

Utjecaj buke na ljudsko zdravlje i metode zaštite od buke

Miholjević, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

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:128:885077>

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

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



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 REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE
Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Luka Miholjević

**UTJECAJ BUKE NA LJUDSKO
ZDRAVLJE I METODE ZAŠTITE
OD BUKE**

Završni rad

Karlovac, 2016.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Luka Miholjević

The impact of noise on human health and noise protection methods

Final paper

Karlovac, 2016

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE
Stručni studij Sigurnosti i zaštite

Luka Miholjević

**UTJECAJ BUKE NA LJUDSKO
ZDRAVLJE I METODE ZAŠTITE
OD BUKE**

Završni rad

Mentor: Dr.sc. Igor Peternel

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 / specijalistički studij: _____ stručni studij _____.

Usmjerenje: _____ sigurnost i zaštita _____ Karlovac, _____ 2016 _____.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Luka Miholjević

Naslov: Utjecaj buke na ljudsko zdravlje i metode zaštite od buke

Opis zadatka:

- uvod
- buka
- osnovni pojmovi akustike
- utjecaj buke na čovjeka
- mjerenje buke
- razine buke
- zaštita od buke
- održavanje osobnih zaštitnih sredstava
- zaključci

Zadatak zadan: Rok predaje rada: Predviđeni datum obrane:
07/2016 10/2016 _____.

Mentor: Dr.sc. Igor Peternel

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

PREDGOVOR

Izjavljujem da sam ovaj završni rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem svom mentoru za izradu završnog rada dr.sc. Igoru Peternelu, koji mi je pomagao tijekom izrade ovog rada.

Također zahvaljujem svim profesorima i svojoj obitelji, kolegama i prijateljima koji su bili uz mene i podržavali me tijekom studiranja.

SAŽETAK

U temi navedenog završnog rada opisano je što je buka, kako utječe na ljudsko zdravlje, naveden je primjer pravilnog mjerenja buke kao i načini zaštite od buke te načini održavanja osobnih zaštitnih sredstava.

S obzirom na to da buka kojoj smo svakodnevno izloženi predstavlja opasnost po ljudsko zdravlje, vrlo je važno biti kvalitetno educiran i upoznat s problemima koje ona donosi. Kvalitetnom izobrazbom te korištenjem odgovarajućih osobnih zaštitnih sredstava može se uvelike pridonijeti smanjivanju ovog velikog globalnog problema. Zaštita od buke od iznimne je važnosti u području zaštite na radu te iz tog razloga ne smije biti zanemarena.

Ključne riječi: buka, zvuk, zaštita, decibel.

SUMMARY

In this final work it is described how noise affects human health, the example of correct noise measurement, methods of noise protection, and the maintenance of personal protective equipment. Given that noise, which we are daily exposed to, presents a danger to human health, it is important to be well trained and familiar with the problems that it brings. Quality education, and the use of appropriate personal protective equipment can greatly contribute to the reduction of this huge global problem. Noise protection is of exceptional importance in the field of occupational safety and health, and therefore should not be ignored.

Key words: noise, sound, protection, decibel.

SADRŽAJ

PREDGOVOR	1
SAŽETAK.....	2
SUMMARY	3
POPIS SLIKA	5
POPIS TABLICA.....	5
POPIS SKRAĆENICA	6
1. UVOD	7
2. BUKA.....	8
2.1. Osnovni pojmovi akustike	9
2.1.1. Frekvencija	9
2.1.2. Decibel	10
2.1.3. Zvučni tlak.....	11
2.2. Utjecaj buke na čovjeka.....	12
2.3. Mjerenje buke	14
2.3.1. Zvukomjer	15
2.3.2. Mjerenje buke na autocesti Zagreb-Macelj, odmorište Plitvice.....	17
2.4. Razine buke	19
2.4.1. Dopuštene razine buke	20
2.4.2. Dozvoljeno vrijeme izloženosti buci.....	21
3. ZAŠTITA OD BUKE.....	22
3.1. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke.....	23
4.1.1. Zaštitne vate	23
4.1.2. Čepići za uši	24
4.1.3. Ušni štitnici	26
4.1.4. Zaštitne kape i kacige	27
5. ODRŽAVANJE OSOBNIH ZAŠTITNIH SREDSTAVA ZA ZAŠTITU OD BUKE....	28
6. ZAKLJUČCI.....	29
7. LITERATURA.....	30

POPIS SLIKA

Slika 1. Graf zvuka.....	9
Slika 2. Utjecaj buke na ljudski organizam.....	13
Slika 3. Zvukomjer.....	16
Slika 4. Zaštitne vate.....	23
Slika 5. Način stavljanja zaštitne vate u uho.....	24
Slika 6. Čepići za uši.....	24
Slika 7. Način stavljanja čepića u uši.....	25
Slika 8. Ušni štitnici.....	26

POPIS TABLICA

Tabela 1. Mjerenje razine buke.....	17
Tabela 2. Razine buke.....	19
Tabela 3. Dopuštene razine buke.....	20
Tabela 4. Dupušteno izlaganje buci.....	21

POPIS SKRAĆENICA

dB-decibel

Hz-herz

SZO-Svjetska zdravstvena organizacija

m/s-metar po sekundi

km/h-kilometar na sat

°C-stupanj Celzija

c-brzina zvuka

λ -valna duljina

f-frekvencija

log-logaritam

N/m²-jedinica za silu po metru kvadratnom

N-jedinica za silu

Leq-ekvivalentna neprekidna razina zvuka

cm-centimetar

1. UVOD

U mnogim zemljama diljem svijeta postoje zakoni koji se odnose na sigurnost i zdravlje zaposlenih ljudi. Svrha je tih zakona stvaranje sigurnog radnog okruženja i uklanjanje nesigurnih postupaka i procesa. Radni bi prostor trebao biti projektiran i izveden tako da zadovoljava norme sigurnosti radnika i zaštite okoline. U tom kontekstu sigurnost radnog mjesta podrazumijeva i to da bukana radnom mjestu i u okruženju ne bude uzrok narušavanja zdravlja zaposlenih radnika i ljudi u okruženju sustava.

Buka je vrlo važan uvjet rizika jer oštećuje fizički, fiziološki te psihološki.

Buka može izazvati ranu gluhoću potpuno nezavisno od normalnog gubitka sluha do kojeg dolazi zbog starosti, a može izazvati i manje poznate efekte koji nisu povezani sa sluhom, što uključuje povećanje krvnog tlaka ili djelovanje na kardiovaskularni sustav. Na nižoj razini buka može smetati komunikaciji i izravno uzrokovati nezgode ili nesreće.

Radi zaštite organizma i dijelova tijela, osobama koje su za vrijeme rada izložene određenim vrstama opasnosti i štetnosti, stavljaju se na raspolaganje osobna zaštitna sredstva i oprema ako se djelovanje opasnosti i štetnosti ne može otkloniti drugim mjerama zaštite na radu. Potreba primjene osobnih zaštitnih sredstava i opreme na radnim mjestima utvrđuje se na osnovu opažanja i analize izvora opasnosti u skladu s postojećim propisima i standardima.

Osobna zaštitna sredstva i opremu treba upotrebljavati samo onda kada je nemoguće provesti sve ostale sigurnosno-tehničko-organizacijske mjere. U većini slučajeva čak i najbolja i najuspješnija osobna zaštitna oprema za one koji ju upotrebljavaju dodatno je opterećenje. Osobna zaštitna sredstva prilikom korištenja mogu otežavati rad i kretanje, te na taj način smanjivati radni učinak. Stoga je važno obrazovanje zaposlenika na području sigurnosti i zaštite na radu. Prije početka rada postoji obveza zaposlenicima pružiti odgovarajući stupanj izobrazbe kako raditi na siguran načinite kako upotrebljavati osobna zaštitna sredstva i opremu.

Zaposlenici koriste smo ona osobna zaštitna sredstva koja su pravilnikom određena za pojedine vrste poslova. Npropisno korištenje zaštitnih sredstava može imati i tragične posljedice za život i zdravlje čovjeka. Osobna zaštitna sredstva moraju biti uskladištena na odgovarajući način kako bi se osigurala njihova trajnost. Poslodavac

je dužan osigurati radniku odgovarajuća osobna zaštitna sredstva te voditi računa o tome da uvijek budu u ispravnom stanju i spremna za korištenje.

2. BUKA

Buka je svaki neželjen, odnosno preglasan, neugodan ili neočekivan zvuk. Dakle, bukaje smjesa zvukova različitih svojstava kojima može biti trajna, isprekidana i udarna, promjenjive razine, različitog trajanja i vremenske raspodjele.

Buka štetna po zdravlje ljudi jest svaki zvuk koji prekoračuje propisane najviše dopuštene razine s obzirom na vrstu izvora buke, mjesto i vrijeme nastanka.[4.]

Buka je zvuk proizveden nepravilnim i periodičnim titranjem čestica u zraku.[2.] Ljudsko uho registrira zvukove u titraju između 16 i 20 000 Hz. Osim frekvencije, svojstva zvuka određuje zvučna jakost mjerena u vatima po kvadratnom metru (W/m^2), zvučni tlak u paskalima (Pa) i intenzitet zvuka, kojise izražava u decibelima (dB).

Štetnost buke po ljudsko zdravlje odavno je poznata. Krajem prošlog stoljeća čuveni je liječnik Robert Koch predvidio da će doći vrijeme kad će buka postati jedan od najvećih neprijatelja čovjeka i kad će se on morati boriti protiv nje kao što se borio protiv kuge i kolere. Očigledno, to je vrijeme došlo, jer prema najnovijim izvještajima Svjetske zdravstvene organizacije (SZO), buka uz hidro- i aerozagađenja spada u tri najopasnija zagađivača ljudskog okoliša.[2.]

Prema porijeklu buka u ljudskom okolišu može se podijeliti na industrijsku buku i buku okoliša. Pod nazivom industrijska buka podrazumijeva se buka koju stvara radni proces u industriji. Na osnovi velikog broja provedenih istraživanja, Svjetska zdravstvena organizacija donijela je procjenu prema kojoj je gornja granica neškodljivosti buke tijekom osmosatnog radnog vremena 75 dB(A). Iznad ove granice rizik oštećenja zdravlja značajno se povećava. Rizik se povećava razmjerno sa razinom buke.

Prema preporukama iste organizacije buka u kućanstvu ne bi smjela prelaziti razinu od 45 dB(A), a buka tijekom noći 35 dB(A). Potrebno je i napomenuti da razina zvuka pri uobičajenom razgovoru iznosi 40 do 60 dB(A).

2.1. Osnovni pojmovi akustike

Zvuk se javlja kada izvor zvuka izazove pomicanje najbližih čestica nekog medija, a širi se u obliku longitudinalnih valova. Longitudinalni su valovi valovi zgušnjavanja i razrjeđivanja medija. Kretanje se postupno širi tim medijem mnogo dalje od izvora zvuka.[2.]

Zvuk se kroz zrak širi brzinom od oko 343 m/s što iznosi približno 1235 km/h (kod temperature zraka 20°C). U tekućim i čvrstim stanjima tijela, brzina je širenja zvuka veća: 1500 m/s u vodi i 5000 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 označava se sa f . Međusobni odnos navedenih karakterističnih veličina prikazan je jednačinom:

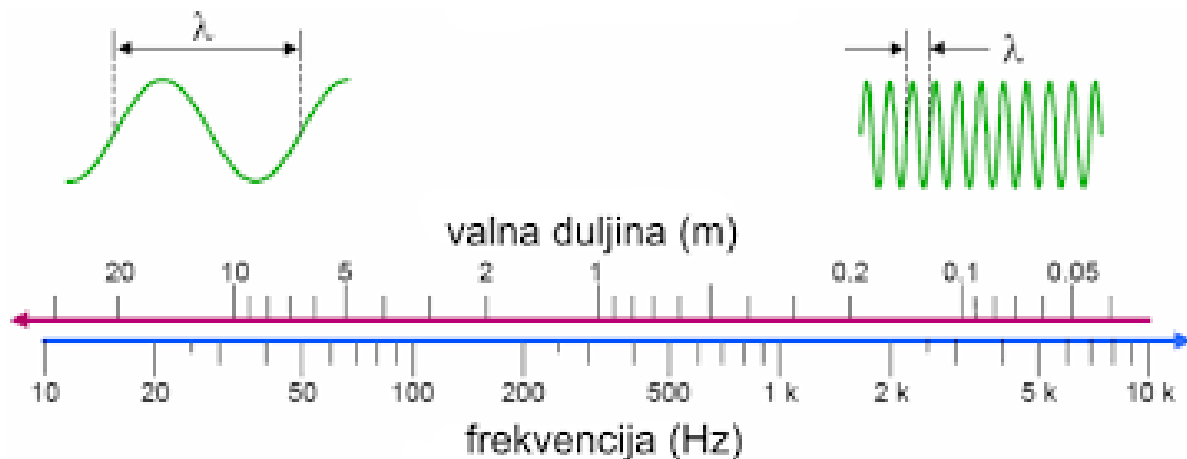
$$c = f \cdot \lambda \text{ [m/s] [2.]}$$

Brzina zvuka c u zraku najviše ovisi o temperaturi zraka t i računa se prema jednačini:

$$c \sim 331,4 + 0,6 t \text{ [m/s]}^2$$

λ = valna duljina, mjerna jedinica je metar (m)

f = frekvencija zvuka, mjerna jedinica je Herz (Hz)



Slika 1. Graf zvuka

2.1.1. Frekvencija

Frekvencija zvučnog vala predstavlja broj titraja u sekundi. Mjerna jedinica za frekvenciju je jedan Herc (1 Hz).[2.]

Definicija: 1 Herc (1 Hz) = jedna vibracija, (jedan titraj) u sekundi.[2.]

Zvuk postoji u vrlo širokom frekvencijskom opsegu. Zvuk koji ljudsko uho može čuti,

za mladu populaciju obuhvaća frekvencijsko područje između 16 Hz i 20 000 Hz. Na nižim frekvencijama vibracije zračnih čestica proizvode duboke tonove (bas). Na visokim frekvencijama čestice brže vibriraju i proizvode sopran.[2.]

Zvuk s frekvencijama ispod 16 Hz, koji normalan čovjek ne može čuti, naziva se infrazvuk. Zvuk iznad 20 000 Hz, koji je također nemoguće čuti, naziva se ultrazvuk.[2.]

2.1.2. Decibel

Mjerna je jedinica za buku decibel (dB).

Možemo ga definirati kao veličinu koja predstavlja logaritam odnosa dvaju intenziteta. Zapravo, tako definirana veličina jest *bel* (prema Grahamu Bellu, izumitelju telefona), a prikladnija, deset puta manja jedinica zove se decibel (dB). Broj decibela izračunava se prema:

$n = 10 \log (I_1/I_2)$ [dB], gdje n predstavlja broj decibela, a I_1 i I_2 predstavljaju dva intenziteta zvuka.[2.]

Na taj način dinamika slušnog polja, odnos najjačeg i najslabijeg zvuka kojega čovjek može čuti, iskazuje se odnosom $10^{12} : 1$, što se svodi se na 120 dB prema:

$n = 10 \log (10^{12}/1) = 120 \text{ dB}$ [2.]

Prema tome, ako se dva intenziteta (ili dvije snage) zvuka odnose kao 2: 1, u decibelima izraženo to predstavlja odnos od 3 dB prema: $n = 10 \log (2/1)$ zato što je $\log 2$ oko 0,3. Na isti način, 10 puta veći intenzitet predstavlja 10 dB, 100 puta veći 20 dB, itd.[2.]

S obzirom na to da je decibel definiran preko odnosa intenziteta, a intenzitet zvuka ovisi o kvadratu zvučnog tlaka, u slučaju kad se u decibelima želi izraziti odnos dvaju zvučnih tlakova, formula poprima oblik: $n = 20 \log (p_1/p_2)$ [dB]. Zbog toga dvostruki intenzitet predstavlja povećanje intenziteta od približno 3 dB, a dvostruki zvučni tlak predstavlja povećanje zvučnog tlaka od 6dB.

Prilikom mjerenja razine zvuka upotrebljava se instrument koji donekle imitira osjetljivost uha na zvukove koji leže u različitom frekvencijskom području. Ovo se ostvaruje ugradnjom filtra u instrument s frekvencijskim odgovorom sličnim onome u uhu. Taj se filter naziva A-filtar i njegova je frekvencijska karakteristika propisana

međunarodnim normama. Postupak mjerenja razine zvuka ovim filtrom naziva se A-vrednovanje, a jedinica koja se pri tome koristi jest decibel-A(dB(A)).

2.1.3. Zvučni tlak

Zvučni tlak iskazuje se kao poremećaj atmosferskog tlaka uzrokovan zvukom. Ili *Zvučni tlak je izmjenični tlak superponiran atmosferskom tlaku.*[2.]

Mjerna je jedinica za izražavanje atmosferskog tlaka, pa tako i za zvučni tlak, paskal (Pa). Stara je jedinica za tlak bar. Paskal je 10 puta veći od mikrobara.

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

N je mjerna jedinica za silu (Newton).

Newton (N) jedinica sile u MKS sustavu. To je sila koja masi od jednog kilograma daje ubrzanje od 1 m/s^2 .

Najmanji zvučni tlak koji ljudsko uho može *registrirati* (čuti kao zvuk) iznosi oko 0.00002 Pa , ili $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$. Tu je vrijednost Internacionalna standardizacijska organizacija (ISO) odabrala (standardizirala) kao referentnu veličinu – *referentni zvučni tlak*.

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

2.2. Utjecaj buke na čovjeka

Izvor buke jest svaki stroj, uređaj, instalacija, postrojenje, sredstvo za rad i transport, tehnološki postupak, elektroakustički uređaj za emitiranje glazbe i govora, bučna aktivnost ljudi i životinja i druge radnje od kojih se širi zvuk. Izvorima buke smatraju se i cjeline kao nepokretni i pokretni objekti te otvoreni i zatvoreni prostori za sport, rekreaciju, igru, ples, predstave, koncerte, slušanje glazbe i sl. [6.]

S razvojem društva pojavljuje se sve više izvora buke, sa sve višim i višimintenzitetom buke pa je buka postala jedan od najviše zastupljenih problema u industriji. Buka utječe na čovjeka fizički, psihički i socijalno te na taj način izaziva ozbiljna oštećenja kao što su:

1. oštećenje sluha;
2. smetnje pri komunikaciji;
3. uznemiravanje;
4. umor;
5. smanjenje učinkovitosti pri radu.

Jaka buka tijekom duljeg perioda može izazvati trajno oštećenje sluha, odnosno organa unutarnjeg uha. Ako dođe do takvog oštećenja, posljedice su trajne i nepopravljive. Rizik oštećenja sluha ovisi o razini buke, vremenu provedenom u bučnom prostoru, individualnim svojstvima organizma, ali rizik oštećenja ovisi i o karakteristikama buke.

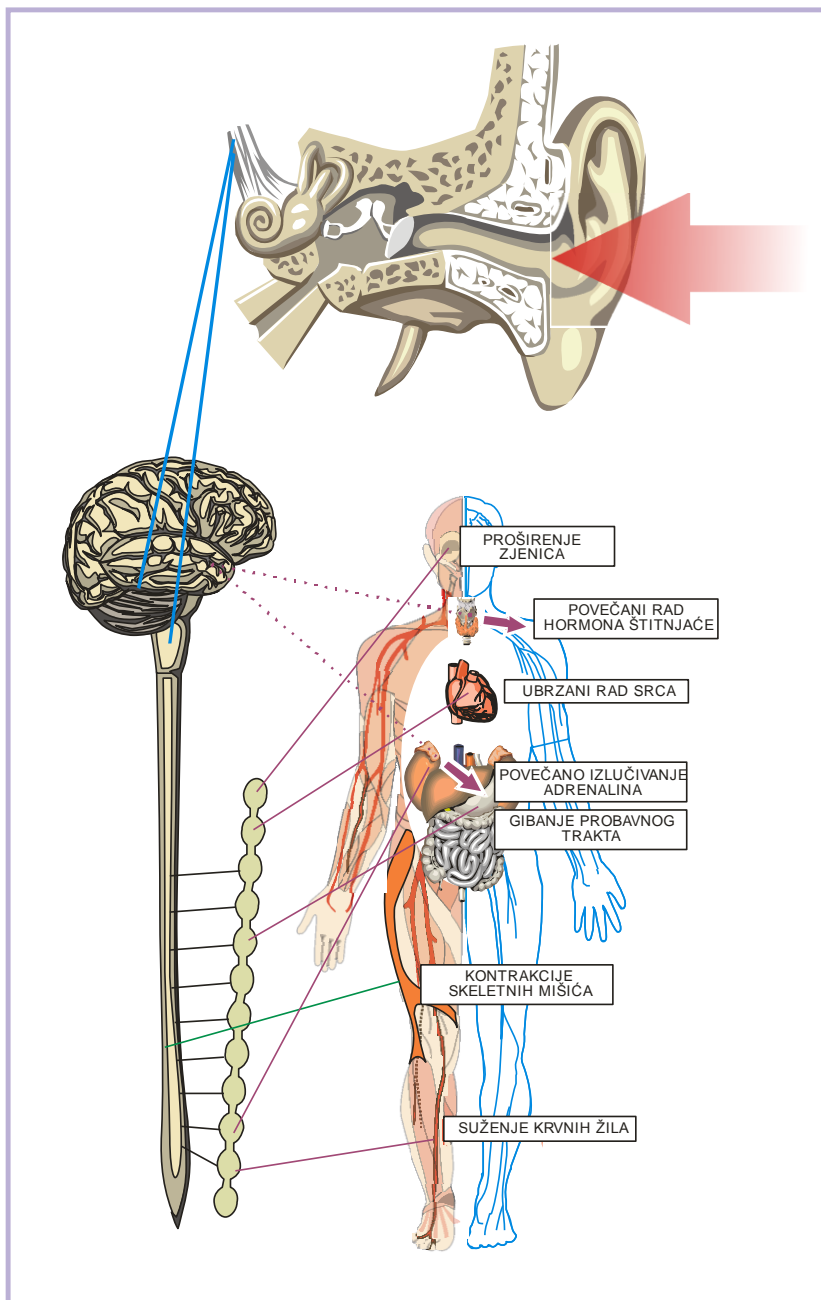
Na organ sluha buka djeluje podraživanjem dijela autonomnog živčanog sustava. Prilikom prelaska razine buke od 60 dB(A), a naročito iznad 80 dB(A), javljaju se simptomi koji su posljedica pojačane funkcije simpatikusa. Ovisno o razini buke, reakcije variraju od blagih i prolaznih simptoma do burnih reakcija i trajnih težih oštećenja.[2.]

Osjetljivost na buku također ovisi o individualnim svojstvima organizma jer neki ljudi dožive oštećenja već nakon kratkog vremena izloženosti buci, dok drugi ljudi mogu biti izloženi buci cijeli svoj život, a da pri tome ne dožive nikakva trajna oštećenja. Nakon kratkog vremena izloženosti visokoj razini buke, po odlasku u tiši prostor, buku niže razine ne možemo čuti. Ta je pojava privremenog karaktera te se normalan sluh vraća nakon izvjesnog vremena.

Ljudski je organ za sluh uho. Sastoji od tri osnovna dijela: vanjskog, srednjeg i unutarnjeg uha. Zvuk u uho ulazi kroz ušni kanal i preko dlačica koje se nalaze u

unutarnjem uhu, potom se pretvaraju u signal, živčane impulse koje mozak potom analizira i dekodira. Usljed visokog intenziteta buke može doći do oštećenja dlačica, koje se nalaze u ušnom kanalu i do trajnog gubitka sluha.

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



Slika 2. Utjecaj buke na ljudski organizam

2.3. Mjerenje buke

Prilikom izbora postupka za zaštitu od buke ili zauzimanje stava u vezi s bukomprojektirane tehnologije, prvi bitan korak čine mjerenja i proračuni. Bezbudućih proračuna ili planiranja iz postojećih proračuna koji ukazuju na stanjebuke, objektivne odluke o potrebi zaštite od buke ne mogu biti donesene niti se može suditi o njihovoj djelotvornosti.

Zbog različitih karakteristika buke i odgovarajućih tehnika mjerenja i proračunavanja,velika se pažnja posvećuje izboru tipa mjerenja kao i njegovomizvođenju. Razina zvučnog tlaka koja se dobiva zvukomjerom ne daje uvijekdovoljno informacija na osnovi kojih bi se procijenila štetnost po sluh ili koje bi mogle služiti kao polazište za planiranje programa zaštite od buke.Potrebno je iskustvo i specijalna praksa da bi se moglo vršiti mjerenje ukompliciranim situacijama. Međutim, u većini slučajeva dovoljno je upotrijebitineke osnovne tehnike mjerenja, kao i obični zvukomjer.

Postoji mnogo razloga za izvođenje mjerenja buke u industrijskoj proizvodnji,a najčešći su:

1. da bi se odredilo jesu li razine zvuka dovoljno visoke da bi uzrokovaletrajno oštećenje sluha, tendencija je prema tome da se što više istraži razina zvuka kojaprelazi 80 dB(A) u toku osmosatnog radnog vremena;
2. primjena najosnovnijih mjera za zaštitu od buke na strojevima i opremi;
3. određivanje zvučne emisije iz svakog stroja, da bi se npr. tako dobivenevrijednosti usporedile s onima iz garancija stroja i opreme;
4. osiguranje okoliša od prekomjerne buke, npr. stambenih četvrti.

Instrumenti i metode za mjerenje trebali bi odgovarati normama koje seodnose na adekvatnu vrstu tehnike koja će se primijeniti. Norme obuhvaćajuzahthjeve za mjerne instrumente, načine mjerenja buke za različite tipovestrojeva i proračunavanje smetnji koje uzrokuje buka, kao i drugih štetnihučinaka.

2.3.1. Zvukomjer

Instrument je za mjerenje buke (zvuka)zvukomjer.[2.] Zvukomjer je uređaj koji je konstruiran tako da prima zvuk približno na isti način kao ljudsko uho i da daje objektivna, reproducibilna mjerenja razine zvučnog tlaka.

Osnovna je veličina koju mjerimo kod buke razina zvučnog tlaka.Područje je zvučnih tlakova koje zamjećuje ljudsko uho veliko pa je uvedenalogaritamska skala prikazivanja tog tlaka.[2.]

Druga je osnovna veličina bukefrekvencija titranja. Područje frekvencija od 20 Hz do 20 kHz moguće je podijeliti na frekvencijske intervale ili opsege.Upraksi se to postiže elektroničkim filtrima koji se ugrađuju u zvukomjere,a koji odbacuju sve zvukove s frekvencijama izvan odabranog frekvencijskogintervala. Frekvencijski intervali imaju širinu bilo jedne oktave ili 1/3 oktave (tj. terce). Oktava je frekvencijski pojas pomoću kojega se granične frekvencije odnosekao 1 : 2, tj. najviša je frekvencija dvostruko veća od najniže frekvencije.Mjerenjem razine zvučnog tlaka ne dobivamo veličinu koja odgovara subjektivnomosjetu buke. Da bi se to izbjeglo, zvukomjeri imaju ugrađene elektroničkekrugove kojih osjetljivost varira s frekvencijom na isti način kao uho, tako simulirajući jednake krivulje glasnoće. Rezultat ovoga tri su različitostandardizirana korekcijska filtra „A”, „B”, „C”. Postoji i četvrti korekcijski filter, filter „D”.[2.]

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

Filtar „B” odgovara krivulji glasnoće kod srednje razine zvučnogtlaka.

Filtar „C” ustvari je linearan od 30 do 8 000 Hz, a „D” je namijenjenza mjerenje buke zrakoplova.

Danas se najviše koristi korekcijski filter „A” budući da namjena „B” i „C” ne odgovaraju subjektivnom osjetu buke zato što su izrađeni za čistiton, a buka se gotovo uvijek sastoji od složenih tonova.

Većina buke koja se želi izmjeriti ima promjenjivu razinu. Pri mjerenju želimomjeriti ove promjene što je moguće točnije. Zato su standardizirane dvijebrzine detekcije odaziva, označene kao „F” (brzo) i „S” (sporo).Ako se zvuk sastoji od odvojenih impulsa ili sadrži visok razmjer udarne buke, tada vremenski odzivi „F” i „S” nisu dovoljno kratki da mjerenje čini subjektivanosjet. Za takva mjerenja zvukomjeri

imaju „I” karakteristiku koja omogućava detekciju i prikaz kratkotrajne buke na način na koji čovjek opaža impulsne zvukove.

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 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. Npr. izlaganje glasnom zvuku 4 h štetnije je nego izlaganje istom zvuku samo 1 h. Da bi se odredilo potencijalno oštećenje sluha u zvučnom polju, mora se odraditi primjena energija na temelju razine zvuka i vremena ekspozicije.

Primljenu je energiju lako odrediti za konstantnu razinu zvuka. Ako je razina zvuka promjenjiva, mjerenje se mora ponavljati tijekom određenog razdoblja uzorkovanja. Na temelju tih uzorkovanja moguće je izračunati vrijednost poznatu kao ekvivalentna neprekidna razina zvuka (L_{eq}) koja ima isti sadržaj energije i isto potencijalno oštećenje sluha kao promjenjiva razina zvuka. Ako su promjene razine zvuka slučajne, nije lako izračunati L_{eq} . U ovakvim slučajevima upotrebljavaju se integrirajući zvukomjeri koji automatski računaju L_{eq} . [2.]



Slika 3. Zvukomjer

2.3.2. Mjerenje buke na autocesti Zagreb-Macelj, odmorište Plitvice

Prilikom računanja razine buke potrebno je ući i u područje statistike, točnije u statistički skup.

Statistički je skup skup istovrsnih elemenata (stvari, pojava ili drugih objekata) čija svojstva promatramo ili istražujemo statističkom metodom. Statističko obilježje (ili varijabla) karakteristika je elemenata statističkog skupa koji nas zanima. Statistički skup mora biti homogen, što znači da elementi statističkog skupa moraju imati barem jednu zajedničku karakteristiku. Ako elementi imaju više zajedničkih karakteristika, kažemo da je skup homogeniji. [3.]

Tabela 1. Mjerenje razine buke

Mjerenje	a_n dB	$(\bar{a} - a_n)$ dB	$(\bar{a} - a_n)^2$ dB ²
1.	63	8,74	76,39
2.	74	-2,26	5,11
3.	76,4	-4,66	21,72
4.	75,4	-3,66	13,4
5.	70,2	1,54	2,37
6.	70,1	1,64	2,69
7.	80,9	-9,16	83,91
8.	77,1	-5,36	28,73
9.	65,1	6,64	44,09
10.	65,2	6,54	42,77
n=10	$\sum a_n=717,4$		$\sum (\bar{a} - a_n)^2$ dB ² =321,18

$$\bar{a} = \frac{\sum a_n}{n} = \frac{717,4}{10} = 71,74 \text{ dB}$$

$$\Delta a = \sqrt{\frac{\sum (\bar{a} - a_n)^2 \text{ dB}^2}{(n-1) \times n}} = \sqrt{\frac{321,18}{90}} = \sqrt{3,57} = 1,89$$

$$a = \bar{a} \pm \Delta a = (71,74 \pm 1,89) \text{ dB}$$

Rezultati mjerenja pokazuju da se očekivana srednja vrijednost razine buke kreće u rasponu od minimalnih do maksimalnih vrijednosti, a tamo gdje su vrijednosti veće od zakonom propisanih vrijednosti, potrebno je primijeniti odgovarajuće projektno i

izvedbeno rješenje građevina za zaštitu od buke koje prometnu buku smanjuju na zakonom predviđene propisane vrijednosti.

U konkretnom slučaju, imamo 10 rezultata mjerenja na lokaciji odmorište Plitvice (autocesta Zagreb-Macelj). Rezultati se mjerenja od minimalnih do maksimalnih vrijednosti kreću u rasponu od 63 dB do 80,9 dB. Iz tablice je vidljivo da je prvo izračunata ukupna suma Σ , odnosno zbroj svih rezultata mjerenja koji je potom podijeljen s n (broj mjerenja) te je time dobivena aritmetička sredina \bar{a} (prosječna vrijednost). Potom je za svaki dobiveni rezultat tijekom mjerenja aritmetička sredina oduzimana od svakog pojedinog rezultata mjerenja. Dobivene razlike vrijednosti aritmetičke sredine i svakog pojedinog rezultata mjerenja potom su kvadrirane te je izračunata ukupna suma (zbroj) dobivenih kvadriranih rezultata. Izračunate vrijednosti vidljive su u tablici. Sljedeći je korak prilikom računanja izračunati Δa , odnosno razliku u mogućim odstupanjima od aritmetičke sredine dobivene tijekom računanja. Formule za računanje su prethodno navedene.

2.4. Razine buke

Uho je najsloženiji i najsavršeniji biološko-mehanički uređaj u tijelu koji u zdravom stanju odgovara na frekvencije koje leže u području od 16 Hz do 20kHz i tlakove od 20 μ Pa do 20Pa. Titraji prolaze kroz rezonantni prostor vanjskog uha, u srednjem uhu prelaze u vibracije, a u pužnici unutrašnjeg uha, na bazilarnoj membrani i u Cortijevu organu u elektrokemijske impulse koji putem slušnog živca informaciju o zvuku prenose u mozak.[1.] Sluh se može ograničiti u intenzitetnom i frekventnom rasponu. U tablici su vidljive neke od dozvoljenih razina buke s kojima se susrećemo u svakodnevnom životu.

Tabela 2. Razine buke

Zvuk	Razina jakosti zvuka (dB)
Prag čujnosti	0
Šapat	20
Govor	50
Stan u prometnoj ulici	60
Prometna ulica	70
Automobil	70
Kamion	90
Avion	120
Prag bola	130

Veličina razine zvučnog tlaka razlikuje se od osjeta buke. Velik napredak u određivanju pokazatelja buke koji je razmjerni posljedicama djelovanja buke na ljudski organizam primjena je vrednovane razine zvučnog tlaka, primjerene odgovoru slušnog organa za zvuk. To se postiže korekcijskim filtrima u zvukomjerima.[1.] I za druge značajne buke uključuju se određena prilagođavanja pa dobivamo ocjensku razinu buke. Razlike su u individualnoj osjetljivosti na buku velike, na doživljaj buke djeluje stav prema buci, nedostatak nadzora nad bukom, prijenos neugodne informacije, ambijentalna buka, itd.

Razine zvučnog tlaka u okolišu odgovaraju rasponu od 35dB do 110dB.[1.]

2.4.1. Dopuštene razine buke

Tabela 3. Dopuštene razine buke

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke imisija u dB(A)			
		Vanjski prostor		Unutarnji prostor	
		Dan	Noć	Dan	Noć
1.	Rekreativna	50	40	30	25
2.	Stambena	55	40	35	25
3.	Pretežito stambena	55	45	35	25
4.	Pretežito poslovna	65	50	40	30
5.	Gospodarska	Granica/<80		40	30

Iz tablice su vidljive dopuštene ocjenske razine buke u unutarnjem i vanjskom prostoru tijekom dana i noći, s obzirom na namjenu prostora. Navedene su neke od tipičnih namjena prostora s kojima se svakodnevno susrećemo. Možemo uočiti kako je tijekom noći dopuštena razina buke znatno manja u odnosu na dan.

Okolinska se buka nadzire donošenjem propisa, normi i mjera koje ograničavaju broj i intenzitet izvora prilagodbom tehničkom napretku, fizički odvajaju i udaljuju izvore buke i stanovništvo educiraju stanovništvo.

Na lokalnoj razini važno je utvrditi i pratiti razine buke, predvidjeti udjel buke pri prostornom planiranju, planiranju zelenih površina i prometnica te pri uvođenju svake nove djelatnosti prilagoditi stanje propisima i provoditi potrebne mjere za smanjenje razine buke. [1.]

2.4.2 Dozvoljeno vrijeme izloženosti buci

Tabela 4. Dupušteno izlaganje buci

Dnevno izlaganje u satima	Razina buke u dB
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1,5	102
1	105
0,5	110
0,25 i manje	115

Iz tablice je vidljivo da se dopuštena dnevna izloženost buci i razina buke nalaze u proporcionalnom odnosu. Odnosno, što je kraće dopušteno dnevno izlaganje buci, to je razina dopuštene buke veća. I obrnuto, što je dulje dozvoljeno vrijeme izloženosti buci, to je razina dozvoljene buke manja. Između navedenih ekstrema javljaju se dopuštene razine izloženosti buci čovjeka tijekom izlaganja u nekom određenom vremenu.

Ako je radnik izložen buci od 100 dB u vremenu od 15 minuta, posljedice će biti kao da je tijekom osmosatnog radnog vremena radio i bio izložen buci od 85 dB, gdje se osjećaj buke povećao sa 100% na 28%. U takvim situacijama rizik ozljede sluha na radnom mjestu povećava se 3 puta.[1.] Ukoliko radnici ne nose osobna zaštitna sredstva tijekom cijelog radnog vremena, moraju biti svjesni posljedica, ali bez mogućnosti ostvarivanja prava na invalidnost s obzirom na to da je oštećenje sluha nastalo isključivo njihovom pogreškom i neodgovornošću.

Na razini buke kod pojedinih strojeva najviše se može utjecati u fazi projektiranja, odnosno konstruiranja stroja pa je kod nabavke novih strojeva potrebno voditi računa o tim karakteristikama stroja. Tijekom eksploatacije stroja na održavanje razine buke može se utjecati redovitim održavanjem.[1.]

3. ZAŠTITA OD BUKE

Kada se radi na smanjenju buke, uvijek se mora uzeti u obzir činjenica da se zvuk širi i zrakom i čvrstom strukturom bez obzira na to jeli nastao u zraku ilimu je izvor neki stroj ili drugo tijelo. Većina izvora zvuka proizvodi i zračnu istrukturinu komponentu zvuka u isto vrijeme. S ciljem postizanja zadovoljavajućeg rezultata, mora se postupati po određenim pravilima za zaštitu od buke.[2.]

U radnim prostorima s teško rješivim problemom buke, neophodno je postupno rješavati problem, snižavajući razinu buke u više faza. Promatrajući sustavno postojeću situaciju u vezi s bukom, može se dobiti temeljna slika o njenoj razini i širenju. S ciljem planiranja i provođenja programaza zaštitu od buke, neophodno je razviti što je moguće opsežniji program mjerenja. Buka često dolazi iz više izvora (npr. od strojeva u proizvodnji i odsamog procesa obrade materijala) kao i rezidualna buka (npr. ventilacije, kompresora, pumpi za cirkulaciju) dakle, iz strojeva koji nisu smješteni direktnou radnom prostoru.

Kada prosuđujemo o riziku gubitka sluha na radnom mjestu, svi izvori buke koji inače rade trebaju raditi i tijekom mjerenja buke. U suprotnom, mjerenje razine buke nebi imalo nikakvog smisla. S druge strane, u cilju donošenja odluka u vezi s individualnim izborom mjera za zaštitu od bukenajbolji mogući način, svaki stroj i bučan proizvodni proces trebao bi se smjeriti odvojeno. Shodno tome, trebalo bi provjeravati i one radne procese istrojeve koji uzrokuju najveću buku. Ovi su načini mjerenja dobra osnova za prosuđivanje jeli zaštita od buke neophodna i moguća za izvođenje. Buka koja dopire iz pozadine često doprinosi ukupnoj buci. Svaki put kada se u radionici pojavi izvor buke, razina se buke poveća do nekog stupnja, iako se može dogoditi da razina buke koju proizvodi novi stroj bude relativno niska.

Prilikom pravljenja karte buke vrlo je bitno da osobe koje budu poduzimale mjere za zaštitu od buke ili snose odgovornost razgovaraju o tom pitanju s nekim tko je odgovoran za sigurnost i zaštitu ili s radnicima koji su prisutni u radnom procesu. Oni obično imaju temeljno znanje u vezi s opremom u proizvodnji i često mogu doprinijeti dobrim praktičnim idejama s ciljem napretka. Da bi izabrali one mjere za zaštitu od buke koje su najefikasnije s obzirom na cijenu, potrebna je tablica različitih mjera koje se primjenjuju na raznim tipovima strojeva i instalacija. Tako bi se u zavisnosti od troškova moglo znati koliko će se moći napraviti na učinku prigušivanja buke.

Svaki projekt trebao bi se opisati i predstaviti u nekoliko najosnovnijih crta, uključujući i:

1. Promjene na strojevima koje bi utjecale na smanjenje razine generirane buke.
2. Promjenu opreme s ciljem izbjegavanja iznenadnih udara prilikom proizvodnje i obrade materijala.
3. Oklapanje bučnih strojeva ili njihovih dijelova.
4. Ugrađivanje prigušivača u strojeve, odvođe i plinovode, kao i ventilacijske cijevi.
5. Podizanje zastora, pregrada i obloga za apsorpciju zvuka.

3.1. Osobna zaštitna sredstva za zaštitu od buke

Za zaštitu slušnog organa od prekomjerne buke na radu odnosno na radnim mjestima, gdje se ona ne može izbaciti ili smanjiti ispod dozvoljene razine tehničkim sredstvima, radnici moraju imati odgovarajuću zaštitnu opremu, odnosno odgovarajuća osobna zaštitna sredstva koja uvijek moraju biti u ispravnom stanju i koja su dužni koristiti na za to propisan i odgovarajući način.

Odgovarajuća zaštitna opremu bira se obzirom na razinu i frekvencijsko područje buke, a možemo je podijeliti na:

1. zaštitne vate,
2. čepiće za uši,
3. ušne štitnike,
4. zaštitne kape i kacige.

4.1.1. Zaštitne vate

Zaštitna vata kao sredstvo osobne zaštitne opreme za zaštitu od buke služi za zaštitu slušnih organa od buke koja je iznad propisane granice pri svakodnevnom obavljanju poslova koje podrazumijevaju izloženost radnika prekomjernoj razini buke. Potrebno je napomenuti da se obična pamučna vata koju svakodnevno koristimo u kućanstvu ne može koristiti kao sredstvo osobne zaštitne opreme.

Način uporabe: zaštitna vata pakirana je u određene kutije, iz koje se za jedno uho izvuče do 4 cm, otkine taj



Slika 4. Zaštitne vate

komad i poprečno presavije u oblik čepa. Zatim se stavi u uho s tim da vanjski dio čepa treba biti ravno pritisnut prstom da pokrije cijeli unutarnji prostor uha. Nakon završetka rada, vatu treba izvaditi iz uha. Zabranjeno je stavljati i vaditi vatu iz uha u vrijeme izloženosti buci.

Pamučna vata koja služi za opću potrošnju ne smatra se zaštitnom vatom. Pri formiranju čepa vate i pri stavljanju čepa u uho, obavezno ruke moraju biti čiste. Veličina čepa vate mora odgovarati veličini šupljine uha jer o adekvatnoj veličini čepa vate ovisi količina prigušivanja buke. Svaki se čep vate u pravilu upotrebljava samo jedanput.[1.]



Slika 5. Način stavljanja zaštitne vate u uho

4.1.2. Čepići za uši

Namjena čepića za uši kao osobnih zaštitnih sredstava služi za zaštitu slušnih organa od prekomjerne količine buke.

Primjena: pri obavljanju poslova u svim granama gospodarstva gdje se tehničkim sredstvima ne može postići intenzitet buke do 75 dB.[1.]

Vrste zaštitnih čepova formirani su i neformirani. Formirani se proizvode od čvrstog materijala, glatke površine s nastavkom za prihvat prstima kod stavljanja i vađenja u uho. Neformirani se proizvode od plastičnog materijala uz



Slika 6. Čepići za uši

oblikovanje samog radnika koji ga koristi pri radu.

Podjela:

1. Zaštitni čepovi za jednokratnu upotrebu: čepići 303 za bilsomat 400, čepići max, čepići matrix blue, čepići martix orange, čepići classic, čepići one touch.
2. Zaštitni čepovi za višekratnu upotrebu: slušalice precap, čepići fusion, slušalice QB1, slušalice QB3.

-
3. Pasivni prigušivači: nepomična ušna zdjelica iznutra je meko obložena, obloga blokira štetni zvuk iz okoline. Pri uporabi ovih prigušivača lako, brzo i jednostavno provjeravamo imaju li zaposlenici zaštićen sluh.
 4. Komunikacijski prigušivači: omogućuju korisnicima jednostavnu i učinkovitu komunikaciju s neposrednom okolinom i osobama koje su donekle udaljene.
 5. Elektronski prigušivači: ne omogućuju komunikaciju među korisnicima, no poboljšavaju korisniku doživljaj na način da mu omogućuju slušanje FM radio postajate nude i druge razne funkcionalnosti za poboljšanje ugodnosti zvuka. Prilikom uporabe poželjno je da oblik i veličinu ušnih čepova propiše liječnik kao stručna osoba koja zna sve vrijednosti s obzirom na oblik i veličinu ušnih kanala koji se razlikuju od čovjeka do čovjeka. Omogućuje prosječno prigušenje zvuka do 33 dB.



Slika 7. Način stavljanja čepića u uši

4.1.3. Ušni štitnici

Ušni štitnici se izrađuju prema normama: DIN 352, DIN 32760 i ISO 4869.

Vrste:

1. s elastičnim polukružnim nosačem školjki koji se stavlja na glavu,
2. i u kombinaciji sa zaštitnom kacigom.

Njihova namjena je da služe radniku za zaštitu sluha od prekomjerne buke. U posebnim uvjetima rada, štitnik se može koristiti na niskim, odnosno na visokim temperaturama. Primjenjuju se na svim radnim mjestima gdje je intenzitet buke između 85 i 105 dB. Izrađuju se od visokokvalitetnih materijala uz takvu konstrukciju da pružaju visoku udobnost prilikom nošenja.

Školjke štitnika pomiču se uzdužno po nosaču i namještaju na glavu tako da brtveni jastučići pravilno sjednu oko ušnih školjki, a polukružni nosač nalegne sredinom na tjemeni dio glave. Sigurna zaštita slušnih organa postiže se stalnim nošenjem ušnog štitnika u prostorima s prekomjernom bukom. Bitno je da se svaki radnik koji koristi pri radu ušne štitnike mora priviknuti na njegovu učestalu upotrebu. Proizvedeni su na način da su udobni pa se privikavanje na njihovo nošenje postiže vrlo brzo, odnosno već nakon nekoliko dana nošenja. Prednosti su im što se jednostavno koriste i skidaju, a nedostaci su im znojenje kože, otežana uporaba naočala i glomaznost.

Tijelo štitnika izrađuje se od materijala koji loše provodi buku, koji je teško zapaljiv, koji ne nadražuje kožu te nije štetan po zdravlje i ne pušta boju. Jastuci štitnika su od mekanog materijala koji ne propušta buku. Štitnici se moraju čuvati na suhom mjestu, sobne temperature i vlage. Pakiranje mora biti takvo da ne može doći do oštećenja prilikom transporta.



Slika 8. Ušni štitnici

4.1.4. Zaštitne kape i kacige

Služe kao specijalna zaštitna sredstva za one radnike koji su tijekom rada izloženi vrlo visokom intenzitetu buke, iznad 120 dB.

Prilikom rada koriste se standardne kacige za zaštitu glave u koje se stavlja ušni štitnik. Ako i to nije dovoljno, onda se koristi protuzvučna kaciga izrađena od prešanih staklenih vlakana. Unutar oklopa kacige postavlja se tkanina za apsorpciju zvuka te jastuci od pjenaste gume koji također imaju zaštitnu funkciju slušnih organa. Kape se proizvode kao klasične kape s ugrađenim ušnim štitnikom. Proizvode se od materijala koji pružaju dovoljnu zaštitu od prodora zvuka u uho.

5. ODRŽAVANJE OSOBNIH ZAŠTITNIH SREDSTAVA ZA ZAŠTITU OD BUKE

Osobnu zaštitnu opremu za zaštitu na radu moramo redovito održavati i čistiti, tako da je uvijek besprijekorna i spremna za korištenje. Oštećena se i neupotrebljiva oprema otpisuje, a potom i uništava.

Osobna zaštitna sredstva koja nosimo na glavi i u ušima moramo poslije svake upotrebe dezinficirati i oprati, posebice ako isto sredstvo, odnosno opremu, koristi više osoba. Osobna zaštitna sredstva koja se stavljaju na glavu ili tijelo zaposlenika, a koriste se za zajedničke potrebe, dezinficiraju se nakon svake upotrebe.

Namjera je dezinfekcije sprječavanje posrednog ili neposrednog prenošenja uzročnika bolesti i trovanja, (npr. sprječavanje oboljenja od pojedinih kožnih bolesti).

Dezinficirati možemo kemijskim sredstvima (dezinficijensi). Dezinfekcijska sredstva nisu univerzalna i djeluju samo na određene mikroorganizme. Samim čišćenjem toplom vodom i deterdžentom smanjuje se broj mikroorganizama.

Čišćenje ušnog štitnika i brtvenih jastučića obavlja se čistom mekanom krpom uz upotrebu vode i blage otopine sredstva za pranje. Upotreba otpala kao što su benzin, ulje, alkohol, razrjeđivači i slično nije dozvoljena. U slučaju oštećenja brtvenog jastučića, obavezno ga je odmah zamijeniti novim. Ušni čepovi i ušni pokrovi održavaju se i čiste na isti način kao i ušni štitnici.

6. ZAKLJUČCI

Kako smo prethodno upoznati sa složenosti problema vezanim uz buku, od iznimne je važnosti da svaki pojedinac savjesno i odgovorno pristupi tom problemu. Razvojem društva, svjedoci smo svakodnevnog napretku tehnologije, no bez obzira na sve, važno je da se kvalitetno upoznamo s činjenicama i opasnostima kojima smo izloženi. Također je potrebno sustavno provoditi mjere zaštite na radu koje uključuju opasnosti od buke i njenog štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje.

Možemo zaključiti kako buka kojoj smo svakodnevno izloženi predstavlja jedan od najvećih problema užeg ljudskog okoliša. Same posljedice štetnog utjecaja buke na ljudsko zdravlje većina ljudi zamjećuje tek kad postane kasno, odnosno kad već nastanu trajne štetne posljedice po zdravlje. Savjesnim promišljanjem o mogućnostima i oštećenjima vlastitog sluhadolazimo do određenih saznanja. Od iznimne je važnosti provoditi preventivnu zaštitu sluha od negativnih utjecaja buke. Ljudsko tijelo ne posjeduje nikakve refleksne zaštite za naš sluh, kao što to posjeduju oči za prejakom izloženost svjetlosti. Uši uvijek ostaju otvorene i bez zaštite. Dugim izlaganjima prekomjernim razinama buke dolazi do oštećenja sluha dalekosežnih zdravstvenih posljedica.

7. LITERATURA

- [1.] J.Vučinić,Z.Vučinić, osobna zaštitna sredstva i oprema, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011
- [2.] N. Trbojević, osnove zaštite od buke i vibracija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2011
- [3.] Z. Ivančić, I. Štedul, Ž. Strunje, Statistika, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2013
- [4.] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2009_03_30_648.html
- [5.] www.wikipedia.org/wiki/Buka
- [6.] <http://www.propisi.hr/print.php?id=255>