

# Mjerenje buke u klesarskoj radnji

---

**Protulipac, Marko**

**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:128:979301>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-20**



**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**

**Smjer: Zaštita na radu**

**MARKO PROTULIPAC**

**MJERENJE BUKE  
U KLESARSKOJ RADNJI**

Završni rad

Karlovac, 2015.

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

**Stručni studij Sigurnosti i zaštite**

**Smjer: Zaštita na radu**

Marko Protulipac

**MJERENJE BUKE  
U KLESARSKOJ RADNJI**

Završni rad

Mentor:

Dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š

Karlovac, 2015.

Veleučilište u Karlovcu  
Stručni studij sigurnosti i zaštite  
Smjer: Zaštita na radu

Završni rad

Student: Marko Protulipac

**MJERENJE BUKE  
U KLESARSKOJ RADNJI**

Opis zadatka:

1. Štetno djelovanje buke
2. Zakonska regulativa o zaštiti od buke
3. Mjerenje buke u radnoj okolini klesarstva Roksandić
4. Mjerni instrumenti i osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke
5. Mjere zaštite od buke

Zadatak zadan:  
siječanj, 2015.

Rok predaje rada:  
ožujak, 2015.

Datum obrane rada:  
ožujak, 2015.

Mentor:

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr.sc Nikola Trbojević,prof. v.š.

Dr.sc. Zlatko Jurac,prof. v.š

## **Sažetak**

Buka je jedna od najistaknutijih fizikalnih štetnosti u radnoj okolini. Smanjenje buke postaje iz godine u godinu neodgodivim zadatkom, koji se postavlja pred široki krug stručnjaka iz različitih područja djelatnosti. Za mjerenje buke postoje normirane metode i propisi kojih se treba pridržavati i kriteriji za ocjenjivanje buke, te sofisticirani mjerni instrumenti kao što su zvukomjer, dozimeter i umjerivač. Istodobno se razrađuju sve pouzdanije metode predviđanja i proračunavanja razine buke, te metode i konstrukcije za zaštitu od buke. Završni rad opisuje štetno djelovanje buke u radnoj okolini i kako se buka u Hrvatskoj regulira Zakonom. Rad opisuje veličine koje se koriste pri mjerenju kao što su A-vrednovana razina zvučnog tlaka, ekvivalentna razina buke, ocjenska razina buke i razine izloženosti. Prikazuje kako se određuje izloženost buci pri radu, opisuje pristup mjerenju po koracima, definira različite strategije mjerenja kao što su mjerenja temeljena na radnim zadacima, mjerenja temeljena na radnim mjestima i cjelodnevna mjerenja, te daje smjernice za odabir odgovarajuće strategije mjerenja. Završni rad prikazuje postupak mjerenja u klesarskoj radioni Roksandić i analizu rezultata. U radu će se objasniti i izrazi kao što su gornja upozoravajuća granica izloženosti, donja upozoravajuća granica izloženosti, osobna zaštitna oprema za zaštitu sluha, mjerna nesigurnost i prikazati primjer mjernog izvještaja koji pokazuje podatke koji se moraju navesti kao što su opći podaci, analiza rada, mjerni instrumenti, mjerenja i rezultati. U zaključku će se rezimirati problem i pretpostavke njegova rješenja, a zatim i nabrojati mjere zaštite u klesarskoj radioni Roksandić.

## **Summary**

Noise is one of the most prominent physical agents in the work environment. Noise reduction is becoming every year urgent task, which is placed in front of a wide range of experts from different fields of activity. To measure the noise there are standardized methods and rules to be followed and criteria for assessing noise and sophisticated measuring instruments such as sound-level meter, dosimeter and calibrators. At the same time develop more reliable methods of predicting and calculating the noise level, and the methods and structures for protection against noise. The final work describes the harmful effects of noise in the work environment and to reduce noise in Croatia is regulated by the Law. This paper describes the size used in the measurement, such as A-weighted sound pressure level, the equivalent noise level, noise rating level and the level of exposure. Shows how to determine the noise exposure at work, describes the approach to measuring by-step, define different strategies measurements such as measurements based on work tasks, measurement-based workplaces and all-day measurements, and provides guidance for selecting appropriate strategies measurements. The final paper shows a method of measuring the stonemason's workshop Roksandic and analysis of results. This paper will explain the terms such as upper exposure action values, lower exposure, personal protective equipment for hearing protection, measurement uncertainty and show an example of a measurement report which shows the information that must be listed as general data, analysis of the work, measuring instruments, measurements and results. In conclusion will summarize the problem and its solution assumptions, and then list the protection measures in the stonemason workshop Roksandic.

## Sadržaj

1. UVOD.....	2
2. BUKA.....	7
2.1 Štetni učinci buke.....	7
2.1.1 Oštećenje sluha.....	8
2.1.2 Neauditivni učinci buke.....	11
2.1.3 Posljedice djelovanja buke.....	11
2.2 Veličine za izražavanje buke.....	12
2.2.1 A-vrednovana razina zvučnog tlaka.....	12
2.2.2 Ekvivalentna razina buke.....	12
2.2.3 Ocjenjska razina buke.....	13
2.2.4 Razina izloženosti buci.....	14
2.3 Prikaz zakonske regulative.....	15
2.4 Mjerenje buke.....	18
2.5 Osobna zaštitna oprema za zaštitu sluha.....	25
2.5.1 Vrste zaštitne opreme za zaštitu sluha.....	26
2.5.2 Metode za određivanje razine buke pri nošenju zaštitne opreme.....	28
2.6 Klesarstvo Roksandić.....	29
2.7 Mjerenje buke.....	31
2.7.1 Prikaz rezultata mjerenja buke.....	35
2.7.2 Analiza rezultata mjerenja.....	37
3. ZAKLJUČAK.....	38
4. LITERATURA.....	40
5. POPIS SLIKA.....	41
6. POPIS TABLICA I GRAFOVA.....	41

# 1. UVOD

Rad koji se obavlja kao organizirana i svjesna djelatnost čovjeka, osnovni je uvjet društvenog opstanka i napretka čovjeka. Radom se dakle ostvaruje odgovarajući cilj, a to je podmirenje materijalnih, kulturnih i drugih potreba čovjeka i društva u cjelini. Razvoj društva karakterizira prijelaz sa zanatske i manufakturne na industrijsku proizvodnju. Proces prelaska na industrijsku proizvodnju očituje se kroz zamjenu ljudskog rada mehanizacijom, sa svrhom da se poveća ekonomičnost i proizvodnja, a smanji i olakša rad. Uvođenjem mehanizacije, znanstvenih i tehničkih dostignuća u procesu proizvodnje, osim prednosti, javljaju se i negativne posljedice u vidu ugrožavanja života i zdravlja radnika koji rade, odnosno upravljaju procesom rada. Uvođenje strojeva i automatizacije u proces rada uvjetuje i uvođenje zaštite na radu u taj proces, odnosno uvođenje usmjerenih aktivnosti na sprečavanje i suzbijanje opasnosti i štetnih faktora da izazovu štetne posljedice po osobe na radu.

**Zaštita na radu** je skup načela, pravila, pravilno poredanih tako da tvore logičan plan, vezujući različite djelatnosti i subjekte koji tu djelatnost provode. Zaštita na radu se regulira Zakonom o zaštiti na radu (NN, br. 59/96, 94/96, 114/03, 100/04, 86/08, 116/08, 75/09 i 71/14) koji je osnovni zakonski propis koji regulira zaštitu na radu i u njemu se definirane obveze i prava poslodavca, radnika, te pojedinih subjekata kod poslodavca i među radnicima. Zaštita na radu je obveza poslodavca (organizacija, troškovi, nadzor, itd). Radnik mora poštovati propise zaštite na radu, ponašati se u skladu s njima, ima pravo zahtijevati da se zaštita osigura, a ako nije osigurana može odbiti rad. Netko treba stručno skrbiti za zaštitu na radu, a to je stručnjak zaštite koji, međutim, kaže što i kako treba učiniti, dok je ovlaštenik odgovoran za provedbu. No, Ustav, Zakon o radu i Zakon o zaštiti na radu, samo su osnovni zakoni koji ovo područje uređuju, te uz njih postoji još cijeli niz podzakonskih propisa, koji potanko razrađuju neka područja zaštite. Osim propisa, zaštita je uređena i određenim pravilima zaštite, normama, te drugim oblicima pisane ili prihvaćene regulative. Postoji i niz podzakonskih akata i propisa koji konkretnije razrađuju određena pravila u pojedinim segmentima širokog područja zaštite na radu.

Djelatnik zaštite na radu aktivan je nositelj provođenja mjera zaštite na radu. Na taj način sudjeluje u sistemu sigurnosti na radu čiji je osnovni cilj eliminacija ozljeda na radu, profesionalnih bolesti te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice po sigurnost i zdravlje radnika. Sigurnost života i zdravlja radnika osim o svojstvima mehanizacije – strojeva, ovisna je još i o osobinama i svojstvima, te ponašanju radnika na radu, kao i okolini u kojoj se odvija proces rada. Uzročnost ugrožavanja života i zdravlja radnika na radu ovisi dakle o funkcioniranju vrlo složenog sustava spomenuta tri faktora.

Znanost danas potvrđuje da nezgode, ozljede i profesionalne bolesti ne nastaju slučajno, nego da su one uzrokovane cijelim nizom predvidnih okolnosti, koje se mogu spriječiti, te time nezgode i ozljede na radu svesti na vrlo mali broj slučajeva.

Poremećaj u odnosu između čovjeka, stroja i okoline, dovodi do opasnog stanja, što može rezultirati opasnim postupkom ili opasnom okolinom. Takva situacija ugrožava sigurne uvjete rada što može završiti štetnim posljedicama kao što su ozljede na radu, profesionalne bolesti i bolesti u svezi s radom.

**Profesionalne bolesti** nastaju kao posljedica oštećenja zdravlja radnika na radu. Oboljenje nastaje kao posljedica dugotrajnog izlaganja štetnom djelovanju radne okoline, kao i u slučaju nefizioloških uvjeta rada (naglušost, oštećenje dišnih puteva, bolest vibracije i dr.).

U poremećenim okolnostima čovjek – radna okolina, javlja se rizik da čovjek postupi neispravno, da dovede svojim postupkom do nezgode koja može, ali ne mora predstavljati nesreću ili ozljedu. Do **ozljeda** dolazi uslijed nezgoda na radu koje su kao takve neželjeni i nepredviđeni događaj, a rezultat su rizika kao vjerojatnost nastanka jednog od navedenih štetnih događaja. Nažalost, još najveći broj nesreća nastaje, ne zbog toga što stroj nije bio ispravan, nego što je radnik postupao suprotno pravilima zaštite na radu (rad bez primjene zaštitnih naprava na stroju, neuporaba propisanih osobnih sredstava, čišćenje stroja za vrijeme njegovog rada i dr.).



Nezgode na radu mogu prouzročiti ozljede s lakšim ili težim posljedicama. One mogu prouzročiti materijalne gubitke zbog zastoja u proizvodnji, oštećenja sredstava rada ili materijala. Ozljede koje zadobiju radnici imaju nekoliko vidova kao što su humani, ekonomski i socijalni. Svaka povreda predstavlja teret za pojedinca, njegovu obitelj i širu zajednicu. Troškovi liječenja povreda su iznimno veliki i predstavljaju velike gubitke kako za zajednicu tako i za pojedinca. Između ostalog, humanost nam nalaže i da djelujemo na smanjenju rizika na radu koji bi mogao rezultirati štetnim posljedicama po sigurnost i zdravlje radnika. Opća načela izbjegavanja nezgoda su: štetne ili opasne postupke treba zamjeniti neopasnim, tamo gdje opasnost ostaje kao nužnost u radnom postupku, treba radnika udaljiti iz dometa opasnosti, tamo gdje se i to pravilo ne može primjeniti treba primjeniti pravilo „savladavanja opasnosti“, a to se odnosi na ograđivanje opasnosti i upotrebu zaštitnih naprava, za preostalu opasnost treba zaštititi radnika osobnim zaštitnim sredstvima, izborom radnika s posebnim osobinama, te propisivanjem načina na koje se moraju izvoditi određeni poslovi ili radne operacije.

**Opasnost** predstavlja sve pojave koje mogu ugroziti fizički integritet čovjeka, materijalna dobra ili ekološku ravnotežu na zemlji, a nastaju kao posljedica prirodnih pojava ili čovjekove aktivnosti u bilo kojem smislu ili obliku. U užem smislu, opasnost na radu predstavljaju sve one pojave koje ugrožavaju život ili zdravlje radnika, kao posljedica štetnog djelovanja različitih specifičnih izvora opasnosti iz radne ili životne okoline.

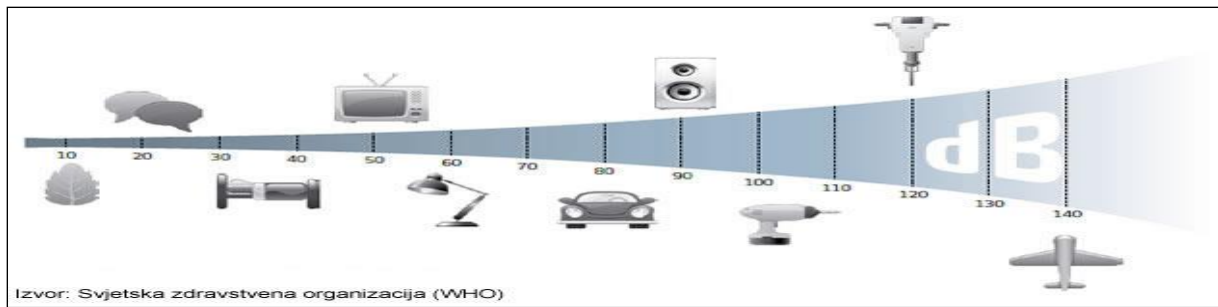
**Opasna mjesta** su mjesta i prostori na kojima mogu zbog opasnih gibanja nastati prignječenja, uklještenja, rezovi, posjekotine, udarci, te udari električne i druge energije, štetno djelovanje opasnih tvari (opekline, nagrizanja, zračenja i dr., djelovanje štetnih prašina i dr.).

**Opasna gibanja** su gibanja oruđa ili njegova dijela, alata, materijala, osovina i dr. koja mogu stvarati opasna mjesta, odnosno opasne prostore.

**Opasne tvari** su tvari koje mogu štetno djelovati na život ili zdravlje zaposlenih radnika (eksplozivne tvari, zapaljive tekućine, zapaljive krute tvari, otrovi, nagrizajuće tvari i sl.).

Poznavanje medija, odnosno fizikalne ili kemijske okoline koja može ugroziti život ili zdravlje radnika, neophodan je preduvjet za pouzdano utvrđivanje opasnosti koje mogu izazvati povredu, profesionalno oboljenje ili drugu bolest u vezi s radom, te određivanje pravila zaštite na radu čijom se primjenom opasnosti mogu ukloniti. Te opasnosti su: mehaničke opasnosti, opasnosti od električne struje, opasnosti od plinova, para, dimova i aerosola, opasnosti od vibracija, opasnosti od neprilagođene rasvijete, opasnosti od požara i eksplozija, opasnosti od štetna zračenja, težak tjelesni rad, biološke opasnosti i **opasnosti od buke**.

Svaki zvuk koji čovjek registrira određeni je oblik željene ili neželjene informacije. Neželjena informacija naziva se **buka**. Kako ćemo doživjeti buku ovisi o psihološkom momentu, o našoj motivaciji kako ćemo je primiti. Tu treba reći da buka koju netko sam stvara radeći neki posao, buka koja ima za nekog neki smisao, manje smeta nego buka koju stvaraju drugi. Buka, sl. 1, koja je stalno prisutna u ljudskom okolišu danas predstavlja globalni problem. Posljedice izlaganja buci su stres, umor kao i ometanje komunikacije, čujnosti, odmora i sna. Ovisno o duljini izlaganja i razini buke dolazi do naglušnosti ili gluhoće. Budući da buka postaje sve većim problemom suvremenog čovjeka, sve više ljudi uključuje se u borbu protiv te štetnosti. Smanjenje buke postaje iz godine u godinu neodgodivim zadatkom koji se postavlja pred široki krug stručnjaka iz različitih područja djelatnosti. Danas postoje normirane metode mjerenja buke i kriteriji za ocjenjivanje, te sofisticirani mjerni instrumenti. Sve se to stalno unaprjeđuje. Razrađuju se sve pouzdanije metode predviđanja i proračunavanja razina buke. Razvoj informatičke tehnologije i računala omogućava brzo i pouzdano proračunavanje, analize i optimiziranje primjene različitih mjera i postupaka zvučne zaštite. Istodobno se stalno poboljšavaju značajke zaštitnih konstrukcija i materijala.



**Slika 1. Izvori buke**

**Buka u radnoj okolini** je načešće kontinuirana (ritmičan rad strojeva), ali ima i brojnih radnih mjesta gdje se javlja diskontinuirana buka, koja je još štetnija od kontinuirane za oštećenje sluha. Izloženost buci je često vezana uz strojeve. Proizvođači strojeva u načelu imaju obvezu konstruirati ih tako da stvaraju što manje buke. Ako se podaci proizvođača o emisiji buke uzme u obzir pri nabavi opreme, buka u većini slučajeva neće predstavljati neki veći problem. Na razinu buke u radnoj okolini utječu različiti čimbenici, kao što su: odabrani radni postupci i radne navike, korišteni alati i strojevi, održavanje i servisiranje alata, izbor radne brzine alata i strojeva, smanjenje razine zvuka postavljanjem zaštitnih pregrada, poboljšanje akustike prostorije itd.

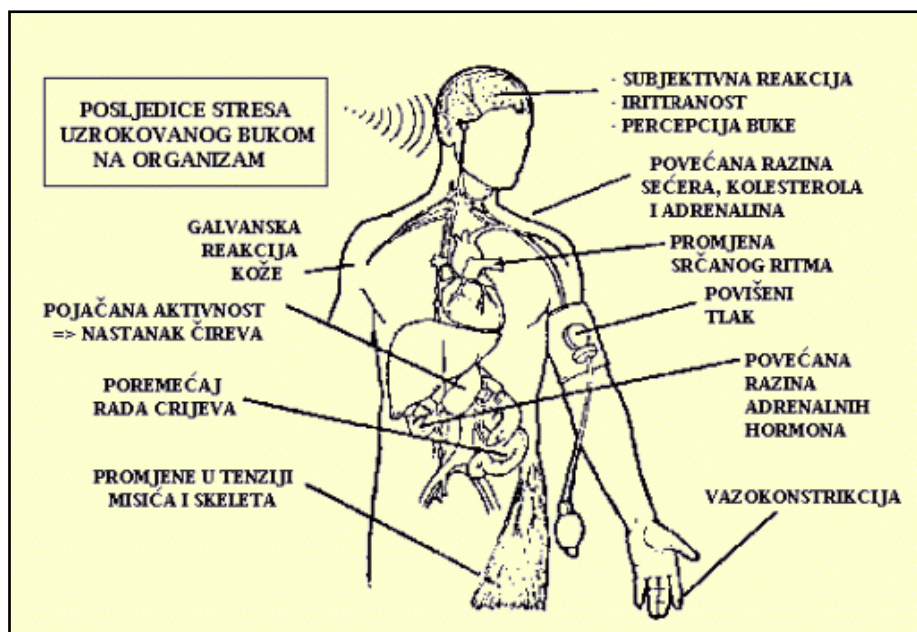
Rad u uvjetima prekomjerne buke ozbiljan je problem koji predstavlja prijetnju ne samo fizičkom, nego i mentalnom zdravlju zaposlenika.

## 2. BUKA

### 2.1 Štetni učinci buke

Buka je jedna od fizikalnih štetnosti u čovjekovom radnom okolišu koja na čovjeka djeluje višestruko štetno – izravno ili neizravno oštećuje čovjekovo zdravlje, izaziva zamor i smanjenje radne sposobnosti, ometa sporazumijevanje, odmor i san. Izaziva osjećaj nelagodnosti, odvraća pažnju, ometa koncentraciju, pospješuje zamaranje kod rada što sve utječe na porast grešaka pri radu, na kvalitetu i produktivnost rada, a također i na povećanje rizika od nesreće na radu.

S medicinskog stajališta poznato je auralno i ekstraauralno djelovanje buke na zdravlje čovjeka. Auralno djelovanje ugrožava organ sluha, dok ekstraauralno djeluje na cijeli organizam čovjeka i utječe na neurovegetativni sustav, povećava napetost, krvni tlak, izaziva poremećaje rada srca, pluća, smanjuje imunološku otpornost i sl.

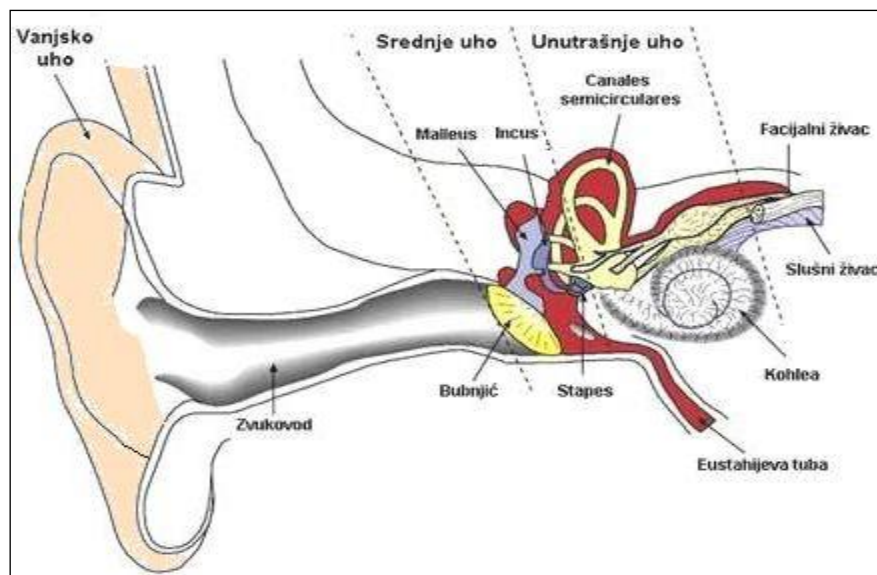


Slika 2. Posljedice stresa uzrokovanog bukom na organizam

## 2.1.1 Oštećenje sluha

Sluh je jedno od najvažnijih ljudskih osjetila. Pomoću sluha se lociraju zvukovi koji mogu označavati opasnost, ugodan zvuk kao što je glazba ili prirodna okolina i što je najvažnije za čovjeka razvatak govora i jezika za komunikacije. Za razliku od osjetila vida, koje se u slučaju visokog intenziteta svjetlosti može zaštititi jednostavnim zatvaranjem očiju, osjetilo sluha se od zvukova visokog intenziteta može tek djelomično zaštititi pomoću kompleksnog mehanizma središnjeg živčanog sustava. Osjetilo sluha nije razvijeno tako da je u stanju učinkovito reagirati na zvukove koji postoje u ljudskoj okolini posljednjih stotinjak godina. Ta činjenica je uzrok djelomične gluhoće mnogih ljudi.

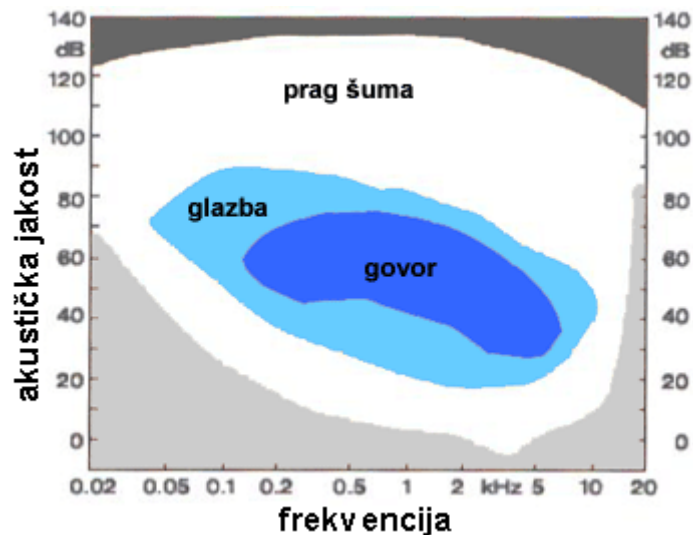
Uho je građeno iz tri glavna dijela: vanjsko, srednje i unutarnje uho, sl. 2. Vanjsko uho skuplja zvučne valove. Srednje uho prenosi zvuk kao vibracije. U unutarnjem uhu se zvuk pretvara u električne impulse koji se šalju u mozak.



Slika 3. Građa uha

Vanjsko uho se sastoji od ušne školjke, slušnog kanala i bubnjića. Glavna funkcija slušnog kanala je zaštita bubnjića i transmisija zvuka. Bubnjić koji se nalazi na kraju slušnog kanala, vibrira s promjenom zvučnog tlaka valova koji putuju kanalom. Srednje uho je mala šupljina na čijem su gornjem dijelu ovještene tri male koščice. Funkcija koščica je da provode i pojačavaju vibracije od bubnjića do ovalnog prozorčića. Srednje uho je povezano s usnom šupljinom preko Eustahijeve cijevi. Svrha te cijevi je ventiliranje srednjeg uha i osiguravanje jednakog tlaka s obje strane bubnjića. Unutarnje uho ili labirint sastoji se od tri šupljine ispunjene tekućinom. Vibracije stremena i ovalnog prozorčića šalju longitudinalne valove kroz tekućinu u kanale pužnice, što izaziva titranje bazilarne membrane. To gibanje detektira Cortijev organ i pretvara ga u električne impulse koji se preko slušnog živca prenose u mozak.

Normalno uho čuje od 0–120 dB, a može registrirati frekvencije u području od oko 20–20000 Hz. Područje frekvencija i razina zvučnog tlaka koje registrira uho prikazuje se slušnom plohom, sl. 4. Donja granica slušne plohe, odnosno minimalni zvučni tlak koji uho može percipirati naziva se prag čujnosti. Kod većine ljudi prag čujnosti raste s frekvencijom i čovjekovom dobi. Gornja granica slušne plohe naziva se prag boli. Područje govora i glazbe nalazi se u središnjem području. Reduciranje područja slušne plohe naziva se naglušost. Osjetljivost ljudskog uha na razine zvučnog tlaka veće od praga čujnosti, odnosno osjećaj glasnosti, ovisi o frekvenciji. Jednaki zvučni tlak kod različitih frekvencija ne percipira se jednako glasno. Audiometrijskim mjerenjem određene su krivulje razine glasnoće u ovisnosti o frekvenciji. Jedinica za razinu glasnoće je fon. Frekvencijska ovisnost osjetljivosti ljudskog uha ovisi i o glasnoći odnosno krivulje stalne glasnoće nisu paralelne. Krivulje više razine glasnoće se mijenjaju u manjem području od krivulja manje razine glasnoće. Percepcija glasnoće zvuka koji se sastoji od više frekvencija ovisi o spektralnom sastavu.



**Slika 4. Slušna ploha**

Oštećenje bukom nastaje od 2000–8000 Hz, a počinje nakon 80 dB. Oštećenje sluha je praćeno različitim smetnjama, kao npr. smetnje sluha i zujanje u ušima. Stupanj oštećenja sluha zavisao je od jakosti, frekvencije, trajanja izloženosti i individualne osjetljivosti. Posljedice auralnog djelovanja buke mogu biti kratkotrajne, dugotrajne i akustička trauma. Kod kratkotrajnog izlaganja dolazi do privremenog gubitka sluha i oporavka slušnog organa nakon prestanka izlaganja. Nakon prestanka izlaganja oporavak je u početku brz, no kasnije se usporava i može trajati nekoliko minuta, sati ili dana. Potpuni oporavak traje najmanje koliko i vrijeme izlaganja. Kod dugotrajnog izlaganja buci dolazi do trajnog oštećenja slušnog organa odnosno do permanentnog pomaka praga čujnosti. Trajni pomak praga čujnosti događa se postupno i ovisi o periodu izlaganja, razini buke i frekvenciji. Najveći pomak praga čujnosti se događa prvih 10 godina izlaganja kod viših frekvencija. Gubitak sluha je povezan s čovjekovom dobi i ovisi o nizu čimbenika, a općenito je veći u muškarca nego u žena i raste s frekvencijom. Akustička trauma je posljedica jednog ili više izlaganja vrlo intenzivnoj razini zvuka (obično 140-150 dB), a može uzrokovati oštećenje bubnjića, slušnih košćica i mehaničkog oštećenja pužnice. Oštećenja sluha koja nastaju kao posljedica djelovanja buke ne mogu se lječiti.

### **2.1.2 Neauditivni učinci buke**

Buka je jedan od stresogenih faktora našeg sustava koji neizravno utječe na organe i tjelesne sustave, a posljedice su metabolički i endokrinološki poremećaji. Razine preko 60 dB neizravno djeluju na podraživanje simpatičkog dijela autonomnog živčanog sustava, tj. onog dijela središnjeg živčanog sustava koji ne ovisi o čovjekovoj volji, a koji upravlja važnim životnim funkcijama. Intenziviranjem buke dolazi do ubrzanog rada srca, porasta krvnog tlaka te ubrzanog disanja, pojačanog znojenja, poremećaja u radu probavnih organa, poremećaja u radu probavnih organa, poremećaja u radu žlijezda s unutarnjim lučenjem i nagle kontrakcije mišića. Izlaganje buci dovodi do teškoća s koncentracijom, zadržavanjem pažnje, usvajanjem novih spoznaja te uzrokuje razdražljivost i nesanicu. Također, buka utječe na čovjekovo funkcioniranje i obavljanje svakodnevnih poslova te na odmor i san, što ima za posljedicu česte poremećaje međuljudskih odnosa na radnom mjestu i u obitelji.

### **2.1.3 Posljedice djelovanja buke**

Ovisno o razini buke i duljini izlaganja posljedice izlaganja mogu biti naglušost i gluhoća (poremećaji u razumijevanju i komunikaciji), neurovegetativne reakcije organizma (hipertenzija, poremećaji metabolizma), umor i psihičke reakcije (razdražljivost), smanjenje radne i životne sposobnosti. Zbog višestrukog štetnog djelovanja i brojnih posljedica buka predstavlja zdravstveni i socijalni problem.



## 2.2 Veličine za izražavanje buke

### 2.2.1 A–vrednovana razina zvučnog tlaka

Ljudsko uho može percipirati zvučni tlak preko golemog područja od sedam redova veličina. Zbog toga je prikladnije za opis zvuka koristiti razinu, nego vrijednost samog zvučnog tlaka. Osnovna veličina za izražavanje buke jednim brojem je A–vrednovana razina zvučnog tlaka ili kraće A–razina buke. Razina zvučnog tlaka  $L_p$  je u decibelima izražen odnos nekog zvučnog tlaka prema referentnom zvučnom tlaku.

$$L_p = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right) \text{dB} \qquad p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa} \qquad (1)$$

gdje je  $p$  zvučni tlak, a  $p_0$  referentna vrijednost zvučnog tlaka. Za referentnu vrijednost zvučnog tlaka se uzima vrijednost zvučnog tlaka na granici čujnosti kod zvuka frekvencije 1 kHz, a razina se dobiva filtriranjem akustičnog signala s pomoću međunarodno normiranog filtra označenog slovom A.

### 2.2.2 Ekvivalentna razina buke

Najvažnija veličina za izražavanje vremenski promjenjive buke je ekvivalentna razina buke. Po definiciji to je razina one stalne buke koja bi tijekom određenog vremena jednako djelovala na čovjeka kao promatrana promjenjiva buka.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \times \int_0^T 10 \frac{L_A(t)}{10} dt \right) \qquad (2)$$

gdje je  $T$  određeno vrijeme,  $L_A(t)$  je promatrana promjenjiva buka, a  $L_{Aeq,T}$  ekvivalentna razina buke

U realnim uvjetima mjerenja A-vrednovana ekvivalentna razina buke određuje se na temelju izmjerenih razina buke u određenim vremenskim intervalima, a ekvivalentna razina buke se određuje izrazom

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{\frac{L_{Ai} t_i}{10}} \right) \quad (3)$$

gdje je T određeni vremenski interval,  $L_A(t)$  je izmjerena razina buke, a  $L_{Aeq,T}$  je ekvivalentna razina buke. A-vrednovana ekvivalentna razina buke je propisana veličina za izražavanje buke pri radu.

### 2.2.3 Ocjenska razina buke

Ocjenska razina buke je najvažnija veličina za opis buke. Učinak, odnosno štetni utjecaj buke na čovjeka ne ovisi samo o ekvivalentnoj razini nego i o spektralnom sastavu buke, ukupnom vremenu izlaganja kao i dobu izlaganja; na primjer dan, noć, radno vrijeme ili vrijeme odmora. Zbog toga izmjerenoj ekvivalentnoj razini buke se dodaju prilagođenja. Prilagođenje je svaka veličina koja uzima u obzir neku od značajki buke: sadržaj istaknutih ili dubokih tonova, impulsa, informacija (jasno prepoznatljivi govor, glazba), vremena pojave buke (dan, radno vrijeme, noć), vrste izvora buke (cestovni, tračni, zračni promet, industrija i itd.). Izraz kojim se definira ocjenska razina buke u ukupnom vremenu T koje je podijeljeno na n vremenskih intervala  $t_i$ ,  $i = 1$

$$L_{AREq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n t_i \times 10^{0,1(L_{Aeqi} + K_{Ti} + K_{Ti})} \right] \quad (4)$$

gdje je  $L_{AREq,T}$  ocjenska razina buke u vremenu T, T je ocjensko vrijeme,  $t_i$  je i-ti vremenski interval unutar ocjenskog vremena,  $L_{Aeqi}$  je ekvivalentna razina buke u intervalu vremena  $t_i$ ,  $K_{Li}$  je impulsno prilagođenje u vremenskom intervalu  $t_i$  i  $K_{Ti}$  je tonalno prilagođenje u vremenskom intervalu  $t_i$ .

Vrijednost impulsnog prilagođenja je od 3 do 6 dB ovisno o istaknutosti impulsa uz dodatni zahtjev da C-razina vršne vrijednosti ne bude viša od  $L_{C,peak} = 140 \text{ dB(C)}$ . Za detaljniju analizu te veličine koriste se maksimalne vrijednosti i ekvivalentna razine buke kod I i F vremenskog vrednovanja.

Vrijednosti tonalnog prilagođenja ovise o istaknutosti nekog tona. Ako je ton upravo uočljiv prilagođenje iznosi 2 do 3 dB. Za jasno uočljiv ton prilagođenje iznosi 5 do 6 dB.

## 2.2.4 Razina izloženosti buci

Razina izloženosti je razina koja ima isti iznos zvučne energije u nekom referentnom vremenu kao i promatrana razina. Ocjenska razina buke na radnom mjestu prema Pravilniku o zaštiti radnika od buke jesu dnevna i tjedna razina izloženosti buci s oznakama  $L_{EX,d}$  i  $L_{EX,w}$ .

**Dnevna razina izloženosti buci  $L_{EX,d}$**  definira se kao

$$L_{EX,d} = L_{Aeq,Te} + 10\log(T_e/T_0) \quad (5)$$

gdje je  $T_e$  trajanje osobne izloženosti radnika,  $L_{Aeq,Te}$  je ekvivalentna razina buke,  $T_0$  je 8 sati.

**Tjedna razina izloženosti buci** jest srednja vrijednost dnevnih izloženosti u promatranom razdoblju

$$L_{EX,w} = 10\log\left(\frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m t_i \times 10^{0,1(L_{EX,d})t_i}\right) \quad (6)$$

gdje je  $m$  broj radnih dana u tjednu a  $L_{EX,d}$  dnevna izloženost za  $i$ -ti dan

## 2.3 Prikaz zakonske regulative

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, čujnost zvučnih signala, razumljivost govora, potrebu za mentalnim usredotočenjem, odmorom, rekreacijom i mirnim snom. Propisi su, međutim, uvijek određeni kompromis između humanih zahtjeva i tehničkih, te ekonomskih mogućnosti.

U Hrvatskoj problematika zaštite od buke regulirana je Zakonom o zaštiti od buke (NN, br. 30/09). Ovim se Zakonom utvrđuju mjere u cilju izbjegavanja, sprječavanja ili smanjivanja štetnih učinaka na zdravlje ljudi koje uzrokuje buka u okolišu, uključujući smetanje bukom, osobito u vezi s: utvrđivanjem izloženosti buci i to izradom karata buke na temelju metoda za ocjenjivanje buke u okolišu, osiguravanjem dostupnosti podataka o buci okoliša i izradom akcijskih planova koji se temelje na podacima korištenim u izradi karata buke. Osim Zakonom o zaštiti od buke zaštita se regulira i Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN, br. 46/08) i Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN, br. 145/04). Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu utvrđuju se minimalni zahtjevi zaštite radnika od rizika po njihovo zdravlje i sigurnost koji proizlaze ili mogu proizaći od izloženosti buci, a posebno rizika po sluh. Zahtjevi iz ovog pravilnika primjenjuju se na djelatnosti u kojima radnici zbog svoga rada su ili mogu biti izloženi rizicima uzrokovanim bukom. Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave propisuju se najviše dopuštene razine buke. Veličine za opisivanje buke te način i uvjeti mjerenja i određivanja tih veličina definirani su sljedećim normama: EN ISO 9612:2009, Acoustic - Determination of occupational noise exposure - Engineering method (April 2009) (Akustika - Određivanje izloženosti buci na radu - Inženjerska metoda), HRN ISO 1999:2000, Akustika - Određivanje izloženosti buci pri radu i procjena oštećenja sluha izazvanog bukom, HRN ISO 4869-2:2001, Akustika - Štitnici sluha, 2.dio: Procjena efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka pri nošenju štitnika sluha, HRN ISO 1996-1,2,3:2000, Akustika – Opisivanje i mjerenje buke okoliša.

Pravilnikom o zaštiti radnika protiv izloženosti buci na radu (NN, br. 46/08), područje zaštite protiv buke na radu usklađeno je s Direktivom 2003/10/EC i uvedene su karakteristične vrijednosti buke:

- **Granična vrijednost izloženosti:**  $L_{EX,8h} = 87$  dB(A), odnosno 140 dB(C)
- **Gornja upozoravajuća granica izloženosti:**  $L_{EX,8h} = 85$  dB(A), odnosno 137dB(C)
- **Donja upozoravajuća granica izloženosti:**  $L_{EX,8h} = 80$  dB(A), odnosno 135 dB(C)

Prema tome, ako se mjerenjem ustanovi da buka na radnom mjestu prekoračuje razinu od 80 dB(A), mora se odrediti dnevna ili tjedna izloženost buci. Osim toga mora se izmjeriti C–vrednovana razina vršne vrijednosti zvučnog tlaka. Sukladno Pravilniku o zaštiti radnika od buke poslodavac u svakom slučaju mora osigurati izradu procjene opasnosti i provesti mjerenje buke kojoj su radnici izloženi. Propisano je da ni pod kakvim uvjetima radnik ne smije biti izložen buci razine više od 87 dB(A), uključujući učinak osobne zaštite sluha. Ako je izloženost jednaka ili viša od gornje vrijednosti, radnicima se mora osigurati nošenje odgovarajuće osobne zaštitne opreme. Iznad donje vrijednosti radnicima se stavlja na raspolaganje osobna zaštitna sredstva s preporukom da je upotrebljavaju.

**Buka na radnom mjestu** ograničava se s obzirom na ometanje rada, tablica 1, mogućnost zamjećivanja zvučnog signala i oštećenje sluha.

<b>Opis posla</b>	<b>Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke <math>L_{Aeq}</math> (dB(A))</b>
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

**Tablica 1. Ograničenja s obzirom na ometanje rada**

Razina zvučnog signala s obzirom na zamjećivanje opasnosti i/ili upozorenja mora biti za 10dB viša od postojeće buke na radnom mjestu. Kada ekvivalentna razina buke na radnom mjestu prelazi 80 dB(A), kao ocjenska razina buke za pojedinog radnika primjenjuje se normalizirana dnevna izloženost buci. Ako je buka tijekom tjedna promjenjiva, primjenjuje se normirana tjedna osobna izloženost. Najviša dopuštena dnevna ili tjedna izloženost buci radnika iznosi 85 dB(A). Istodobno najviša vršna C–razina buke ne smije biti viša od  $L_{C,peak} = 140$  dB(C).

## 2.4 Mjerenje buke

Mjerenje, analiza i ocjenjivanje štetnog djelovanja buke vrši se na osnovi punog radnog vremena i u skladu s normativima dopuštenih razina buke. Štetnost djelovanja buke ocjenjuje se usporedbom dopuštene razine buke s izmjerenim razinama buke na radnom mjestu. Ako se utvrdi da buka prelazi dopuštenu razinu, vrši se frekventna analiza. Ocjenjivanje štetnosti djelovanja buke na osnovi analize vrši se pomoću N-krivulje. Vrijednost N-krivulje kojom se treba koristiti na radnom mjestu, mora biti za pet manja od broja dB(A) utvrđenog za razinu dopuštene buke na tom radnom mjestu.

Uspoređuju se vrijednosti izmjerenih razina zvučnog tlaka u pojedinim oktavama s dopuštenim razinama zvučnog tlaka u dotičnim oktavama. Ako buka na radnom mjestu sadrži impulse ili istaknute tonove, ili ako se njezina razina u tijeku radnog vremena mijenja treba izračunati procjenjenu vrijednost razine buke. Osnovna veličina koja se mjeri je A vrednovana ekvivalentna razina buke  $i$ , ovisno o vrsti buke, C vrednovana razina vršne vrijednosti zvučnog tlaka. Ovisno o vrsti radnog mjesta mjerenje se može obavljati na jednom ili više mjesta, kao i na karakterističnim mjestima u prostoriji.

Mikrofon se postavlja na mjesto glave radnika kada radnik nije prisutan. Ako proces rada zahtijeva da radnik bude prisutan, mikrofon se postavlja na udaljenost 10 cm od uha radnika. Trajanje mjerenja ovisi o promjenjivosti buke.

Kada se ustanovi da je razina buke jednaka ili viša od 80 dB(A), mjerenjem se mora odrediti dnevna ili tjedna izloženost buci. To se može postići snimanjem uzoraka buke ili mjerenjem kroz cijelo radno vrijeme. Kod nepravilno promjenjive buke uzorak se snima dok se pokazivanje na zvukomjeru ne stabilizira unutar 0,5 dB(A). Najmanje trajanje mjerenja je 15 s. Kod ponavljajuće buke mora se obuhvatiti barem jedan ciklus ponavljanja.

**Priprema mjerenja** obuhvaća pripremu samog mjernog instrumenta odnosno zvukomjera kao i pripremu mjerenja u cijelosti. Te pripreme sastoje se u sljedećem:

- Izbor mjernog kompleta
- Umjeravanje instrumenta prije i nakon mjerenja
- Određivanje mjernih mjesta
- Izbor frekvencijskog i vremenskog vrednovanja
- Izradba skice objekta i mjernih mjesta
- Priprema obrasca zapisnika za unošenje potrebnih podataka na terenu, kao što su podaci o izvorima buke, razmještaj izvora i mjernih mjesta, rezultati mjerenja, subjektivna zapažanja

Kod izbora mjernog kompleta potrebno je izabrati vrstu mikrofona i odrediti potrebne dodatke, kao što su oktavni ili terčni filtri (ako nisu sastavni dio zvukomjera), kuglasti štitnik od vjetra, produžni kabel za udaljavanje mikrofona od kućišta zvukomjera i od tijela mjeritelja i stativ sa posebnim adapterom. Svakako se treba pobrinuti o električnom napajanju instrumenta tijekom mjerenja. Osnovno umjerivanje mjernih instrumenata obavlja se u za to ovlaštenim laboratorijima i to u zakonski određenim razdobljima. Sam mjeritelj obavlja umjeravanje zvučnim kalibratorom ili pistonfonom prije i poslje svakog mjerenja.

Mjerna mjesta određuju se u skladu s postavljenim zahtjevima ili propisima kao i na temelju subjektivnog zapažanja o objektu, vrsti buke i vrsti prostorije. Pri tome se mora voditi računa o čimbenicima koji mogu utjecati na rezultate mjerenja. Jedan od utjecaja jesu refleksije od okolnih objekata, zidova i pregrada kao i samog mjeritelja. Taj će se utjecaj smanjiti ako mikrofona zvukomjera držimo na udaljenosti 1 m od tijela i na određenoj udaljenosti od okolnih prepreka. Najmanja udaljenost od reflektirajućih ploha je 1 m. Drugi čimbenik koji može utjecati na rezultate mjerenja buke nekog izvora je rezidualna buka, koja vlada kada promatrani izvor buke ne radi.



Razina rezidualne buke mora se navesti u izvještaju o mjerenju. Razlika u razinama promatrane buke i rezidualne buke mora biti najmanje 10 dB. Ako taj uvjet nije zadovoljen, a razlika između izmjerene ukupne buke i rezidualne buke iznosi 3 do 10 dB, rezultate mjerenja treba korigirati. Ako je razlika manja od 3 dB, mjerenje je nemoguće obaviti. U tom slučaju izabere se doba dana kada je rezidualna buka niža, npr. noćno doba.

Sastavni dio mjerenja buke je izbor dinamičke karakteristike indikatora odnosno vremenskog vrednovanja. Uz to je još i izbor frekvencijskog vrednovanja. Što se tiče frekvencijskog vrednovanja redovno snimamo ukupne razine buke u dB(A), a ponekad i razinu zvučnog tlaka  $L_p$  u dB (odnosno vrednovanu razinu C u dB(C), te oktavne ili tercne razine, nevrednovane ili A-vrednovane.

Kada promatrana buka pokazuje izrazitu vremensku promjenjivost, mjeri se ekvivalentna razina buke  $L_{Aeq}$ , i to s vremenskim vrednovanjem „FAST“. Razina  $L_{Aeq}$  mjeri se integracijskim zvukomjerima. U tom slučaju nekad je potrebno izmjeriti i određene statističke percentile.

**Zvukomjer** je instrument koji registrira zvuk na približno isti način kao ljudsko uho i koji daje reproducibilna mjerenja zvučnog tlaka. Svaki zvukomjer se sastoji od mikrofona, dijela za obradu signala i izlazne jedinice za očitavanje. Mikrofon pretvara zvučni tlak u ekvivalentni električni signal. Najčešće korišteni su kondenzatorski mikrofoni koji imaju povoljne karakteristike u pogledu preciznosti, stabilnosti i pouzdanosti. Signal koji stvara mikrofon se pojačava i obrađuje u elektroničkim sklopovima za integriranje, spektralnu analizu, frekvencijsko vrednovanje i za statističku analizu. Integriranje signala je postupak kojim se određuje razina efektivne vrijednosti zvučnog tlaka.

Postoje tri vremenske konstante integracije sklopa F (fast), S (slow) i I (impulse). Spektralna analiza signala izvodi se preko odabranih intervala frekvencija. U akustici se koriste standardizirani oktavni i tercni intervali. Kada je potrebna detaljnija informacija o kompleksnom zvuku tada se područje dijeli na manje intervale frekvencija jednakih širina. Frekvencijsko vrednovanje signala se temelji na fon krivuljama stalne glasnoće.

Koriste se tri međunarodno standardizirane karakteristike frekvencijskog vrednovanja. A karakteristika se koristi kod nižih, a C karakteristika kod visokih razina. D karakteristika se koristi kod mjerenja buke aviona. Najčešće se koristi A karakteristika. Kada su promjene razine u vremenu velike, određuju se statističke značajke signala. Statističkim uzrokovanjem se određuje kumulativna distribucija iz koje se određuje percentili. Obično se koristi percentili L95 i L1 koji se nazivaju osnovna razina buke i srednja vrijednost najviše razine buke.



**Slika 5. Zvukomjer**

Zvukomjer može pokazivati razinu u dB, dB(A) ili dB(C), razinu ekvivalentne buke, vrijednosti percentila, vrijednosti maksimalne ili minimalne razine, spektar ili neku drugu veličinu. Karakteristike, svojstva i način mjerenja zvukomjerom su definirani međunarodnim standardima.

Na radnim mjestima u radnim prostorijama gdje se buka pojavljuje, mjeri se razina buke i provjerava dali buka na ispitivanom radnom mjestu prelazi dopuštenu razinu buke određenu u skladu s odredbama pravilnika. Ako radnik u tijeku rada mijenja mjesto rada, buka se mjeri u dB(A) na svim mjestima na kojima radnik radi. Na osnovi dobivenih podataka izračunava se vrijednost razine buke i provjerava dali izračunata razina buke prelazi dopuštenu razinu na radnom mjestu radnika. Na mjestima na kojima se utvrdi da buka prelazi dopuštenu razinu, vrši se frekventna analiza.

Buka se mjeri u radnim prostorijama pri zatvorenim vratima i prozorima i uključenom sustavu za provjetravanje, odnosno uključenom klimatizacijom. Ako se radna prostorija često upotrebljava pri otvorenim vratima i prozorima, mjerenja buke treba ponoviti i pod takvim uvjetima. Mjerenje buke u radnoj prostoriji obavlja se pri normalnom radu strojeva i uređaja i pri normalnom radu s alatom. Pri mjerenju buke na radom mjestu, mikrofonski zvukomjera postavlja se na mjesto i u visini uha radnika, na udaljenosti od 0,2 m od uha. Mikrofon mora biti usmjeren prema izvoru buke. Između mikrofona i izvora buke ne smije biti prepreka.

**Kronološki koraci kod mjerenja** su definirani normom EN ISO 9612:2009, Akustika – Određivanje izloženosti buci na radu – Inženjerska metoda, a ti koraci su sljedeći:

- **Analiza radnog mjesta** – mora pružiti dovoljno informacija o radu i radnicima tako da se može odabrati odgovarajuća strategija mjerenja i planirati provedba mjerenja.
- **Izbor strategije mjerenja** – na strategiju mjerenja utječe nekoliko čimbenika kao što su svrha mjerenja, složenost situacije rada, broj radnika koji su uključeni, efektivno trajanje radnog dana, raspoloživo vrijeme za mjerenje i analizu. Glavni elementi strategije jesu: mjerenja temeljena na radnim zadacima (analizira se rad koji se obavlja tijekom radnog dana, pa se mjerenje razine buke obavlja za svaki poseban radni zadatak), mjerenja temeljena na radnim mjestima (snima se određeni broj slučajnih uzoraka razine buke tijekom rada na pojedinim radnim mjestima) i cjelodnevna mjerenja (razina buke mjeri se kontinuirano tijekom čitavih radnih dana). Može se upotrijebiti više od jedne strategije mjerenja.
- **Provedba mjerenja** – osnovna mjerna veličina mora biti  $L_{Aeq,T}$  a dodatno treba mjeriti  $L_p, C_{peak}$ , ako je potrebno, s tim da mjerenja moraju sljediti odabranu strategiju mjerenja.
- **Analiza rezultata mjerenja** – potrebno je izračunati  $L_{EX,8h}$  (dnevnu izloženost buci na radu) kako je specificirano za odabranu strategiju mjerenja. Izračune treba prikazati i ocjeniti u skladu s Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN, br. 46/08).

Većina signala kompleksnog je oblika i sastoji se od signala različitih amplituda i frekvencija. Zvučni signal se prikazuje u dva oblika. Prvi prikaz odnosi se na ovisnost zvučnog tlaka ili razine o vremenu, a drugi prikaz na ovisnost razine zvučnog tlaka o frekvenciji.

Proces razlaganja kompleksnog zvuka naziva se **spektralna ili frekventna analiza**, a rezultati se prikazuju spektrima. Spektralna analiza signala izvodi se preko odabranih intervala frekvencija. U akustici se koriste standardizirani oktavni i terčni intervali. Kada je potrebna detaljnija informacija o kompleksnom zvuku tada se područje dijeli na manje intervale frekvencija jednakih širina. Spektar nekog složenog signala ovisi o odabranim frekvencijskim intervalima. Ovisno o vrsti analize koriste se većinom terčni intervali i uski intervali jednakih širina. „Suvremeni zvukomjeri normalno imaju mogućnost snimanja pojasnih oktavnih i terčnih spektara. Svakako da prednost imaju zvukomjeri s ugrađenim spektralnim analizatorom u realnom vremenu. Tercna analiza upotrebljivija je nego oktavna zato što omogućava da se odredi tonalnost mjerenja buke i daje detaljne podatke za određivanje akustičkih značajki potrebnih mjera za zaštitu od buke“.\*

Najnovije norme i propisi zahtijevaju da se u ispitnom izvještaju uz konačni rezultat osim izmjerene vrijednosti moraju iskazati i vrijednosti **mjerne nesigurnosti**. Mjerna nesigurnost je mjera kvalitete mjerenja. Njome se procjenjuje rasipanje vrijednosti mjerne veličine odnosno izražava stupanj sumnje u valjanost rezultata mjerenja zbog utjecaja različitih čimbenika nesigurnosti kao što su mjerni instrumenti, mjerne metode i uvjeti mjerenja, uvjeti rada izvora buke, vještina mjeritelja, uvjeti okoline.

Mjerna nesigurnost se ne smije uspoređivati s pogreškom pri mjerenju. Pogreške se mogu izbjeći ispravnim umjeravanjem mjernih uređaja. Nijedno mjerenje nije savršeno niti apsolutno točno. Na rezultat mjerenja utjeću različiti ranije spomenuti čimbenici, tako da uvijek postoji određeno rasipanje rezultata.

\* South, T.: Managing Noise and Vibration at work, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford, 2004, str. 39.

Mjerna nesigurnost je parametar pridružen mjernom rezultatu a koji opisuje rasipanje vrijednosti koje se s velikom vjerojatnošću može pripisati mjernoj veličini, što se može opisati sljedećim izrazom:

$$Y = y \pm U \text{ (dB)} \quad (7)$$

gdje su:

Y = mjerna veličina

y = najbolja procjena mjerne veličine

U = proširena mjerna nesigurnost

Osnovni dokumenti o mjerenju buke jesu **zapisnik i izvještaj o mjerenju**. Zapisnik je pomoćni dokument koji se izrađuje prigodom samog mjerenja, obično na unaprijed pripremljenom obrascu. Izvještaj je konačni, službeni dokument u koji se unose svi relevantni podaci o mjerenju, kao i ocjena rezultata.

**Zapisnik i izvještaj o mjerenju sadrže najmanje ove podatke:**

- Naručitelj mjerenja
- Izvršitelj mjerenja s navedenim ili priloženim odgovarajućim ovlastima
- Cilj mjerenja
- Datum mjerenja i doba dana
- Mjesto mjerenja
- Opis izvora buke s naznakom proizvođača, tipa, tvorničkog broja, godina proizvodnje i osnovnim tehničkim podacima
- Opis glavnih značajki buke (stalna, isprekidana, nepravilno promjenjiva, impulsna itd.)
- Opis mjernih mjesta i, po potrebi, skica
- Opis relevantnih uvjeta mjerenja (meteorološki uvjeti – vjetar, temperatura, vlažnost, oblačnost) i subjektivna zapažanja

- Uporabljena dokumentacija
- Propisi po kojima se buka mjeri i ocjenjuje, mjerna metoda, metoda obrade podataka i metoda ocjenjivanja buke
- Popis mjernih uređaja s naznakom proizvođača i modela, te datumom zadnjeg umjeravanja
- Ime i potpis mjeritelja i ovlaštene osobe
- Rezultati mjerenja (ukupne razine mjerene i ekvivalentne buke, spektri, statističke veličine) pokazani tablično ili dijagramima, zaključci i smjernice za zaštitu od buke

## **2.5 Osobna zaštitna oprema za zaštitu sluha**

Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN, br. 46/08) propisano je da se pri utvđivanju stvarne izloženosti radnika buci pri radu za granične vrijednosti izloženosti  $L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$  i  $L_{C,peak} = 200 \text{ Pa}$  (140dB(C)) mora uzeti u obzir smanjenje buke zbog uporabe osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha. Na radnim mjestima na kojima buku nije moguće smanjiti primjenom osnovnih pravila zaštite na radu, odnosno odgovarajućim organizacijskim mjerama, poslodavci su obvezni radnicima staviti na raspolaganje odgovarajuću i dobro prilagođenu opremu za zaštitu sluha. Primjenjene su norme HRN EN 24869-1: 1999 (en), Akustika – Štitnici sluha – 1. dio: Subjektivna metoda za mjerenje gušenja zvuka i HRN EN ISO 4869-2: 2001 (en), Akustika – Štitnici sluha – 2. dio: Procjena efektivnih A-vrednovanih razina zvučnog tlaka pri nošenju opreme za zaštitu sluha.

## 2.5.1 Vrste zaštitne opreme za zaštitu sluha

Osobna zaštitna sredstva mogu biti vanjska, koja obuhvaćaju uši (naušnjaci, kacige) i unutarnja koja se umeću u slušni kanal (čepovi od spužvastih materijala ili voska, plastični umeci, tamponi, specialne vate), a slabljenje buke raste s frekvencijom. Preporuča se sljedeća osobna zaštitna oprema: naušnjaci, ušni čepovi, otoplastika, sl. 6, čije su prednosti i slabosti prikazane u tablici 2.



Slika 6. Osobna zaštitna sredstva

Ušni čepovi	Naušnjaci
<p><b>Prednosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mali i lako prenosivi</li> <li>- Pogodni za uporabu s drugim sredstvima zaštite</li> <li>- Ugodniji za dugotrajno nošenje u toplim i vlažnim radnim prostorima</li> </ul>	<p><b>Prednosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manje razlike u gušenju između korisnika</li> <li>- Lako vidljivi iz veće daljine – pomoć pri nadzoru nošenja</li> <li>- Moguće ih je koristiti s manjim infekcijama uha</li> </ul>
<p><b>Nedostaci</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zahtjevaju više vremena za postavljanje</li> <li>- Zamršenije umetanje i micanje</li> <li>- Zahtjevaju visoku razinu higijene</li> <li>- Mogu iritirati ušne kanale</li> </ul>	<p><b>Nedostaci</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teže nosivi i teži</li> <li>• Nepogodniji za korištenje uz ostala zaštitna sredstva</li> <li>• Mogu ometati kod nošenja sigurnosnih ili propisanih naočala</li> <li>• Neugodniji za nošenje u vrućim i vlažnim radnim prostorima</li> </ul>

**Vlastiti rad autora**

**Tablica 2. Prednosti i nedostaci OZS**

Poslodavac je dužan omogućiti izbor radnicima osobne zaštitne opreme. Učinkovitost zaštitne opreme uveliko je degradirana, ako oprema radniku ne pristaje odgovarajuće ili je nošena samo u dijelu vremena izloženosti buci. Oprema za zaštitu sluha se odabire na način da je odgovarajuća za određeni posao, da je u mogućnosti osigurati odgovarajuću zaštitu, da je dovoljno udobna i da bude prihvaćena i nošena tijekom čitavog vremena izlaganja buci. Odabrana zaštitna oprema mora biti u mogućnosti zadržati efektivnu izloženost uha na razinama ispod 85 dB(A). Kada osobna izloženost buci radnika prelazi 100 dB(A), potrebno je koristiti ušne čepove i naušnjake istodobno – korištenje dvostruke zaštite osigurat će dodatno gušenje od 5 do 10 dB(A). Efektivna razina buke na uhu radnika, koji koristi osobnu zaštitnu opremu, ne smije biti ispod razine od 70dB(A). Proizvođači su dužni osigurati informacije o mogućnosti gušenja buke osobnom opremom za zaštitu sluha. Primjer podataka, o karakteristikama gušenja osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha, prikazani su u tablici 3.



<b>Frekvencija (Hz)</b>	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Mf (dB)</b>	26,6	27,7	28,4	29,5	29,6	35,6	35,4	38,9
<b>sf (dB)</b>	9,4	9,9	10,9	9,6	8,2	6,8	9,6	6,7
<b>Mf – sf (dB)</b>	17,2	17,8	17,5	19,9	21,4	28,8	25,8	32,2

**SNR= 25dB H= 27dB M= 22dB L= 20dB (prema EN24869-1)**

**Tablica 3. Primjer podataka o karakteristikama gušenja**

### 2.5.2 Metode za određivanje razine buke pri nošenju zaštitne opreme

Na temelju podataka o izmjerenoj buci na radnom mjestu i podataka proizvađača osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha o vrijednosti gušenja buke moguće je s pomoću nekoliko metoda odrediti efektivnu A-vrednovanu razinu buke, kojoj je radnik izložen pri nošenju osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha. Te metode su oktavno-pojasna metoda, H-M-L metoda, SNR metoda i NRR metoda.

Oktavno-pojasna metoda je referentna i izravna računaska metoda koja uključuje oktavne razine zvučnog tlaka na radnom mjestu i oktavne razine zvučnog gušenja opreme za zaštitu sluha koja se primjenjuje.

H-M-L metoda specificira tri vrijednosti gušenja H, M i L, utvrđene iz podataka oktavnog gušenja zvuka opreme za zaštitu sluha. U kombinaciji sa C i A-vrednovanim razinama zvučnog tlaka H, M i L vrijednosti se koriste za izračun efektivnih A-vrednovanih razina buke pri nošenju opreme za zaštitu sluha.

SNR metoda specificira jednobrojnu vrijednost gušenja utvrđenu iz podataka oktavnog gušenja buke opreme za zaštitu sluha. Vrijednost se oduzima od C-vrednovane razine buke za izračun efektivnih A-razina buke pri nošenju opreme za zaštitu sluha.

Pri procjenjivanju realnog učinka osobne opreme za zaštitu sluha neke stručne institucije od izračunate efektivne A-vrednovane razine buke oduzimaju 4 dB.

## 2.6 Klesarstvo Roksandić

Kada se za neki predmet želi reći da je lijep i skladan, kaže se da je kao iz kamena isklesan. Obrada (klesanje) kamena, sl. 7, glavina je klesarskog posla. Posao klesara dijelom počinje već u kamenolomima a nastavak rada odvija se u pogonima ili radionicama. Lomljenjem, rezanjem, otklesavanjem, klesanjem, brušenjem, poliranjem i drugim postupcima klesari izrađuju razne građevinske oblike za različite djelatnosti.



**Slika 7. Obrada kamena**

Klesari se u svom poslu služe tradicionalnim, ručnim klesarskim alatima (čekići, dlijeta, visak, libela), ali osobito u novije vrijeme i strojevima (motorne pile, stojevi za brušenje i poliranje, tokarilice i dr). Općenito se može reći da je posao klesara relativno raznolik, ali i likovno kreativan, kada se klesari u nekim svojim radovima približuju kiparstvu. Radni uvjeti su više nepovoljni nego povoljni. Klesari pretežno rade stojeći i u pognutom položaju. Posao se obavlja na otvorenom, djelomično otvorenom ili u zatvorenom prostoru, često u nepovoljnim uvjetima, prašini i buci.



**Slika 8. Klesarstvo Roksandić**

Klesarstvo Roksandić osnovano je 1987. godine i danas zapošljava 10 radnika, stručnjaka za preradu, obradu i oblikovanje prirodnog kamena – mramora i granita, a tvrtku je osnovao Branko Roksandić . U klesarstvu Roksandić se izrađuju spomenici, fontane, stepenice, podne obloge, uređuju interijeri i eksterijeri za privatne i javne namjene.

Klesarska radiona je samostojeća betonska građevina. Ulaz/izlaz u halu izveden je pomoću šiber vrata koja služe za prolaz viličara za transport materijala i gotovih predmeta na vanjsko skladište materijala i proizvoda. Osvjetljenje radione izvedeno je prirodnim i umjetnim putem. Prirodno je osigurano preko ostakljenih površina na zidovima, a električno-opće pomoću rasvjetnih tijela sa fluo cijevima. Provjetravanje radione osigurano je prinudnim putem preko zidnog aksijalnog ventilatora, promjera 400 mm, ugrađenog na sjevernom zidu hale. Zagrijavanje hale osigurano je preko plinskog kalorifera i peći na kruta goriva (hala manja od 500 m<sup>2</sup>).

Unutar radione obavljaju se poslovi strojne obrade kamena pomoću strojeva za rezanje (kružne pile), strojeva za obradu rubova, strojeva za brušenje, bušenje i poliranje. Na svim strojevima osigurana je tekuća voda za obavljanje navedenih operacija mokrim postupkom. Ručna obrada rubova, koja se obavlja električnim brusilicama, obavlja se na vanjskom prostoru kada za to dopuštaju vremenski uvjeti.

## 2.7 Mjerenje buke

Prije samog mjerenja obuhvaćena je priprema zvukomjera kao i priprema mjerenja u cijelosti. Razina buke će se izmjeriti zvukomjerom tvrtke DELTA OHM, tipa HD 9019, tv. br. 0901030009, sa kalibratorom tipa HD9101 i mikrofonom HD 9019/S1, sl. 9. Umjeravanje zvukomjera urađeno je pistonfonom u laboratoriju za akustička mjerenja, u Zagrebinspekt d.o.o.



**Slika 9. Zvukomjer DELTA OHM**

Pri dolasku na teren potrebno je pregledati radni prostor u kojem će se obaviti mjerenje i kratko opisati radni objekt, radni proces, strategiju mjerenja, mjerna mjesta itd. Iz opisa proizlazi sljedeće:

U trenutku mjerenja odvijat će se normalna proizvodnja (rad se odvija u jednoj smjeni, 8 sati). Vrsta ispitivanja bit će periodična. Mjerenja će se obaviti u visini slušnih organa zaposlenika. Zbog utjecaja refleksije od okolnih objekata, zidova, pregrada kao i samog mjeritelja, zvukomjer će se držati na udaljenosti 1 m od tijela i na određenoj udaljenosti od okolnih prepreka.

Mjerna mjesta odredit će se u skladu s postavljenim zahtjevima kao i na temelju subjektivnog zapažanja o objektu, vrsti buke i vrsti prostorije. Iz zapažanja proizlazi sljedeće:

Mjerno mjesto br. 1 je kod kružne pile, sl. 10.



**Slika 10. Stroj za rezanje (kružna pila)**

Mjerno mjesto br. 2 je kod stroja za brušenje kamena, sl. 11.



**Slika 11. Stroj za brušenje kamena**

Mjerno mjesto br. 3 je kod stroja za poliranje kamena, sl. 11.



**Slika 12. Stroj za poliranje**

Mjerno mjesto br. 4 je kod stroja za probijanje kamena, sl. 13.



**Slika 13. Stroj za probijanje kamena**

Buka će se izmjeriti u radnom prostoru pri zatvorenim vratima i prozorima i uključenom sustavu za provjetravanje, odnosno uključenom klimatizacijom. Mjerenje buke će se obaviti pri normalnom radu strojeva i uređaja. Mikrofon zvukomjera će se postaviti na mjesto i u visini uha radnika. Mikrofon će se usmjeriti prema izvoru buke i između mikrofona i izvora buke neće biti prepreka. Na svakom mjernom mjestu će se obaviti mjerenje u trajanju od 15min.

## 2.7.1 Prikaz rezultata mjerenja

Rezultati mjerenja buke sadržani su u tablici 4.

Mjerno mjesto	Aktivnost	$T_i$ min	$L_{Aeq,T_i}$ dB	$L_{EX,d}$ dB
1	Strojno rezanje	90	87,3	80,1
2	Strojno brušenje	150	84,7	79,5
3	Strojno poliranje	120	80,1	74,1
4	Strojno probijanje	120	91,4	85,4

Vlastiti rad autora

**Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja**

$T = 8h = 480min$

$T_i$  = trajanje radnikove osobne izloženosti

$L_{eq,T_i}$  = ekvivalentna razina buke kojoj je radnik izložen u vremenu mjerenja radnikove osobne izloženosti

$L_{EX,d}$  = dnevna razina izloženosti koja se mora odrediti ako je mjerenjem ustanovljeno da buka na radnom mjestu prekoračuje razinu od 80 dB(A).



Na temelju dobivenih rezultata slijedi da razina buke u klesarskoj radioni prelazi gornju upozoravajuću vrijednost od 85,0 dB(A) iz Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu i zato se mora izraditi frekventna analiza buke. Tako će se dobiti podrobni podaci za određivanje akustičkih značajki potrebnih mjera za zaštitu od buke. Frekventna analiza prikazana je sljedećim grafom 1.



**Strojno probijanje kamena 15-min  $L_{eq} (A) = 91,4 \text{ dB (A)}$**

**Potrebna su osobna zaštitna sredstva**

**Vlastiti rad autora**

**Graf 1. Frekventna analiza**

Frekventnom analizom može se ocjeniti da izmjerene vrijednosti prelaze N-85 ocjensku krivulju. Izmjerene vrijednosti prikazane su u tablici 5. Frekventnom analizom, u klesarstvu Roksandić, može se definirati da je na radnom mjestu strojnog probijanja kamena obavezno korištenje osobnih zaštitnih sredstva za zaštitu sluha.

Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
N-85 dB	113,3	102,6	95,9	91	87,6	85	82,8	81	79,5
Izmj. v. dB	66,7	69,5	59,5	72,5	82,8	89,5	96,2	93,6	91,4

**Vlastiti rad autora**

**Tablica 5. Izmjerene vrijednosti frekvente analize**

### **2.7.2 Analiza rezultata mjerenja**

Ocjena rezultata mjerenja dana je u skladu s Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu („Narodne novine“ 46/08.).

Na temelju rezultata koji su dobiveni u uvjetima kakvi su postojali pri mjerenju, može se ocjeniti da razina buke u klesarskoj radioni Roksandić prelazi gornju upozoravajuću vrijednost od 85,0 dB(A) iz Pravilnika o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, odnosno radnik na radnom mjestu klesara izložen je dnevnoj buci od 85,4 dB(A).

### 3. ZAKLJUČAK

U završnom radu prikazan je problem buke. Buka, koja je stalno prisutna u ljudskom okolišu danas predstavlja globalni problem. Posljedice izlaganja buci su stres, umor kao i ometanje komunikacije, čujnosti, odmora i sna. Smanjenje buke postaje neodgovorni zadatak koji se postavlja pred široki krug stručnjaka iz različitih područja djelatnosti.

U radu je:

- Opisano štetno djelovanje buke – buka na čovjeka djeluje višestruko štetno – izravno ili neizravno oštećuje čovjekovo zdravlje, izaziva zamor i smanjenje radne sposobnosti, ometa sporazumijevanje, odmor i san. Izaziva osjećaj nelagodnosti, pospješuje zamaranje kod rada što sve utječe na porast grešaka pri radu, na kvalitetu rada, a također i na povećanje rizika od nesreće na radu.
- Opisane su veličine za izražavanje buke – veličine su A-vrednovana razina zvučnog tlaka, ekvivalentna razina buke, ocjenska razina, a prikazana je i razina izloženosti (dnevna i tjedna razina izloženosti).
- Prikazana zakonska regulativa – u Hrvatskoj problematika zaštita od buke regulirana je Zakonom o zaštiti od buke (NN, br. 30/09), Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN, br. 46/08) i Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN, br. 145/04). Osim pravilnicima, zaštita od buke je uređena i određenim normama, te drugim oblicima pisane ili prihvaćene regulative.
- Opisano mjerenje buke – pripreme mjerenja, mjerni instrument, mjerna mjesta, uvjeti mjerenja, kronološki koraci kod mjerenja, mjerna nesigurnost i zapisnik o mjerenju.
- Opisana osobna zaštitna oprema za zaštitu sluha i vrste zaštitne opreme – osobna zaštitna sredstva mogu biti vanjska koja obuhvaćaju uši (naušnjaci, kacige) i unutarnja koja se umeću u slušni kanal (specialne vate, plastični umeci, čepovi od voska). Prikazane su prednosti i slabosti zaštitne opreme i metode za određivanje razine buke pri nošenju opreme. Te metode su oktavno-pojasna metoda, H-M-L metoda, SNR metoda i NRR metoda.

- Prikazano mjerenje buke na primjeru mjerenja u klesarstvu Roksandić – opisano je radno mjesto klesara, radni proces, strategija mjerenja, mjerna mjesta i uvjeti kakvi su postojali u trenutku mjerenja. Na svakom mjernom mjestu izmjerena je ekvivalentna razina buke  $L_{Aeq, T_i}$  i izračunata je dnevna razina izloženosti buci  $L_{EX, d}$ . Na temelju rezultata koji su dobiveni u uvjetima kakvi su postojali pri mjerenju, ocjenjeno je da razina buke u klesarskoj radioni Roksandić prelazi gornju upozoravajuću granicu od 85,0 dB(A), odnosno radnik na radnom mjestu klesara izložen je dnevnoj buci od 85,4 dB(A).

Zaštita od buke obuhvaća niz različitih koordinatnih postupaka u svrhu postizanja prihvatljivog i optimalnog stanja buke. Mjere za smanjenje buke mogu biti tehničke, organizacijske, organizacijsko-tehničke i građevinsko-planske mjere.

U klesarstvu Roksandić u cilju osiguranja uvjeta za siguran rad te zaštite zdravlja zaposlenika predlaže se provedba sljedećih mjera zaštite na radu:

1. Zaposlenicima klesarske radione u kojoj buka prelazi gornju upozoravajuću granicu od 85,0 dB(A) osigurati osobna zaštitna sredstva za zaštitu sluha, kao i nadzor nad njihovim obaveznim korištenjem. Radno mjesto klesara je ujedno i mjesto s posebnim uvjetima rada te se moraju obavljati redoviti specijalistički lječnički pregledi radnika.
2. Na ulaz u prostor klesarske radione potrebno je postaviti znakove obveze „*Obavezna zaštita sluha*“ te znakove opasnosti „*Opasnosti od buke*“.

## 4. LITERATURA

### Knjige:

- [1] Trbojević, N.: Osnove zaštite od buke i vibracija , Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2011.
- [2] Vučinić, J.: Pravno reguliranje zaštite na radu, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2008.
- [3] Beranek, L. L.: Noise and vibration control, McGraw-Hill, New York 1979.
- [4] Faulkner, L. L.: Handbook of industrial noise control, Industrial Press, New York 1979.
- [5] Harris, C. M.: Handbook of noise control, McGraw-Hill, New York 1979.
- [6] Igemansson, S., Elvhammar, H.: Zaštita od buke – načela i primjena, ZIRS, Zagreb 1995.
- [7] South, T.: Managing Noise and Vibration at work, Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford, 2004.

### Internet izvori :

- [1] Zaštita, [www.zastita.com.hr](http://www.zastita.com.hr),
- [2] Osobna zaštitna sredstva, [www.enormis.hr](http://www.enormis.hr)
- [3] Zvukomjer, [www.conrad.hr](http://www.conrad.hr)
- [4] Izvori buke, [www.webgradnja.hr](http://www.webgradnja.hr)
- [5] Slušna ploha, [ahyco.uniri.hr](http://ahyco.uniri.hr)

## 5. POPIS SLIKA

Slika 1. Izvori buke.....	6
Slika 2. Posljedice stresa uzrokovanog bukom na organizam.....	7
Slika 3. Građa uha.....	8
Slika 4. Slušna ploha.....	10
Slika 5. Zvukomjer.....	21
Slika 6. Osobna zaštitna sredstva.....	26
Slika 7. Obrada kamena.....	29
Slika. 8 Klesarstvo Roksandić.....	30
Slika 9. Zvukomjer DELTA OHM.....	31
Slika 10. Stroj za rezanje (kružna pila).....	32
Slika 11. Stroj za brušenje kamena.....	33
Slika 12. Stroj za poliranje.....	33
Slika 13. Stroj za probijanje kamena.....	34

## 6. POPIS TABILCA I GRAFOVA

Tablica 1. Ograničenja s obzirom na ometanje rada.....	17
Tablica 2. Prednosti i nedostaci OZS.....	27
Tablica 3. Primjer podataka o karakteristikama gušenja.....	28
Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja.....	35
Tablica 5. Izmjerene vrijednosti frekventne analize.....	37
Graf 1. Frekventna analiza.....	36