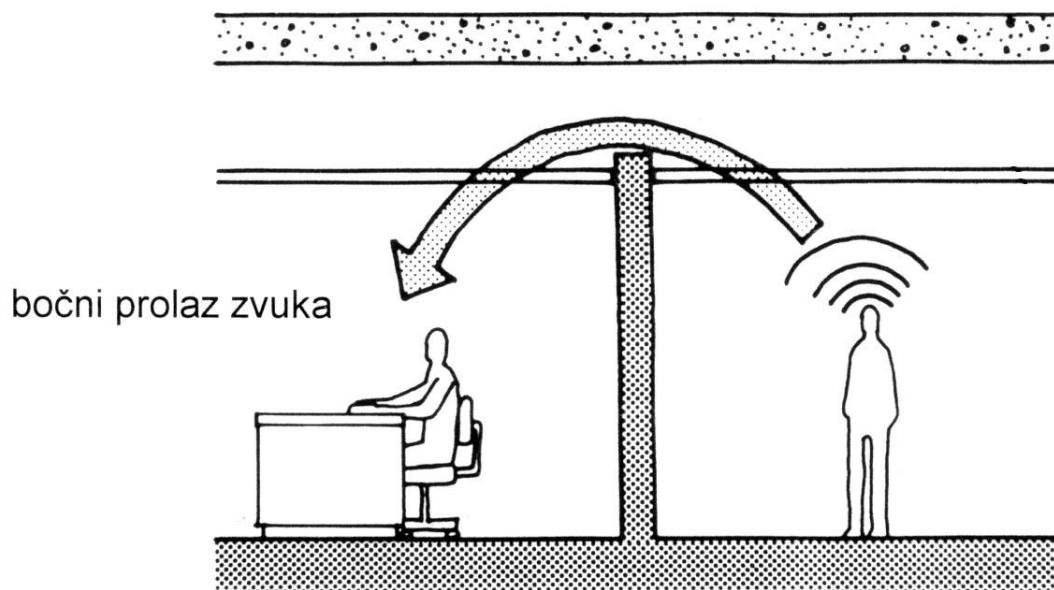
- pokazalo se opravdanim zadržati postojeće kriterije za propisane vrijednosti indeksa zvučne izolacije i za razlike razina.

Kako indeks zvučne izolacije na gradnji i standardna razlika razina stoje međusobno u čvrstom odnosu, može ih se lako preračunati (npr. HRN EN ISO 140 – 4 i EN 12354 – 1) pa je u konačnici:

$$DnT = R' + 10 \lg V - 10 \lg S - 4,9$$

Postoji međutim razlika pri mjerenju u primjeni R' i DnT u slučaju kada su volumeni predajne i prijamne prostorije različiti. Kod mjerenja indeksa zvučne izolacije, uz difuzno zvučno polje, smjer mjerenja nije bitan. Kod mjerenja standardne razlike razina, mjerenje ovisi o smjeru. Da bi se bilo na sigurnoj strani, veća prostorija mora pri mjerenju biti predajna a manja prijamna. (Prilog 2.)

Prilog 2. Prijenos zvuka između dva prostora kroz prostor spuštenog stropa



5.MJERENJE I ZAŠTITA OD BUKE U PROIZVODNOM PROSTORU NA PRIMJERU PODUZEĆA MURAPLAST d.o.o.

Istraživanje razine buke izvršeno je u poduzeću za proizvodnju i preradu plastičnih masa, **Muraplast d.o.o.**, Industrijska bb, Kotoriba. Cilj je bio utvrditi postoje li visoke razine buke u radnoj okolini (proizvodni pogoni, regeneracija i skladišta), te kolika je razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa širi u okolne prostore. Iz tog razloga, pristupilo se mjerenju unutarnje i vanjske buke.

5.1 Mjerenje unutarnje buke

Opći podaci;

Korisnik:	Muraplast d.o.o., Industrijska bb, Kotoriba
Lokacija:	Poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb
Mjerenje i ispitivanje: Objekt mjerenja:	Razina radne buke (dB(A)) <ul style="list-style-type: none">- Hala 1 - proizvodni pogon- Hala 2 - proizvodni pogon- Hala 3 - proizvodni pogon- Skladišta i regeneracija
Datum ispitivanja:	24.08.2015. godine
Uvjeti rada:	Uobičajeni režimi rada (uobičajeno odvijanje radnog procesa za vrijeme osmosatnog radnog vremena)
Mjerenje izvršio:	Marko Mlinarić

5.1.1. Primijenjeni propisi

1. Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14).
2. Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09).
3. Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08).
4. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).

5.1.2. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja

Mjerenje razine unutarnje buke izvedeno je preciznim zvukomjerom SVANTEK, SVAN 945A. Uređaj je u vlasništvu tvrtke Muraplast d.o.o., te služi za provjeru dopuštenih razina unutarnje (radne) buke. Ocjena ispitivanja razine buke u skladu je sa Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08). Ispitivanje razine buke na mjestima rada radnika u radnoj prostoriji, obavljeno je u visini slušnih organa radnika u vrijeme uobičajenog odvijanja radnog procesa.

5.1.3. Rezultati ispitivanja

Prema pravilima zaštite na radu, najviša dopuštena dnevna ili tjedna izloženost buci na radnom mjestu, s obzirom na oštećenje sluha, ne smije iznositi više od 85 dB(A). Prema tome, izmjerene razine buke više od 85 dB(A) *ne zadovoljavaju* pravila zaštite na radu, dok izmjerene razine buke manje od 80 dB(A) *zadovoljavaju* pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha. Izmjerene razine buke između 80 i 85 dB(A) zadovoljavaju pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha, no one su upozoravajuće i upućuju na poslodavca da na tim mjestima poslodavac izradi i provode program tehničkih i/ili organizacijskih mjera koje imaju za cilj smanjiti izloženost buci (Tablica 5.1).

Tablica 5.1.

Razina buke	Ocjene mjerenja
> 85 dB(A)	Ne zadovoljava
80 - 85 dB(A)	Zadovoljava (upozoravajuća vrijednost)
< 80 dB(A)	Zadovoljava

Rezultati ispitivanja razine unutarnje buke (proizvodni pogoni, skladišta i regeneracija) prikazani su u Tablici 5.2., samo osnovni primjeri izdvojeni.

Tablica 5.2. Ispitivanje razine unutarnje buke

Redni br.	Oznaka mjesta ispitivanja	Opis posla	Izmjerena ekvivalentna razina buke L_{Aeq} dB(A)	Razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora	Ocjena mjerenja
1.	Mjerno mjesto 1	Konfekcioniranje vrećica	84,7	85	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
2.	Mjerno mjesto 2	Konfekcioniranje vrećica	84,2	85	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
3.	Mjerno mjesto 3	Konfekcioniranje vrećica	85,8	85	NE ZADOVOLJAVA
4.	Mjerno mjesto 4	Konfekcioniranje vrećica	85,7	85	NE ZADOVOLJAVA

Konfekcija;

Radiona održavanja;

5.	Mjerno mjesto 5	Poslovi održavanja	80,2	85	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
6.	Mjerno mjesto 6	Poslovi održavanja	79,8	85	ZADOVOLJAVA
7.	Mjerno mjesto 7	Poslovi održavanja	79,6	85	ZADOVOLJAVA
8.	Mjerno mjesto 8	Poslovi održavanja	80,1	85	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
9.	Mjerno mjesto 9	Uredski poslovi	80,5	85	ZADOVOLJAVA - upozoravajuća vrijednost
9.a	Mjerno mjesto 9.a	Uredski poslovi	53,8	65	ZADOVOLJAVA

5.1.4. Analiza rezultata i rješenje

Mjerenje razine buke izvedeno je u proizvodnom procesu za vrijeme osmosatnog radnog vremena. Zvukomjerom SVANTEK, SVAN 945A izmjerene su ekvivalentne razine buke L_{Aeq} u dB(A). Analizom ekvivalentne razine buke na 52 mjerna mjesta utvrđeno je da se ona kreće između 53,3 i 85,8 dB(A); gdje je na mjernom mjestu 51 (Skladište 2) izmjerena najmanja razina buke od 53,3 dB(A), dok je na mjenom mjestu 3 (Konfekcioniranje vrećica) izmjerena najviša razina buke i to 85,8 dB(A).

Prema pravilima zaštite na radu, najviša dopuštena dnevna ili tjedna izloženost buci na radnom mjestu, s obzirom na oštećenje sluha, ne smije iznositi više od 85 dB(A). Dakle, izmjerene razine buke više od 85 dB(A) **ne zadovoljavaju** pravila zaštite na radu, s obzirom na oštećenje sluha.

Rješenje:

Na radnim mjestima, gdje razina buke ne prelazi 85 dB(A), preporuča se upotreba osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu od buke, dok je na radnim mjestima, gdje razina buke prelazi 85 dB(A), upotreba zaštitnih sredstava za zaštitu sluha obavezna.

Ovisno o intenzitetu buke pripisuju se odgovarajuća zaštitna sredstva:

- kod buke do 75 dB(A) koristi se zaštitna vata,
- kod buke iznosa do 85 dB(A) koriste se čepići, i
- kod buke jačine do 150 dB(A) koristi se ušni štitnik (antifon).



Slika 5.1. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha - antifon, čepići za uši (plastični, silikonski, spužvasti)

5.2. Mjerenje vanjske buke

Mjerenje vanjske buke provedeno je prema zapisniku o izvršenom mjerenju buke. Mjerenje je provelo poduzeće *Međimurje ZAING d.o.o.* koje je ovlašteno za obavljanje mjerenja i predviđanja buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave rješenjem Ministarstva zdravstva. Zapisnik o izvršenom mjerenju nalazi se u Prilogu br. 2.

Opći podaci;

Korisnik:	Muraplast d.o.o., Industrijska bb, Kotoriba
Lokacija:	Poslovni i proizvodni prostori - Kotoriba, Industrijska zona bb
Mjerenje i ispitivanje:	Razina buke koja se pri uobičajenom obavljanju radnog procesa širi u okolne prostore (dB(A))
Datum ispitivanja:	24.08.2015. godine (dnevni i noćni uvjeti - mlin je radio), 29.08.2015. godine (dnevni i noćni uvjeti - nije radio mlin)
Meteorološki uvjeti:	Meteorološki uvjeti su bili takvi da nisu imali utjecaja na rezultate mjerenja: bez jačeg vjetera i padalina
Mjerenje izvršio:	Marko Mlinarić

5.2.1. Primijenjeni propisi

1. Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09).
2. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).
3. Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07).

5.2.2. Mjerna oprema kojom su izvršena mjerenja

Mjerenje razine vanjske buke izvedeno je zvukomjerom TESTO 815 (Slika 5.3). Uređaj je u vlasništvu tvrtke Muraplast d.o.o., te služi za provjeru dopuštenih razina vanjske (okolišne) buke. Ocjena ispitivanja razine buke u skladu je sa Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04).



Slika 5.3. Zvukomjer TESTO 815

5.2.3. Opis prostora, položaja izvora buke i mjernih mjesta

Na lokaciji u industrijskoj zoni Kotoriba nalaze se poslovni i proizvodni prostori poduzeća Muraplast. U ograđenom krugu poduzeća nalaze se četiri izdvojene građevine - tri proizvodno poslovne i jedna pretežito skladišna. Cjelokupna proizvodnja - proizvodnja plastičnih folija sa štampom i konfekcioniranjem odvija se u zatvorenom prostoru.

U krugu poduzeća odvija se živ unutarnji i vanjski transport - naročito u dnevnim uvjetima. Pritom se koriste viličari i kamioni. Od izvora u vanjskom prostoru bitno je spomenuti ventilatore na vanjskim zidovima hala.

Izvodom iz katastra dobiveni su podaci o lokaciji (položaju) objekata poduzeća, te susjednih objekata. Lokacija sa zapadne strane graniči sa parcelom stolarske radionice Željko Škoda.

Na istočnoj strani cijelom dužinom parcele su prostori mlina JULIA. Sa sjeverne strane je parkiralište i pristupna prometnica. Preko puta su poljoprivredne površine i poslovni objekt u izgradnji. S južne strane su većinom poljoprivredne površine, dok su na jugoistočnom i jugozapadnom uglu parcele stambeni objekti - granica sa stambenom zonom.

Budući da zbog prirode proizvodnje (izvlačenje plastične folije) ista nije mogla biti prekinuta, nije izvršeno mjerenje bez uključenih izvora buke. S obzirom da je poduzeće na predmetnoj lokaciji 26 godina, kao kriterij su uzete dozvoljene razine buke za industrijsku zonu - na granici s poslovnim subjektima, a za stambene objekte za poslovnu stambenu zonu sa pretežito stambenim objektima.

Bitno je napomenuti da je susjedni mlin jači izvor buke, te je za mjerna mjesta 4 i 5 izvršeno dnevno i noćno mjerenje, kada mlin nije radio, kako bi se utvrdio utjecaj buke mlina na razinu na tim lokacijama.

Izvori buke:

- buka mlina JULIA,
- promet na prometnicama oko lokacije i na željezničkoj pruzi sjeverno od lokacije.

5.2.4. Rezultati ispitivanja

Izmjerene su razine buke na izvoru, te na granici parcele (kod ograde) i kod najugroženijih stambenih objekata pri uobičajenom odvijanja radog procesa. Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 5.3.

Tablica 5.3. Razine buke na izvoru/granici parcele

Mjerno mjesto / prostor	Razina buke pri radu ispitivanih izvora buke L_{RAeq} u dB(A) dan/noć	Dopušteno dan/noć (NN 145/08)	Napomena
Mjerno mjesto 1 (kod ograde na sjeveroistočnom uglu parcele)	64/59,2	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 3 (granica parcele - ograda prema stolarskoj radionici)	54,4/52,4	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN RADI)	57,6/53,1	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN NE RADI) II	47,5/46,2	55/45	NE ZADOVOLJAVA ZA NOĆNE UVJETE
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN RADI)	46,2/45,6	55/45	NE ZADOVOLJAVA ZA NOĆNE UVJETE
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN NE RADI) II	45,8/43,5	55/45	ZADOVOLJAVA

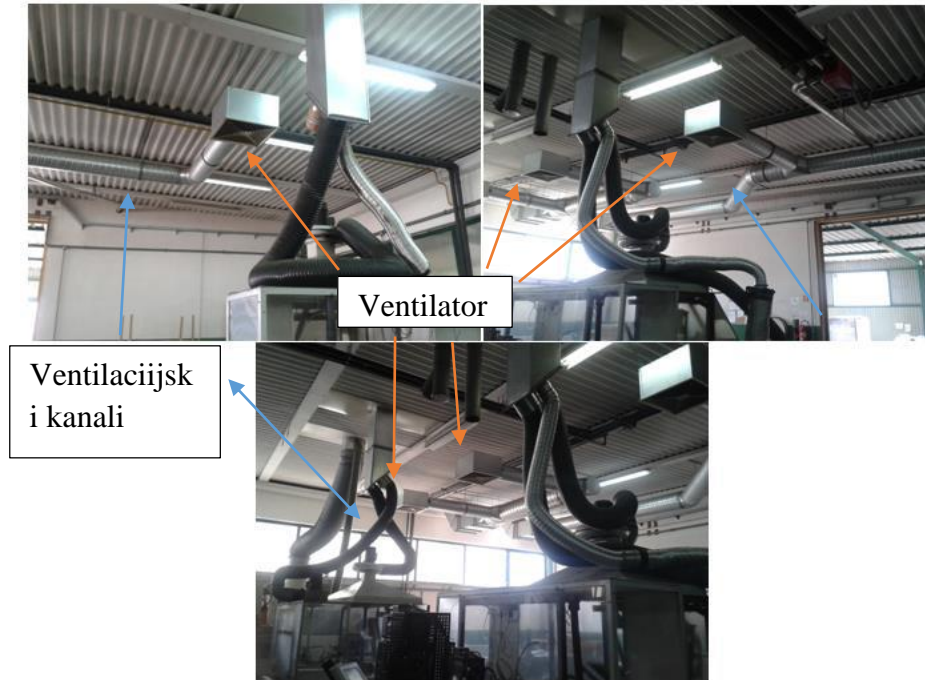
5.2.5. Analiza rezultata i rješenje

Iz mjerenja je vidljivo da razine izmjerene na granicama parcele - prema poslovnim susjedima ne prelaze maksimalno dozvoljenih 80 dB(A) - zapravo kod izvora buke na vanjskom prostoru nije zabilježena veća vrijednost od 70 dB(A). Na mjernom mjestu 5 dominantna je buka mlina, te je za kontrolu izvršeno mjerenje kada mlin nije radio.

Na mjerom mjestu 4 također je izvršeno mjerenje kada mlin nije radio, iz razloga, jer su na tom mjestu za vrijeme rada mlina izmjerene veličine buke koje ne zadovoljavaju noćne uvjete. Mjerenjem kada mlin nije radio, ispostavilo se da izmjerene veličine buke **ne zadovoljavaju noćne uvjete**. Razine bez uključenih izvora u proizvodnji nisu mogle biti izmjerene zbog prirode proizvodnje, koja se gasi samo prilikom generalnih remonta zbog problema u slučaju prekida izvlačenja folije na ekstruderima.

Rješenje:

Na mjernom mjestu 4 povišenu razinu buke uzrokuje postrojenje za konfekcioniranje vrećica iz HALE 1. Razlog tome je i činjenica da se prilikom unutarnjeg mjerenja razine buke, na tom mjestu zabilježila najveća razina buke od 85,8 dB(A). Buka u postrojenju za konfekcioniranje vrećica nastaje zbog bučnih strojeva, te se širi u ventilacijske kanale. Da bi se buka utišala dodat će se prigušivač u ventilacijskom sustavu. Ako se smanjenje buke održava kada u ventilacijskim cijevima postoji određen broj promjena oblika i ogranaka, moguće je postići poželjno ograničenje razine zvuka na ispušnom otvoru, iako se ventilatori ne mogu dovoljno utišati na samom izvoru (Slika 5.4). Apsorpcijski materijal (staklena vuna debljine 5 cm obložena filcom, kako bi se spriječilo odnošenje čestica materijala zračnom strujom), stavlja se u apsorpcijski prigušivač zvuka, čime se sprječava pojava dodatne buke, a postignut je i bolji protok zraka kroz postrojenje (Slika 5.5).



Slika 5.4. Ventilacijski sustav u postrojenju za konfekcioniranje vrećica (HALA 1)



Slika 5.5. Apsorpcijski prigušivač zvuka



Slika 5.6. Ispušni otvor

Nakon postavljanja apsorpcijskih prigušivača zraka u postrojenju za konfekcioniranje vrećica (HALA 1), provedeno je ponovno mjerenje vanjske buke, dana 04.09.2015. godine (mlin je radio), te dana 05.09.2015. godine (mlin nije radio).

Ponovnim mjerenjem je ustanovljeno da je na mjernom mjestu 4, razina buke u noćnim uvjetima pala ispod 45 dB(A), prikazano u tablici 5.4.

Tablica 5.4 Ponovljeni rezultati ispitivanja vanjske buke

Mjerno mjesto / prostor	Razina buke pri radu ispitivanih izvora buke L_{RAeq} u dB(A) dan/noć	Dopušteno dan/noć	Napomena
Mjerno mjesto 1 (kod ograde na sjeveroistočnom uglu parcele)	63,8/58,9	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 3 (granica parcele - ograda prema stolarskoj radionici)	55,2/51,3	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN RADI)	56,9/54,2	80	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 4 (prostor ispred stambenog objekta k. br. 53 - MLIN NE RADI) II	48,4/44,3	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN RADI)	45,8/43,6	55/45	ZADOVOLJAVA
Mjerno mjesto 5 (kod ograde na jugoistočnom uglu parcele - MLIN NE RADI) II	46,4/42,8	55/45	ZADOVOLJAVA

6.ZAKLJUČAK

U današnjem dobu kada nam prijete velika globalna problematika zagađenja i njenih produkata štetnosti po ljude i ljudski okoliš,kako radni tako i prorodno/stambeni.

Ljudi su postali svjesni svih izvora štetnosti i kako se protiv istih uspješno boriti te ih sanirati na najjednostavniji i brži način te što efikasniji.

Stoga jedan veliki segment te štetnosti je i predmet ovog rada,buka kao takova.

Ovdje je u ovom radu izvedeno jedan dio segmenta cijelog stručnog,analitičkog i tehničkog aspekta buke i borbe za njenju smanjenje i dovođenje u razinu podnošljivu za ljude.

Možemo reći,buka je jedan od glavnih psihofizičkih incijatora problema kod ljudi i danas je raširena u gotovo sve urbano-industrijalizirana područja kako kod nas,tako i u svjetskim okvirima,pogotovo je to izraženo u razvijenim zemljama i područjima.

Iz svega ovdje navedenog,kroz analizu doveden je zaključak da se buku uspješno može minimalizirati prilikom projektiranja,adaptiranja bilo životnog bilo radnog prostora oko nas.

Uz pomoć državne regulative i tehnološkog napredka buka je apsolutno je moguće staviti pod razumnu kontrolu,ali njoj se treba posvetiti potrebnu pažnju i izdvojiti određena financijska sredstva.

Uz sve navedeno,ljudi koji nebi bili toliko zagađeni i opterećeni bukom bi generalno bili produktivniji kao pojedinci u državnoj zajednici te u radnoj okolini također,što bi donjelo alulirani dio troškova uloženi u zaštitu i sprčavanje od zagađenja bukom.

U Republici Hrvatskoj,perspektiva postoji,regulative i smjernice kroz Zakon o zaštiti od buke te pravilnike koji ga reguliraju prema direktivama Europske unije koje smo stalni član a koja ima vrlo veliku senzibilnost na ovu vrst zagađenja i potencijalne zaštite.

Konkretno mogli smo vidjeti na primjeru analize i prijedloga zaštite od buke pri poduzeću Muraplast d.o.o.,da uz relativno male preinake i financijska ulaganja se može postići zadovoljavajuću učinak po radni i generalni okoliš u kojem igzistira navedena tvrtka.

Stoga je od velikog značaja,ljudska svijest o samoj problematici buke.

Ukoliko ona bude na zavidnom nivou,tehnička dostignuća su uvelika razvijena te će problematika biti uspješno izvedena na temu buke kako kod nas tako i u svjetskim razmjerima.

7.LITERATURA;

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

[2.] **Ingemansson, Stig. Zaštita od buke - Načela i primjena.** Zagreb : ZIRS - Zagreb, 1995. ISBN 953-96031-7-X.

[3.] **Zakon o zaštiti od buke pročišćeni tekst zakona NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16** na snazi od 10.05.2016[mrežno]

[4.] **Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08.**[mrežno]

[5.] **Marko Mlinarić, Mjerenje i zaštita od buke u proizvodnom prostoru na primjeru poduzeća muraplast d.o.o. 5081/601**[mrežno]

[6.] **dr. sc. Zoran Veršić, dipl.ing.arh., Stručno usavršavanje ovlaštenih arhitekata i ovlaštenih inženjera, XII. tečaj 10. i 11. veljače 2012.**[mrežno]

[7.] **Wikipedia.org**[mrežno]