

# BUKA KOJU NA RADNOM MJESTU STVARAJU RAČUNALA I PERIFERNI UREĐAJI

---

**Sušnić, Mario**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:128:430293>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**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

Mario Sušnić

**BUKA KOJU NA RADNOM MJESTU  
STVARAJU RAČUNALA I PERIFERNI  
UREĐAJI**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2022.

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

Mario Sušnić

**NOISE MADE BY COMPUTERS AND  
PERIPHERAL DEVICES IN THE  
WORKPLACE**

Final paper

Karlovac, 2022

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Odjel sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Mario Sušnić

**BUKA KOJU NA RADNOM MJESTU  
STVARAJU RAČUNALA I PERIFERNI  
UREĐAJI**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr. sc. Damir Kralj, prof. v. š.

Karlovac, 2022.



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

## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij Sigurnosti i Zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac: 20.07.2021.

### **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Mario Sušnić

Matični broj: 0415617069

Naslov: **BUKA KOJU NA RADNOM MJESTU STVARAJU RAČUNALA I PERIFERNI UREĐAJI**

Opis zadatka:

- analizirati problem buke koju na radnom mjestu za računalom stvaraju računala i razni periferni uređaji
- ispitati u kojoj mjeri je taj problem obrađen kako u stručnoj i nastavnoj literaturi, tako i u aktualnoj regulativi vezan za zaštitu na radu
- u eksperimentalnom dijelu analizirati iskustva u praksi (po mogućnosti izvršiti mjerenja) i dostupnost podataka o razini buke u okviru podataka koje proizvođači informatičke opreme pružaju u okviru dokumentacije uz svoje proizvode
- dati mišljenje o aktualnoj situaciji i predložiti moguća poboljšanja stanja

Zadatak zadan:  
20.07.2021.

Rok predaje rada:  
07.06.2022.

Predviđeni datum obrane:  
14.06.2022.

Mentor:

dr.sc. Damir Kralj, prof.v.š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

dr. sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad izradio sam samostalno koristeći dostupne mrežne i pisane izvore.

Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Damiru Kralju, prof.v.š. na prihvaćanju mentorstva, i kvalitetnim smjernicama i savjetima koji su mi pomogli tijekom izrade rada.

Zahvaljujem se svojoj obitelji na razumijevanju, podršci i financijskoj potpori tijekom studiranja.

## SAŽETAK

Danas je u nekim zanimanjima više zastupljen psihički rad, pretežno umni rad za koji je potrebna usredotočenost i koncentracija. Takav oblik rada je najviše zastupljen na radnim mjestima za računalom. U ovom završnom radu obrađena je problematika buke koju na radnom mjestu stvaraju računala i periferni uređaji. Obrađujemo osnovne karakteristike buke i zvuka, govorimo o standardima za mjerenje buke te se upoznajemo s ergonomijom buke. Upoznajemo se s metodama suzbijanja i izbjegavanja buke kako bi smanjili buku računala te tako rad za računalom učinili ugodnijim i tišim. Upoznajemo se s utjecajem buke na čovjeka te provodimo istraživanje i mjerenje buke računala i perifernih uređaja u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o., koja se nalazi u Zaboku. Mjerenje buke smo proveli s ciljem kako bi dobili uvid u stanje buke na pojedinim lokacijama.

Ključne riječi: buka, informatička oprema, radno mjesto za računalom, periferni uređaji, utjecaj buke na zdravlje

## SUMMARY

Today, mental work is more prevalent in some occupations, mostly mental work that requires focus and concentration. This form of work is most common in computer workstations. This final paper deals with the issue of noise generated by computers and peripherals in the workplace. We deal with the basic characteristics of noise and sound, talk about standards for measuring noise and get acquainted with the ergonomics of noise. We are introduced to methods of suppressing and avoiding noise in order to reduce computer noise and thus make working at a computer more comfortable and quieter. We got acquainted with the impact of noise on humans and conducted research and measurement of noise of computers and peripherals in the company Valoviti papir Dunapack d.o.o., located in Zabok. We conducted noise measurements with the aim of gaining insight into the noise status on individual locations.

Keywords: noise, computer equipment, computer workstation, peripherals, impact of noise on health

## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O BUCI.....	2
2.1. Utjecaj buke na zdravlje čovjeka.....	3
2.1.1. Izravne i neizravne posljedice po zdravlje .....	3
2.1.2. Štetno djelovanje dugotrajnih malih intenziteta .....	6
2.2. Mjerne jedinice buke .....	7
2.2.1. Mjerenje buke informatičke opreme.....	9
2.3. Ergonomski utjecaj buke .....	10
3. IZJAVA O RAZINAMA ZVUČNE SNAGE .....	12
3.1. Standardi za mjerenje buke .....	13
4. ERGONOMIJA INFORMATIČKE OPREME.....	15
4.1. Ergonomija radnog mjesta za računalom .....	15
4.2. Ergonomija projektora.....	15
4.3. Ergonomija pisača, fotokopirnih strojeva i faksa .....	16
5. BUKA KOJU PROIZVODE RAČUNALA.....	17
6. METODE SUZBIJANJA I IZBJEGAVANJA BUKE.....	19
6.1. Vodeno hlađenje .....	19
6.2. Ventilatori.....	20
6.2.1. Regulatori vrtnje .....	21
6.3. Korištenje SSD umjesto HDD diskova .....	21
6.4. Napajanje.....	23
6.5. Tiha kućišta .....	23
6.6. Preporuka.....	24
7. EKSPERIMENTALNI DIO RADA.....	25
7.1. Svrha rada.....	25



7.2. Materijali i metode.....	25
7.2.1. Aplikacija koja je korištena za mjerenje buke.....	25
7.2.2. Mjerenje buke .....	26
7.2.3. Lokacije na kojima je vršeno mjerenje.....	27
7.3. Rezultati mjerenja buke .....	29
7.4. Vrijednosti koje proizvođači navode za svoje uređaje .....	32
7.4. Rasprava .....	34
8. ZAKLJUČAK.....	35
9. LITERATURA .....	36
10. PRILOZI.....	38
10.1. Popis slika.....	38
10.2. Popis tablica.....	38

## 1. UVOD

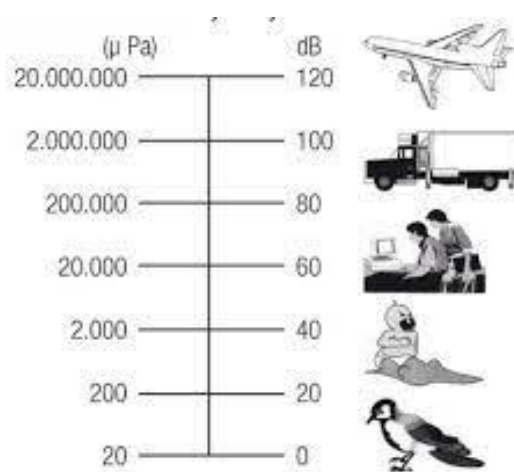
S industrijskim i tehnološkim razvojem došlo je do pojave novih oblika i intenziteta buke. Buka je ljudskom uhu nelagodan zvuk, u sredini u kojoj ljudi rade i borave ona može znatno utjecati na ljudsko zdravlje i smanjiti kvalitetu života. U urbanoj sredini je izazvana ljudskom aktivnošću te se smatra onečišćivačem okoliša. [1] Ljudi su u današnje vrijeme više informiraniji o djelovanju buke visokog intenziteta nego što su informirani o dugotrajnom djelovanju buke niskog intenziteta. Buka malih intenziteta se pojavljuje svuda oko nas, a najviše se javlja pri obavljanju uredskih poslova. Ondje gdje ljudi najviše koriste računala za rad. To je problematika koju nastojim obraditi u ovome radu.

Cilj rada je ukazati na probleme buke koju na radnom mjestu uzrokuju računala i periferni uređaji. Smatram kako nije u dovoljno mjeri posvećena pažnja tome kako dugotrajna buka niskog intenziteta može djelovati na ljude. Na temelju toga, u ovom radu se obrađuju: osnovne karakteristike buke i zvuka, standardi za mjerenje buke, ergonomske utjecaj buke, metode suzbijanja i izbjegavanja buke te utjecaj buke na zdravlje čovjeka. Također, provedena su mjerenja buke koju proizvode računala i periferni uređaji u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o., koja se nalazi u Zaboku. Mjerenjem intenziteta buke sam htio dobiti uvid u stanje buke na pojedinim lokacijama unutar tvrtke, te potom usporediti te rezultate s onim razinama buke koje nude proizvođači.

Glavna metoda prikupljanja materijala i istraživanja zasnivala se na mrežnim i pisanim izvorima, na materijalima dobivenim od mentora i samostalno prikupljenim materijalima.

## 2. OPĆENITO O BUCI

Buka je vrsta neugodnog zvuka koji često čujemo. Utječe na prirodnu obranu tijela i može varirati ovisno o učestalosti i intenzitetu buke. Uzrok tome su urbanizacija i industrijalizacija. Učinci buke na mozak su specifični i nespecifični. Nespecifični učinci buke mogu ometati rad, komunikaciju osobe i njezin odmor dok specifični utječu na gubitak slušne osjetljivosti. Buka iste jakosti ali viših frekvencija štetnija je od jače buke nižih frekvencija. Njezino djelovanje očituje se kroz umor, smanjenu koncentraciju, razdražljivost i povećanu napetost. Može doći do gluhoće i do trajnog oštećenja sluha. Sluh oštećen bukom ne može se izliječiti, pa kažemo kako se buka može spriječiti ali se ne može liječiti. Profesionalnom bolešću se smatra ako je došlo do oštećenja sluha kod radnika koji je kroz duži period bio izložen djelovanju takozvane industrijske buke iznad propisane jakosti. Buka se definira kao svaki nepoželjan zvuk. Objektivno, zvuk definiramo kao pomak brzine ili ubrzanja čestice, promjenu tlaka napreznja, koja se širi u elastičnoj tvari. Prema objektivnoj definiciji zvuka, za njegovo nastajanje nužno je: smještaj izvora zvuka u nekoj elastičnoj okolini, te postojanje izvora zvuka koji mehanički oscilira. [2] Na slici 1 možete vidjeti prikaz razine buke po izvorima buke.



Slika 1. Prikaz razine buke po izvorima buke [3]

## **2.1. Utjecaj buke na zdravlje čovjeka**

Sve ono što čujemo nazivamo zvukom. Zvukovi su posljedica njihanja tijela. Svaki zvuk koji ometa čovjeka na poslu, izaziva nemir, šteti njegovu zdravlju ili dobrobiti nazivamo bukom. Razlika između buke i zvuka ovisi o okolnostima i slušatelju. Zvuk više uznemirava onoga koji nema utjecaja na zvuk, već ga samo doživljava, nego onoga koji proizvodi taj isti zvuk (na primjer, učenik koji „vrišti” na hodniku). Ako je osoba često i dugotrajno izložena buci, tada buka može biti opasna za sluh. Zvuk omogućuje ljudima da uče o okolišu, komuniciraju, orijentiraju se u prostoru i obavljaju aktivnosti potrebne za normalan život. Iako pojedinci različito reaguju na buku, ona je gotovo uvijek štetna za ljude. Buka je jedan od ključnih uzroka stresa, a također može uzrokovati nepopravljivo oštećenje sluha. Buka na radnom mjestu predstavlja ozbiljnu prijetnju zdravlju radnika. Radnici i poslodavci morali bi posvetiti više pozornosti eliminiranju rizika zbog izloženosti buci. [4]

Posljedice buke mogu se podijeliti na auditorne (oštećenje sluha) i ne auditorne (psihološki problemi i poremećaji spavanja). U uredskim prostorima ne postoje strojevi koji proizvode buku visoke razine, stoga su posljedice buke ne auditorne. Tako buka niskog intenziteta može uzrokovati određene posljedice na organizam. [5]

### **2.1.1. Izravne i neizravne posljedice po zdravlje**

Na smanjenje efekta rada buka utječe tako što uzrokuje osjećaj nezadovoljstva i nelagodnosti. Najčešću buku kod radnih mjesta s računalima proizvode: pisači, tipkovnice, ventilacija i klimatizacijski uređaji, te zvučni signali ugrađeni u programske sustave i sl. Prosječna buka računala kreće se od 30 dB do 55 dB. Vibracije koje proizlaze iz ventilatora i rada diskova najviše uzrokuju buku kod računala. Posljedice buke možemo podijeliti na auditorne i ne auditorne, odnosno, možemo ih podijeliti na izravne i neizravne. Posljedice su neizravne (ne auditorne) pošto u uredskim prostorima ne postoje strojevi koji bi stvarali visoku buku. Neke od izravnih posljedica na zdravlje su:

- gluhoća,
- naglušost,
- razni poremećaji vezani za razumijevanje govora,
- šumovi u uhu,
- smetnje u ravnoteži i nesigurnost u hodu,
- zanošenje.

Neizravne posljedice za zdravlje bitne su neurovegetativne reakcije kao što su endokrinološki poremećaji, hipertenzija i drugi poremećaji metabolizma. Ostale neizravne posljedice su psihičke reakcije (razdražljivost), umor te smanjenje radne sposobnosti

Buka dovodi do objektivnog poremećaja sna te jako utječe na ciklus spavanja. Skraćena je REM faza nakon izlaganja buci. Djeci najmanje smeta buka za vrijeme spavanja dok su stariji ljudi osjetljiviji. Za vrijeme spavanja, izloženost buci povećava broj pokreta tijela u snu te povećava krvni tlak i puls. Buka inducira osjećaj bespomoćnosti, sličan onome kod depresivnih pacijenata. Izaziva poremećaj svakidašnjih aktivnosti, a pogotovo u izvođenju složenih mentalnih aktivnosti. Kod uobičajenih dnevnih radnji dovodi do povećanja svagdanjih pogriješaka. Zbog otežane komunikacije, buka dovodi i do poremećaja u ponašanju, uzrokuje neželjene promjene ponašanja i povećava agresiju što može dovesti do društvene izolacije. Buka dovodi do stvaranja nerealnih procjena te utječe na sposobnost procjenjivanja i integriranja informacija. Utječe na:

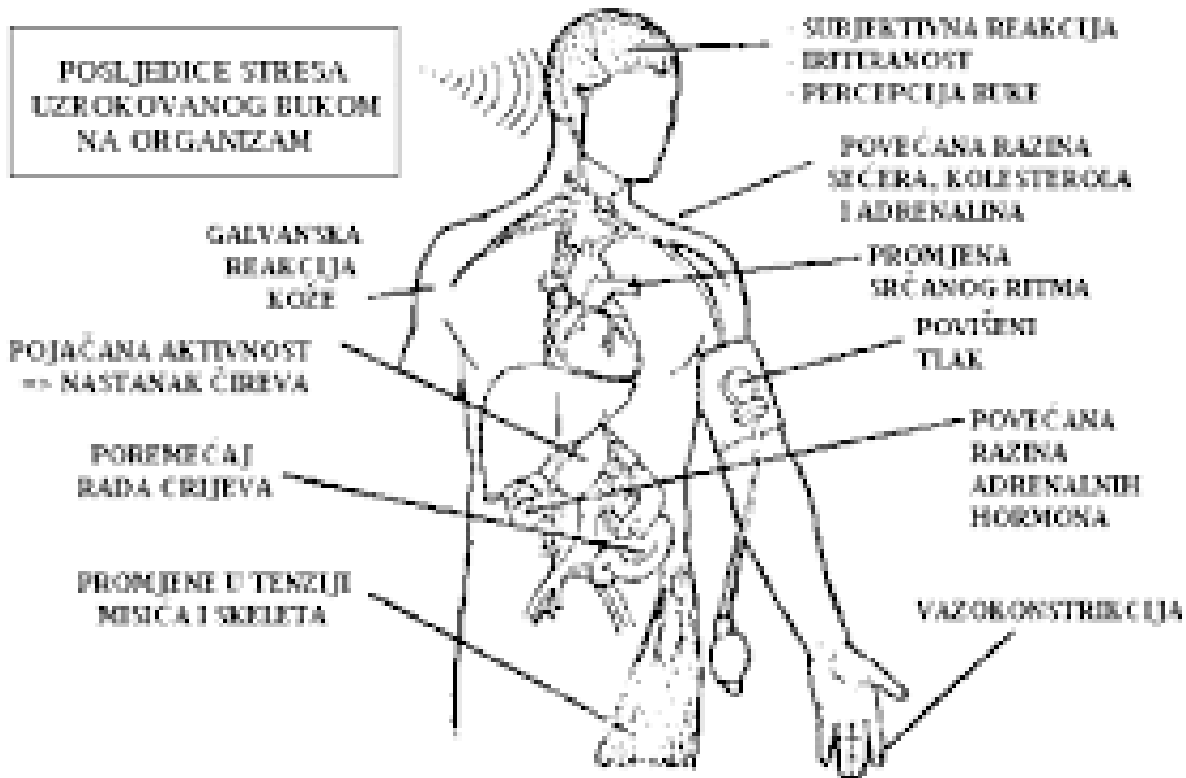
- razvoj kardiovaskularnih bolesti,
- povećava se razina serumskog kolesterola,
- dolazi do promjena frekvencije pulsa i disanja,
- krvnog tlaka,
- stvara povišen rizik za infarkt miokarda te povećava lučenje adrenalnih hormona (slika 2).

60 dB iznosi prag iznad kojeg se javlja viši rizik za infarkt. Javlja se i endokrini odgovor na buku koji dovodi do porasta adrenalina, kortizola i gonadotropina. Kada

govorimo o kroničnoj izloženosti buci, ona utječe na kognitivne sposobnosti tako što se očituje u:

- poteškoćama koncentracije,
- smanjenoj pažnji,
- smanjenoj motivaciji,
- slabijoj razumljivosti govora,
- slabijem pamćenju kompleksnih podataka,
- i slabijem rezultatu u školi.

Izloženost buci može povećati broj hospitalizacija i korištenja zdravstvenih usluga te može uzrokovati psihičke promjene. Kod buke iznad 80 dB javlja se agresivno ponašanje. Osjetljivost na buku dodatno povećavaju psihički problemi. Zajedničko djelovanje buke i drugih faktora, kao što su loši životni uvjeti, zagađenje zraka, socijalna izolacija, nezaposlenost, znatno je veće nego što je zbroj njihovih zasebnih djelovanja. Negativno djelovanje buke na radni učinak očituje se u smanjenoj pozornosti, povećanom osjećaju sigurnosti koja dovodi do većeg broja propusta, propusta u izvršavanju radnih zadataka te propuštanju bitnih informacija. Buka niskog intenziteta također je jako važna kod rada s računalima i uzrokuje određene posljedice na organizam. [6]



Slika 2. Utjecaj buke na čovjeka [7]

### 2.1.2. Štetno djelovanje dugotrajnih malih intenziteta

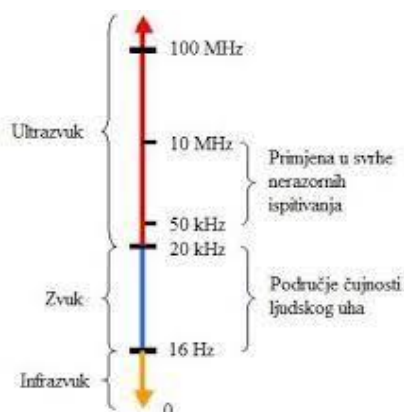
Emisija buke visokog intenziteta mogu biti opasne za nas, ali čak i buka niskog intenziteta može pogoršati razumljivost govora, negativno utjecati na naš rad i može negativno utjecati na našu dobrobit. Taj tihi, ali čujni zvuk svjesno ili nesvjesno traži i natječe se za našu pažnju. Osnovni preduvjet za punu pažnju je budnost. Našu budnost može smanjiti neprekidan i monoton zvuk. Pažnja je važna komponenta funkcioniranja ljudskog mozga, ono što je potrebno u prikupljanju i obradi informacija. Tišina je važna jer oslobađa energiju mozga za različite vrste obrade informacija, osim akustičnih informacija. Također, pruža neutralnu pozadinu na kojoj se mogu čuti zanimljivi zvukovi. Poznato je da

ljudski mozak istovremeno može obraditi samo određenu količinu informacija, kako bi ga koristili što konstruktivnije, potrebno je okruženju pružiti samo najcjenjenije dostupne informacije. Akustičnom informacijom, ali informacijom koja nam nije potrebna može se smatrati pozadina informacijske tehnologije. Ne treba nas kontinuirano obavještavati da je dio informatičke opreme uključen. Ako ove neželjene zvučne informacije nisu prisutne, naš mozak može raditi produktivnije. Kako bi se izbjegla iritacija bukom i za lako razumljiv govor, Svjetska zdravstvena organizacija preporučuje donji prag ambijentalne buke (emisija pozadinske buke) od 35 dB (A). [5]

Interesantno je kako buka (šum) niskog intenziteta može ponegdje povećati slušne sposobnosti, a opet u dobrom dijelu situacija ovi zvukovi vode u poremećaj koncentracija i sl.

## 2.2. Mjerne jedinice buke

Postoje dvije mjerne jedinice buke, a to su: frekvencija koja se izražava u Hertzima (Hz) i intenzitet buke koji se izražava u decibelima (dB). Prag čujnosti je intenzitet buke od 0 dB kod frekvencije 1.000 Hz. Uho je najosjetljivije na zvukove od 1.000 do 7.000 Hz, a najveća osjetljivost je kod 4.000 Hz. U pravilu, zdravo ljudsko uho je sposobno za primanje zvučnih podražaja u području frekvencija od 16 Hz do 20.000 Hz (slika 3).



Slika 3. Infrazvuk, zvuk i ultrazvuk [8]



Zvuk je definiran kao čujni osjet izazvan titrajima u elastičnoj tvari. Čovjek svaki nepoželjan zvuk osjeća kao buku, bio on harmoničan ili neharmoničan. Industrijska buka skup je neharmoničnih zvukova različitih intenziteta i frekvencija, a takvu buku najčešće susrećemo u industrijskim pogonima. Takva buka nije vezana samo uz industrijske pogone, ona se sve više širi i ugrožava čovjekovu životnu okolinu. Ustanovljeno je da buka u životnoj i radnoj okolini štetno djeluje na zdravlje čovjeka. Štetnost buke se najviše očituje kroz: fiziološko djelovanje, psihološko djelovanje (najviše ovisi o individualnim osobinama), te smanjenje radne sposobnosti i produktivnosti rada. Sve više pozornosti se poklanja istraživanjima na području provođenja zaštitnih mjera na pojedinim radnim mjestima, u čovjekovu radnom i životnom prostoru. Provođenju tih zaštitnih mjera uvjetovao je velik broj osoba s oštećenim ili sasvim uništenim sluhom. Buke ima na svakom mjestu, ali različitog intenziteta. Najveći intenzitet buke javlja se kod šinskih i visokoturažnih prometnih sredstava, u brodogradnji, u proizvodnji parnih kotlova, drvenoj i tekstilnoj industriji, strojogradnji i dr. Zaštita od buke provodi se pravilnim i redovitim održavanjem uređaja i strojeva, ograđivanjem izvora buke kako bi se spriječilo i smanjilo širenje buke u okolinu, korištenjem odgovarajućim osobnim zaštitnim sredstvima za zaštitu sluha. [2] U tablici 1 prikazane su vrste zvuka i jakosti u dB.

Tablica 1. Vrste zvuka i razina jakosti u dB

<b><u>Primjeri vrste zvuka i razine jakosti zvuka izražene u decibelima</u></b>	
<b>ZVUK</b>	<b>RAZINA JAKOSTI ZVUKA (dB)</b>
Prag čujnosti	0-25
Govor	40
TV	55
Prometna ulica	70
Električna pila	100
Glasna glazba	110
Prag bola	130-140
Polijetanje i slijetanje aviona	140

### 2.2.1. Mjerenje buke informatičke opreme

Podaci o buci dati za određeni dio informatičke opreme ovise o načinu na koji su izmjereni. Sobni uvjeti, pozadinska buka i udaljenost važni su čimbenici koji mogu utjecati na izmjerene vrijednosti buke. Važno je znati koji su standardi za mjerenje buke korišteni za dobivanje podataka koje su naveli proizvođači. Besmisleno je reći kako dio informatičke opreme ima emisiju buke od 20 dB (A), a da nam se također ne navede kako je izmjerena ta vrijednost od 20 dB (A). Također nam je potrebno reći je li navedena razina zvučne snage ili razina zvučnog tlaka. Razlika između njih može biti i do 12 decibela. Razine zvučne snage koje se označavaju znakom  $L_{WA}$  su uvijek veće od razina zvučnog tlaka ( $L_{pA}$ ). Na način ako se navedu razine zvučnog tlaka, a ne razine zvučne snage, veliki će broj proizvoda izgledati puno povoljnije. Zbog toga proizvođači vrlo često navode brojke razine zvučnog tlaka. Razine zvučnog tlaka za komponentu računala, kao što su tvrdi disk ili DVD, mogu se dobiti prilično jeftino pomoću mjerača razine zvučnog tlaka. Znatno je skuplje imati certificiran i izmjeren proizvod prema međunarodnim standardima za razinu zvučne snage u kvalificiranom akustičnom laboratoriju.

Što se tiče mjerenja zvučne snage, odgovorni proizvođači počeli su usvajati standard ISO 9296 i označavati svoje vrijednosti razine zvučne snage za kupce. Razine zvučne snage korisne su graditeljima sustava, korisnicima, proizvođačima opreme i za sljedeće primjene: za usporedbu izlazne buke iz različitih strojeva, za postavljanje specifikacija za maksimalno dopuštene razine buke od strojeva, za usporedbu strojeva prije preinaka i nakon preinaka radi smanjenja buke, te za izračunavanje razine zvučnog tlaka iz stroja ili nekoliko strojeva koji se nalaze u određenom okruženju (npr. radionica, tvornica, kuća ili ureda) i na određenoj udaljenosti. [5]

### 2.3. Ergonomski utjecaj buke

Dugo je vremena bilo uvriježeno kako emisije zvučne buke visokog intenziteta negativno utječu na ljudske performanse, zdravlje i dobrobit. Tek nedavno znanost počinje razmatrati i onu buku niskog intenziteta koja može utjecati na ljudske parametre, poput nenamjernog zvuka koje često emitiraju strojevi i oprema namijenjeni upotrebi u domovima i uredima.

Ergonomija zvuka može se sažeti kao nastojanje kako bi se postigao najviši mogući omjer signala i šuma u zvučnom okruženju i kako bi se smanjile smetnje kada zvuk nema značajnih informacija. Stoga se ergonomija zvuka ne može nositi samo s ne željenim zvukovima koji ometaju; zvukovima upozorenja (npr. zvuk koji proizvodi računalo za vrijeme rada). Jednako su važni savršena razumljivost govora i optimizirani i značajni signali. [9]

Buka je štetna za ljude na mnogo načina, izravno ili neizravno može oštetiti njihovo zdravlje, Uzrokuje umor i smanjuje radnu sposobnost, ometa komunikaciju, odmor i san. S obzirom na stupanj štete, buku možemo podijeliti na četiri stupnja opasnosti: 1) 30-55 dB (A) - psihoaktivna zona (radnici postaju razdražljivi, umorni i počinju osjećati nelagodu), 2) 55-85 dB (A) - područje teških psihičkih i fizičkih oštećenja (radnici postaju razdražljivi, emocionalno labilni, loše koncentracije i smanjene motivacije), 3) 85-120 dB (A) - područje oštećenog sluha (može doći do naglušnosti, oštećenja sluha ili potpune gluhoće zbog izloženosti buci kroz čitavo osmosatno radon vrijeme), 4) Iznad 120 dB (A) - područje akutnog oštećenja sluha.

U Republici Hrvatskoj zaštita od buke u radnom okolišu određena je Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, koja definirani kriteriji za sprječavanje smetnji buke donosi prilikom utvrđivanja rizika od gubitka sluha na temelju dnevne ili tjedne razine izloženosti. Dopuštena razina buke ovisi o vrsti posla. U tablici 2 prikazane su preporučene dopuštene vrijednosti za ekvivalentnu razinu buke za osmosatni rad na radnom mjestu. [10]

Tablica 2. Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti

Opis posla	Najviša dopuštena razina buke $L_{A, eq}$ u dB (A)	
	(a)*	(b)*
Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke, istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem	80	65

\*LEGENDA:

(a) razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora, (b) razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i drugo

### 3. IZJAVA O RAZINAMA ZVUČNE SNAGE

Dva najvažnija svjetska standarda za IT deklaracije su ISO 9296 i ECMA-109, na kojima se temelji ISO 9296. Trenutno nam ne nedostaju standardi kako izmjeriti i prijaviti emisiju IT buke, ali nedostaje nam široko prihvaćanje. Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) mreža je nacionalnih instituta za norme iz 140 zemalja koji rade u partnerstvu s međunarodnim organizacijama, vladama, industrijom, poslovanjem i predstavnicima potrošača. Europsko udruženje proizvođača računala (ECMA) je europska organizacija za standardizaciju informacijskih i komunikacijskih sustava. U ovim standardima stoji:

- ISO 9296: Od primarne je važnosti navesti razinu zvučne snage,  $L_{WA}$  za prikaz deklariranih vrijednosti buke. Međutim, prepoznato je da korisnici još uvijek žele informacije o razinama zvučnog tlaka,  $L_{pA}$ . Na temelju toga ovaj standard određuje da se moraju prijaviti obje količine.
- ECMA-109: na kojoj se temelji ISO 9296: Od primarne je važnosti navesti A-ponderirane razine zvučne snage,  $L_{WA}$  za prikaz deklariranih vrijednosti emisije buke. Međutim, prepoznato je da korisnici još uvijek žele informacije o A-ponderiranim razinama zvučnog tlaka  $L_{pA}$ .

Zbog toga ECMA-109 navodi da se moraju prijaviti obje količine. Pronađena su različita mišljenja u pripremi ovog ECMA-e između različitih međunarodnih i nacionalnih organizacija glede najkorisnijeg načina predstavljanja vrijednosti emisije buke. Ovaj ECMA standard izražava vrijednosti emisije razine zvučne snage u Belima i vrijednosti emisije zvučnog tlaka u decibelima kako bi se izbjegao nesporazum između prikazivanja razina zvučne snage u decibelima re 1 pW i razina zvučnog tlaka u decibelima re 20 mPa, odnosno, kako bi se ublažile razlike u spomenutom mišljenju.

Korisnici još uvijek žele vrijednosti razine zvučnog tlaka iako vrijednosti razine zvučne snage nisu samo korisnije za odluke o kupnji i usporedbu proizvoda, također se mogu koristiti i za izračunavanje vrijednosti razine zvučnog tlaka. [5]

### 3.1. Standardi za mjerenje buke

Za prikupljanje podataka o emisijama koriste se standardi za mjerenje buke. Standardi deklaracije mogu se promatrati sučeljem na kojem se sastaju proizvođači i kupci / korisnici. ISO mjerni standardi su:

- ISO 7779: Akustika - Mjerenje zračne buke koju emitiraju računala i poslovna oprema. To je međunarodno prihvaćeni standard za mjerenje emisije buke iz tvrdih diskova, sistemskih jedinica osobnih računala, i ostalih medija za pohranu. Specificira radne i instalacijske uvjete u zvučnom laboratoriju kako bi se imale ponovljive i ponovljive vrijednosti.
- ISO 9295: Akustika - Mjerenje visokofrekventne buke koju emitiraju računala i poslovna oprema. Koristi se kao dopuna ISO 7779 za mjerenje visokofrekventnih šuma (u oktavnom pojasu od 16 kHz).
- ISO 10302: Akustika - Metoda za mjerenje buke koju emitiraju mali uređaji koji se kreću zrakom. To je međunarodno prihvaćen standard za mjerenje buke ventilatora.

ISO deklarirani standard je:

- ISO 9296: Akustika - Deklarirane vrijednosti emisije buke računala i poslovne opreme. Međunarodno je prihvaćeni standard za prijavljivanje emisije zvučne buke iz informatičke opreme. Određuje izvještavanje o statističkim najvećim vrijednostima A-ponderiranih razina zvučne snage u decibelima ( $L_{WA,d}$ ). Ovo je deklarirana A-ponderirana razina zvučne snage. To znači da standard matematički ispravlja nesigurnost u proizvodnji isto kao i u mjerenju. Zbog nesigurnosti, neki proizvođači nisu voljeli korekciju jer vrijednosti ISO 9296 postaju oko 0,3 - 0,4 B iznad razine zvučne snage ( $L_{WA}$ ). Mjerenja se trebaju provesti prema ISO 7779. [5]

Buka se u Republici Hrvatskoj mjeri u skladu sa sljedećim normama:

- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 46/08),
- Norme HRN ISO 9612:2000 Akustika - Smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini (ISO 9612:1997),

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

## **4. ERGONOMIJA INFORMATIČKE OPREME**

Grupa proizvoda informatičke opreme sastoji se od osobnih računala i njegovih perifernih uređaja. Odnosno, računala, pisača kopirnih strojeva, faks uređaja, projektora i nekih drugih proizvoda. Informatičko ergonomsko razmišljanje možemo podijeliti u tri glavne podskupine: informatička oprema ne smije odvlačiti pažnju i ne smije prouzročiti štetne učinke na zdravlje ili ljudske performanse, mora biti što lakša za uporabu i razumijevanje. [9]

### **4.1. Ergonomija radnog mjesta za računalom**

Ergonomija računala već je dugo usredotočena na to kako sjediti uz strojeve, na tome da miš i tipkovnica budu ergonomski konstruirani, na to da je važno svako malo odmoriti se, na to da njihovi zasloni budu optimizirani što se tiče vidljivosti i kakvo osvjetljenje treba biti oko ovih strojeva. Također, ergonomija računala već se dugo fokusira na nevidljivu nuspojavu; elektromagnetska polja s njihovih zaslona (ekrana). Neželjeni zvuk tek je nedavno uvršten u ergonomiju računala. Tek je nedavno nešto tako očito i lako prepoznato poput informatičke buke dobilo ikakvu pozornost. Prema međunarodnom standardu ISO 9296 za prijavu šuma informacijske opreme neki od najmoćnijih svjetskih proizvođača PC sistemskih jedinica i nekoliko proizvođača koji se specijaliziraju za računala s niskom razinom šuma, sada objavljuju podatke. Prilikom kupovine računala većina kupaca ne zna na što treba obratiti pozornost, osim nekih dobro informiranih menadžera nabave, programera, informatičara itd. koji se razumiju u računala. [9]

### **4.2. Ergonomija projektora**

Ergonomija projektora je usmjerena na to da pružaju što bolju sliku. Projektori se najčešće nalaze u sobama koje su prilagođene i dimenzionirane za komunikaciju između



ljudi, nalaze se u sredini slušateljske publike. Sobe koje su namijenjene za komunikaciju ljudi su vrlo tihe. U većini soba, posebno dizajniranih za savršenu komunikaciju, projektor će zbog svojih ventilatora za hlađenje lampi biti glavni izvor neželjenih ometajućih zvukova. Oni zahtijevaju više ili manje bučne ventilatore da hlade lampe koje projiciraju sliku. Projektori ponekad imaju nadimak "tablete za spavanje", zbog zamornih svojstava njihovih kontinuiranih monotonih zvukova. [9] Važno je napomenuti da ergonomija projektoru podliježe TCO standardima koji su usmjereni u pravcu održivog razvoja. Odnosno, dizajnirani su tako da smanje utjecaj na životnu sredinu i da pri tome minimiziraju potrošnju električne energije.

### **4.3. Ergonomija pisača, fotokopirnih strojeva i faksa**

Ergonomija pisača, fotokopirnih strojeva i faks uređaja uključuje da su jednostavni su za upotrebu i ne odvlače pažnju, te da ispunjavaju svoju svrhu. Za ovu skupinu proizvoda često podnosimo višu razinu neželjenog zvuka. Često se mogu staviti u posebne prostorije, gdje njihova emisija buke ne ometa. U kućnom okruženju i malim uredima, gdje se pisači, kopirni strojevi i faks uređaji koriste rjeđe, ali su smješteni bliže korisniku, od velike je važnosti da ne proizvode nikakav zvuk u načinu mirovanja ili pripravnosti. Mnogi se proizvođači fotokopirnih uređaja i pisača i dalje ne pridržavaju norme ISO 9296, ali daju izjave o buci koje se ne mogu provjeriti niti usporediti. [9]

## 5. BUKA KOJU PROIZVODE RAČUNALA

Buka koju stvara "standardno" osobno računalo obično varira od 30 dB (A) do 50 dB (A). Gornja razina buke je dovoljno glasna da nam uzrokuje stres i odvlači pažnju kada dulje vrijeme radimo u blizini. Problem u vezi buke računala je eskalirao jer računala postaju sve bučnija zbog:

- Povećanja brzine (radne frekvencije) komponenata računala i količine topline koju generiraju
- Glavni izvori buke su ventilatori za odvođenje topline (ventilator modula za napajanje, ventilator hladnjaka procesora, ventilator hladnjaka čipseta grafičke kartice i dodatni hladnjaci kućišta)
- Ploče tvrdih diskova se vrte na vrlo velikim brzinama uzrokujući vibraciju i buku (HDD)
- Bočne ploče loše dizajniranih kućišta vibriraju i zveckaju
- Optički pogoni kao što su CD-ROM i DVD mogu generirati buku, poput vibracija i buke vjetra. [5]

Računala mogu biti jako glasna i bučna. Računalo može kreirati dosta visok intenzitet buke, ovisno o tome kakvu konfiguraciju računala imamo i ovisno o još nekim čimbenicima. Kao najveći uzročnik buke možemo navesti glasan rad ventilatora, bilo da se radi o svim ventilatorima koji se nalaze unutar kućišta ili da se radi o jednom od njih. Ventilator je jedna od najvažnijih komponenti kada govorimo o rashlađivanju računala (osima ako računalo nije hladeno na neki drugi način). Ventilator služi izvlačenju toplog zraka i „upuhivanju“ hladnog zraka koji će tada hladiti komponente unutar kućišta koje se za vrijeme rada griju. Kako bi smanjili tu buku, prva stvar koju je potrebno učiniti jest čišćenje računala. Postupak hlađenja računala će biti otežan ako je ventilator napunjen česticama prašine, prljavštine i dlačica koje su prije toga letjele po zraku, što može rezultirati povećanjem temperature komponenata unutar cijelog kućišta. Povremeno treba otvoriti kućište stolnog računala i očistiti ga. Najbolje je ne otvarati kućište kod prijenosnih računala ako nismo sigurni na koji način se kućište otvara (pogotovo ako računalo ima

jamstvo). Iako je kod stolnih računala postupak čišćenja jednostavniji nego kod prijenosnih, to ne znači da se prijenosna računala ne mogu na očistiti na adekvatan način. Najbolji način čišćenja su: komprimirani zrak u spreju, visokopostotni alkohol, destilirana voda i tkanina koja ne ostavlja čestice. Smanjenje buke i poboljšanje u radu računala će se osjetiti odmah nakon što očistimo ventilator.

Kod prijenosnih računala možemo učiniti nekoliko stvari da smanjite ili spriječite onečišćenje kućišta, pogotovo donje strane gdje se nalazi ventilator. Jedan od savjeta je da prijenosno računalo uvijek držite na površini kao što su drvo koje je presvučeno lakom, ili bilo koja druga površina koja na sebi ne sadrži čestice prašine ili prljavštine (ako je podloga na koju želite staviti prijenosno računalo prljava, očistite je prije stavljanja laptopa na nju). Drugi savjet je da izbjegavate laptop držati na površinama poput kreveta, deke, prekrivača i sličnih površina. Tako ćete spriječiti da ventilator laptopa unutar kućišta „povuče“ čestice kao što su grinje, mekinje, prašina i sl. Komprimirani zrak je najbolje rješenje u slučaju da se laptopu poveća količina buke. Blagim upuhivanjem komprimiranog zraka (slika 4) oslobodit ćete laptop i ventilator od pritiska koji stvara nemogućnost prolaska zraka uzrokovan prljavštinom. Kod stolnih računala izbjegavajte držanje kućišta računala izravno na tepisima i umjesto toga kućište radije stavljajte na neku povišeniju platformu ili na stol. Tako ćete izbjeći kontakt kućišta s izvorima prašine i prljavštine. Prostor u kojem je računalo držite urednim i čistim. Tako će računalo duže vremena biti čisto, a buka koja će se čuti iznutra će biti niska ili je uopće neće biti. [11]



Slika 4. Čišćenje laptopa komprimiranim zrakom [11]

## 6. METODE SUZBIJANJA I IZBJEGAVANJA BUKE

### 6.1. Vodeno hlađenje

Vodeno hlađenje (slika 5) je alternativan način hlađenja računala. Uvođenje vodenog hlađenja, ili sustava rashlađivanja vodom bi itekako moglo biti od velike pomoći ako želimo da naša računala rade zaista tiho. Bez obzira na to što se nalazi unutar kućišta (grafička kartica, SSD, procesor), uz vodeno hlađenje svako će računalo raditi puno tiše, iako ćemo i dalje trebati jedan ili dva ventilatora. Vodena hlađenja u prosjeku proizvode oko 30 dB glasnoće. Nedostatak ovakvog načina hlađenja jest cijena, također treba voditi brigu o kvaliteti prilikom kupnje sustava hlađenja vodom kako tekućina koju sadrži ne bi došla u doticaj s nekom računalnom komponentom. [11]

Takav način hlađenja većinom se koristi u računalima za igranje ili “gaming” računalima, dok se u “standardnim” osobnim računalima većinom koristi pasivno hlađenje. Pasivno hlađenje je hlađenje računala pomoću pasivnih hladnjaka koji koriste konvekciju zraka (najčešće kod grafičkih kartica). Sastoji samo od radijatora. Kod pasivnog hlađenja prirodna konvekcija omogućuje cirkulaciju zraka kroz rupe na poklopcu računala te se toplina iz procesora prirodno odvodi konvekcijom unutar systemske jedinice.



Slika 5. Vodeno hlađenje [12]

## 6.2. Ventilatori

Ako je nekome sustav hlađenja vodom preskup, može razmisliti o kupnji novih ventilatora. Novi ventilator može djelomično smanjiti buku i bolje rashlađivati komponente računala unatoč tome što nisu toliko učinkoviti ni tihi. [11]

Rad hladnjaka može biti gotovo nečujan, ako je sustav hlađenja dobro osmišljen. Različiti proizvođači specijaliziranih ventilatora izrađuju kombinaciju ventilatora i hladnjaka s niskom razinom buke za procesore. To uključuje korištenje velikih ventilator niske buke za puhanje zraka preko hladnjaka, korištenje velikih hladnjaka za odvođenje topline od CPU-a te korištenje bakrenih kontakata za bolji prijenos topline od procesora do hladnjaka. Buka ispod 30 dB se obično smatra tihom za ove ventilatore. Veći hladnjaci ne pristaju u sva kućišta, te nisu prikladni za stolna kućišta niskog profila. Prije nego što kupite jedan od ovih, provjerite raspoloživi prostor iznad vašeg procesora. Iako je najpopularnija veličina ventilator kućišta 80 mm, ventilatori od 120 mm su također prilično poznati i stoga dostupni. Imaju tendenciju generiranja manje buke. Kućište može imati rupe za vijke samo za veličinu od 80 mm, stoga svih 120 mm ne može stati na vaše kućište. Možda postoje adapteri koji će vam na mjestu koje je inače rezervirano za 80 mm omogućiti korištenje 120 mm. Neki od ovih ventilator kućišta su prilično pametni. Dolaze s kanalom koji vodi do CPU-a te tako omogućuju izravniji put za toplinu da napusti kućište. U kvalitetnijim kućištima obično ćete imati jedan ili dva ventilator na prednjoj strani kućišta koji uvlače hladan zrak. Hladan zrak se često uvlači preko rešetke ili filtera za prašinu. Kretanje zraka kroz rešetke/filtar može uzrokovati malu buku. Usisni filter ima važnu funkciju te ga se ne isplati uklanjati kako bi se smanjio zvuk. Iako bi vam uklanjanje filtera moglo uštedjeti djelić zvuka, ali dodatna prašina koja će ući i nataložiti se na ležajevima ventilatora napraviti će više štete nego koristiti. Buka koju stvaraju ventilatori kućišta kreće se od oko 15 do oko 30 dB. Proizvođači koji isporučuju kvalitetnije ventilatore kućišta obično nude ventilatore koji generiraju buku manju od 20 dB. [13]

### **6.2.1. Regulatori vrtnje**

Regulatori su uređaji koji mogu kontrolirati brzinu ventilatora putem otpora. Možete ih pronaći u većini elektroničkih trgovina. Moguće je imati sve ventilatore na vašem računalu da rade samo na najnižim okretajima u minuti koji trebaju raditi kako bi relevantni dijelovi bili unutar vašeg unaprijed definiranog raspona radne temperature. Automatska prilagodba snage ventilatora može učiniti da se vrti brže ili sporije. Automatske prilagodbe mogu se temeljiti na očitanjima izlaza temperaturnih senzora. Bilo bi dobro da se prije njihovog postavljanja prvo u potpunosti upoznate s njima i budete kompetentni za njihovo postavljanje. Pokušaj da ih sami postavite može rezultirati nekim izgorjelim komponentama ako niste dobro upoznati s njima. Sve su to proizvodi za vrlo strastvene entuzijaste ili profesionalce. [13]

### **6.3. Korištenje SSD umjesto HDD diskova**

Tvrdi disk (HDD) je sljedeći element jedinice sustava u smislu razine emitirane buke. On je ključna komponenta računala koja pohranjuje informacije. Sve više korisnika odustaje od HDD – ova u korist bržih i tiših SSD – ova, ali njihova nepristupačna cijena mnogima ne omogućuje da sve potrebne informacije smjeste na SSD diskove. Do buke dovodi to što tijekom rada unutar uređaja se pomiču mehaničke glave koje čitaju informacije s magnetskih diskova. Tvrdi disk ponekad počinje pucati i stvarati toliko buke da uzrokuje nelagodu prilikom rada za računalom. Razina buke tvrdog diska ovisi o brojnim čimbenicima: materijalima karoserije, kvaliteti izrade, brzini njegovog rada, stanju i starosti, Važna stavka u ukupnoj razini buke je kućište jedinice sustava. Loše sastavljeno lagano kućište tankih stijenki s loše uklopljenim elementima samo će pojačavati zvukove koje proizvodi tvrdi disk. Na temelju toga, moguće je razlikovati, softverske i hardverske metode suzbijanja buke tvrdog diska tijekom rada. U skladu s gore navedenim čimbenicima, možemo navesti popis mogućih mjera za smanjenje razine buke tvrdog diska, a to su:

- dodatna izolacija od buke i vibracija tvrdog diska,
- instalacija tvrdog diska na jastučice koji apsorbiraju zvuk, podešavanje AAM – a (alat za kontrolu razine emitirane buke) na minimalnu razinu buke,
- zamjena tvrdog diska novim s namjerno nižom razinom buke. [14]

Napredak u brzinama tvrdog diska popraćen je novim tehnologijama za ograničavanje buke koju stvara disk. Proizvođači tvrdih diskova sada ili koriste posebne tehnike utišavanja na svojim diskovima ili nude niz tih diskova. Ako imate noviji disk koji vam je jednostavno previše bučan ili postojeći tvrdi disk na kojem trebate kontrolirati zvuk, onda bi vam neki od ovih proizvoda mogli pomoći. To mogu biti nosači tvrdog diska, hladnjaci tvrdog diska i kućišta. Nosači tvrdog diska su metalni blokovi u obliku slova L s gumom između. Tvrdi diskovi se nalaze na četiri pričvrсна vijka, odnosno, obično imaju četiri kontaktne točke. Ako imate rezervno ležište, možete koristiti ovo nosače i premjestiti tvrdi disk u veće ležište. Imat ćete na svakom kutu diska jedan nosač u obliku slova L pričvršćen na tvrdi disk, a jedan na ležištu, pri tome osiguravajući kako metal s tvrdog diska ne bi dodirivao metal na ležištu. Tako ćete smanjiti vibracije koje se prenose na kućište. Hladnjaci tvrdog diska imaju dvije svrhe. Imaju hladnjak koji se sastoji od skupa bakrenih cijevi koje odvede toplinu iz pogona s većim brzinama vretena. Također, imaju četiri gumena prstena koji djeluju poput nosača i sprječavaju da tvrdi disk dođe u izravan kontakt s kućištem. Kućište tvrdog diska je mala kutija koja u potpunosti sadrži vaš tvrdi disk. Ta mala kutija sprječava vibracije i buku vašeg tvrdog diska. Prije toga treba provjeriti da li su ocijenjeni da podnose brzinu okretanja vašeg tvrdog diska i jesu li sposobni osloboditi se topline koju stvara tvrdi disk. [13]

## 6.4. Napajanje

Napajanje je komponenta koja u mnogim računalima stvara najviše buke. Proizvođači kvalitetnih PSU-a obično uz navedene tehničke specifikacije imaju i navedenu ocjenu buke. U smanjenju razine buke pomaže korištenje odgovarajuće snage PSU-a. Sada su dostupni neki PSU-i koji su potpuno bez ventilatora. Oni dolaze kao standard na vrlo skupim kućištima koja se prodaju kao tiha kućišta, ali neka od tih tihih kućišta su dostupna za kupnju kako bi stala u bilo koje standardno računalo. Preko velikog hladnjaka koji se nalazi izvan PSU-a i izvan računala oni odvođe toplinu. Neki od hladnjaka strše čak nekoliko centimetara iza računala. [13]

## 6.5. Tiha kućišta

Kvalitetno kućište čini veliku razliku. Jedan od najčešćih uzroka buke na računalu jest zveckanje kućišta, Postoje kućišta koja su dizajnirana da budu tiha. Postoje jeftinija kućišta koja se prodaju kao tiha kućišta koja imaju akustičnu oblogu unutar kućišta koja apsorbira neke od unutarnjih zvukova. Postoje i skuplja kućišta koja su izgrađena poput ogromnih hladnjaka i koja koriste pametnu tehnologiju koja će vam omogućiti da ne koristite sve ventilatore unutar kućišta, uključujući grafičku karticu, procesor i druge. Na tržištu su dostupni razni proizvodi za akustičnu oblogu. Neki od njih su osnovni listovi pjene. Akustične obloge postoje u više debljina. Neke akustične obloge debljine su svega 3–4 mm, dok su druge čak 17 mm. Neki od njih su dvoslojni proizvodi s debljim materijalom za barijeru ispod sloja pjene koja apsorbira zvuk. Proizvodi za podstavu obično imaju samoljepljivu traku. Ako želite to učiniti sami, možete izrezati plahte tako da stane uz unutrašnjost kućišta. Zatim možete oguliti stražnju stranu i sami ih postaviti. Možda ćete htjeti odabrati tanje (ali manje učinkovite) proizvode ako je prostor u vašem kućištu ograničen. Postoje jeftiniji proizvodi na bazi bitumena koji se s vremenom brže razgrađuju i mogu biti prilično rizični. Možda biste trebali stvoriti dodatni protok zraka kako bi



kompensirali smanjeno hlađenje ako se vaše računalo uvelike oslanja na tijelo kućišta za odvođenje topline (uobičajeno je kod aluminijskih kućišta). [13]

Također, postoje i hermetički zatvorena kućišta koje imaju bakrene hladnjake s toplovodnim cijevima (heat pipes) koja odvedu toplinu iz određene komponente, kao što je procesor, do velikog aluminijskog radijatora koji se može hladiti sekundarnim vodenim krugom ili čak vodenom pumpom smještenom izvan prostorija.

## **6.6. Preporuka**

Uvijek je preporuka da računalo s niskom razinom buke/bez buke izradi stručnjak, tvrtka koja to profesionalno izrađuje. Imat će nekoliko poslovnih tajni koje su razvili kroz dugogodišnju praksu koje će primijeniti kako bi dodatno utišali vaše računalo. Neke od njih uključuju usmjeravanje kabela i tehnike protoka zraka. Kako bi vidjeli koji proizvođači postižu najbolji rezultat u odabranoj konfiguraciji računala, oni mogu testirati različite postavke i konfiguracije u odgovarajućim okruženjima za testiranje. Što se tiče njihovog iskustva, ono bi bilo neprocjenjivo u smanjenju buke, u osiguravanju da hlađenje nije ugroženo i da dobijete maksimalan mogući vijek trajanja od različitih komponenti u stroju. Ako se poništavaju jamstva za pojedinačne komponente, logično je imati jednu tvrtku koja pokriva sve komponente, uključujući one modificirane. Ako se netko u tome to želi iskušati sam, važno je napomenuti da tako može poništiti jamstvo za nekoliko dijelova modificiranjem njihovih hladnjaka/hladnjača/ventilatora ili zamjenom tih dijelova. Rad s nekim od specijaliziranih proizvođača zahtjeva duži period učenja i stjecanja sposobnosti za kvalitetno vršenje modifikacija. Stoga trebate pažljivo pročitati priručnike za proizvode, pregledati njihov korisnički forum ako ga imaju, posjetiti njihovu web stranicu te se držati knjiga kada postavljate i koristite ove proizvode. Odmah nakon ugradnje specijaliziranih proizvođača doći će do primjetnog smanjenja razine buke. [13]

## **7. EKSPERIMENTALNI DIO RADA**

### **7.1. Svrha rada**

Svrha ovog završnog rada bila je izmjeriti buku koju na radnom mjestu stvaraju računala i periferni uređaji (npr. pisač, projektor, faks) i istražiti koji proizvođači daju informacije o razini buke njihovih uređaja. Buku sam odlučio izmjeriti u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o. koja se nalazi u Zaboku. Procijenio sam kako je to dosta velika firma u kojoj bih mogao provesti mjerenje i ispitivanje buke. Cilj mi je bio pratiti promjenu razine buke uzrokovanu radom računala, perifernih dijelova te radom na računalu (tipkanje).

Analizom rezultata mjerenja htio sam utvrditi minimalnu, prosječnu i maksimalnu razinu buke koju oni proizvode, te je potom usporediti s razinom buke koju daju proizvođači. Zanimalo me kakva su iskustva ljudi koji rade u okruženjima gdje više ljudi tipka istovremeno te kako oni općenito doživljavaju ovakve oblike buke.

### **7.2. Materijali i metode**

#### **7.2.1. Aplikacija koja je korištena za mjerenje buke**

Za mjerenje buke u ovom radu koristio sam aplikaciju Zvukomjer (slika 6). Aplikacija je na Google Play-u ocijenjena ocjenom 4.8/5. Na temelju njezine visoke ocijenjenosti i pozitivnih recenzija odlučio sam ju preuzeti na svoj mobitel. Neke od recenzija bile su kako je aplikacija vrlo korisna, jednostavna, laka za korištenje te kako je puno stabilnija od usporedivih aplikacija. Također, spomenuto je kako kvaliteta rezultata ovisi o kvaliteti uređaja, ali da na solidnom uređaju daje prilično pouzdane rezultate, s greškom od 5 - 10% u odnosu na profesionalne bukomjere, u okvirima onoga što se može uspoređivati. Zvukomjer je pametna aplikacija za Android. Decibel metar koristi mikrofoni u pametnom telefonu za mjerenje glasnoće zvuka u decibelima (dB) i također prikazuje

uzorke na grafu. U napomeni aplikacije stoji kako su mikrofoni u većini uređaja prilagođeni rasponu ljudskog glasa, a maksimalne vrijednosti su ograničene na hardver te kako ne može izmjeriti vrlo glasne zvukove (90 dB i više). [15]



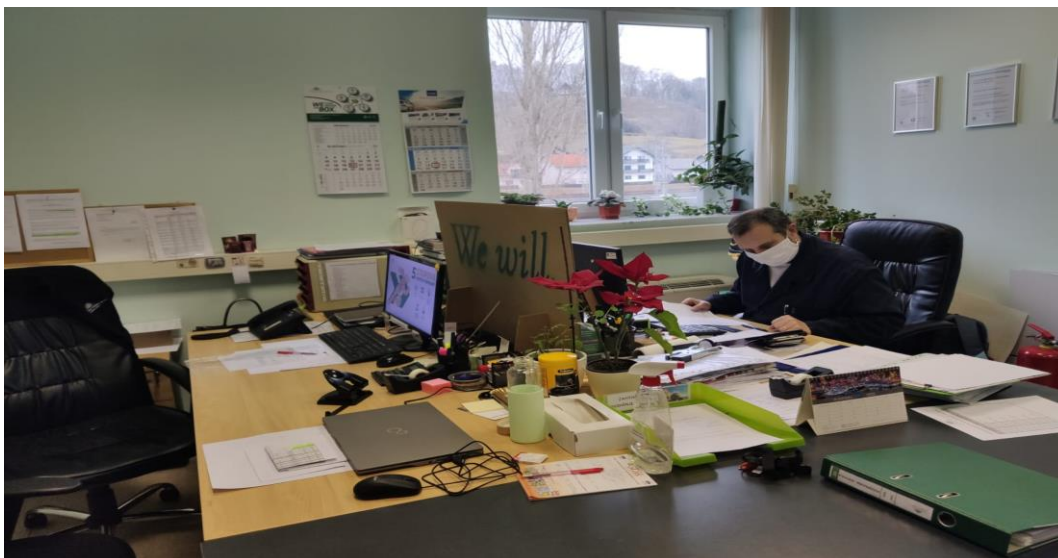
Slika 6. Aplikacija zvukomjer [15]

### 7.2.2. Mjerenje buke

Prilikom mjerenja intenziteta buke informatičkih uređaja treba izolirati utjecaj buke iz okoline koliko god je to moguće i okolne opreme ako mjerimo intenzitet za pojedini uređaj na radnom mjestu ili isključiti te utjecaje na određeni vremenski period ili birati dio dana kada tog utjecaja nema. Kod uspoređivanja oblika i izvora buke iz okoline treba uzeti u obzir da npr. buka iz okoline ima uglavnom statistički tj.slučajno raspoređene oblike i intenzitete, a da je ova koja dolazi od razmatranih informatičkih uređaja konstantna ili ima neke pravilne ritmičke oblike što negativno utječe na koncentraciju i raspoloženje radnika. Tipkovnice i buka koju stvaraju pri tipkanju su poseban problem, dok ostala oprema (osim npr. pisača) uglavnom ima određenu razinu buke u stacionarnom stanju (mirovanju). Tipkovnice (ili bolje rečeno radnici koji na njima pišu) proizvode dosta visoki intenzitet buke (“kucanja” ili “škljocanja”) tijekom pisanja i njezin intenzitet i ritmički uzorak ovise o samome radniku (operateru) i njegovoj vještini tipkanja. Ta buka dijelom se može smanjiti primjenom folijskih ili gumenih tipki, ali one nemaju tako dobro definiran osjećaj pritiska pa značajan broj daktilografa (a i drugih djelatnika) vole tzv. “klik” tipkovnice koje imaju bolje definiran osjećaj uspješnog pritiska tipke.

### 7.2.3. Lokacije na kojima je vršeno mjerenje

Mjerenje razine buke sam proveo u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o. koja se nalazi u Zaboku. Tvrtka Valoviti papir Dunapack d.o.o. bavi se proizvodnjom i preradom kartonske ambalaže. Želi se pozicionirati kao tržišni lider u reciklažnoj, papirnoj i ambalažnoj industriji na ovim prostorima. Mjerenje razine buke sam proveo unutar tri ureda i sobe sa serverima. Prva lokacija na kojoj sam mjerio buku bio je ured zaštite na radu. U uredu zaštite na radu se nalaze 2 prijenosna računala marke Fujitsu povezanih s monitorima te printer marke Canon. Na slici 7 možete vidjeti kako izgleda ured.



Slika 7. Ured zaštite na radu (Izvor: Mario Sušnić)

Odmah do ureda zaštite na radu se nalazi ured konstrukcije i dizajna. To je bila druga lokacija na kojoj sam mjerio razinu buke. U uredu radi četvero zaposlenika. Svaki zaposlenik radi na stolnom računalu marke Fujitsu. U uredu se također nalazi printer marke Canon.

Treća lokacija na kojoj sam mjerio razinu buke bio je ured računovodstva. U uredu se nalazi printer marke Canon te 6 prijenosnih računala marke Fujitsu povezanih s monitorima. Ured računovodstva možete vidjeti na slici 8.



Slika 8. Ured računovodstva (Izvor: Mario Sušnić)

Na kraju sam izmjerio razinu buke u sobi sa serverima. Soba sa serverima se nalazi na drugoj strani hodnika, nasuprot ureda zaštite na radu. Ona mora biti posebno izolirana od radnika koji borave u okolnim prostorijama kako ih ne bi ometala bukom koja proizlazi iz nje. Soba sa serverima je uvijek zaključana i dostupna je samo informatičkim tehničarima. Na slici 9 možete vidjeti kako izgleda soba sa serverima.



Slika 9. Soba sa serverima (Izvor: Mario Sušnić)

### 7.3. Rezultati mjerenja buke

Na temelju provedenog mjerenja razine buke u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o., došao sam do rezultata da se minimalna razina buke za vrijeme rada računala i rada na računalu kreće u intervalu od 40 do 41 dB (A). Prosječna razina buke kreće se u intervalu od 43 do 45 dB (A), dok se maksimalna razina buke za vrijeme rada računala te rada na računalu (klikanje, tipkanje) kreće u intervalu od 45 do 50 dB (A).

Pisači za vrijeme rada proizvode minimalnu razinu buke od 60 dB (A). Prosječna se razina buke koju proizvode za vrijeme svojeg rada kreće u rasponu od 63 do 65 dB (A), dok se maksimalna razina buke kreće u intervalu od 66 do 69 dB (A). Trebamo imati na umu kako buka koju proizvode fotokopirni uređaji nije konstantna, već je povremena.

Minimalna razina buke u sobi sa serverima iznosi 62 dB (A), prosječna razina buke iznosi 65 dB (A), a maksimalna razina buke iznosi 67 dB (A). Oni proizvode konstantnu

buku te moraju biti u posebnoj prostoriji kako ne bi ometali rad djelatnika. Sve navedene podatke možete pronaći u tablici 3.

Kroz razgovor s djelatnicima tvrtke koji rade u uredima sam saznao kako im buka koja nastaje npr. klikanjem miša ili tipkanjem na tipkovnici ne smeta niti im odvlači pozornost jer su usredotočeni na rad. Kako su mi rekli, njihov posao je dosta dinamičan tako da tu vrstu buke niti ne primjećuju. Njihov posao se najvećim dijelom sastoji od rada na računalu i komuniciranja s drugim kolegama. Kako bi se opustili i bili što produktivniji, neki od djelatnika slušaju radio u uredu.

Tablica 3. Razina buke po lokacijama mjerenja

Ured	Uređaji	Razina buke u u dB (A)		
		MIN*	AVG*	MAX*
Zaštita na radu	2 laptopa marke Fujitsu Lifebook 7510	41	43	45
	Pisač Canon Image RUNNER 1133iF	60	63	66
Konstrukcija i dizajn	4 računala Fujitsu Celsius J580 DTF	41	45	50
	Canon IR-ADVAN C2020L	60	64	69
Računovodstvo	6 laptopa marke Fujitsu Lifebook 7510	40	43	46
	Canon IR-ADVAN C2020L	60	65	69
Soba sa serverima		62	65	67

\*LEGENDA:

MIN\* - minimalna razina buke

AVG\* - prosječna razina buke

MAX\* - maksimalna razina buke



## 7.4. Vrijednosti koje proizvođači navode za svoje uređaje

Kako bih dobio preciznije informacije o buci koju stvaraju računala i njihovi periferni uređaji, proveo sam istraživanje koje se je sastojalo od pretraživanja mrežnih stranica proizvođača računala (HP, HP Compaq, Lenovo, Asus, Dell, Acer) i proizvođača perifernih uređaja (Samsung, Dell). Tražio sam da li se među tehničkim specifikacijama računala nalaze i podaci o razini buke koju proizvode. Među gore navedenim proizvođačima računala, tvrtka HP jedina daje podatke o razini buke koju proizvode njihova računala, dok kod ostalih proizvođača nisam uspio pronaći te podatke. Što se tiče perifernih uređaja, tvrtka Samsung daje podatke o razini buke koju proizvode njihovi projektori (tablica 5), dok tvrtka Dell daje podatke o razini buke koju proizvode njihovi pisači (tablica 6). U tablici 4 su prikazane indiktivne vrijednosti akustične snage i tlaka za HP računala (mjereno prema ISO7779/EN27779 na 20°C u Laboratoire National des Essais u Parizu). [16] U prvom su stupcu navedeni modeli računala, u drugom stupcu su prikazane vrijednosti zvučne snage –  $L_{wA}$  u dB, dok su u trećem stupcu prikazane vrijednosti zvučnog tlaka –  $L_{pA}$  u dB. HP se nada da će i drugi proizvođači također početi objavljivati vrijednosti zvučne snage prema ISO 7779 kako bi mogli omogućiti pouzdaniju usporedbu buke između različitih računala.

Tablica 4. Indikativne vrijednosti zvučne snage i tlaka za računala tvrtke HP  
HP PCs and Acoustic Noise

<b>Indicative values of acoustic power and pressure for HP PCs</b> (measured according to EN27779 at 20°C in the Laboratoire National des Essais in Paris)		
<b>Model</b>	<b>Acoustic Power - LwA in dB (Ref. = 1 pW)</b>	<b>Acoustic Pressure - LpA in dB (in operator position) (Ref. = 20µPa)</b>
HP Vectra VE Series 3	37,2	31,1
HP Vectra VL Series 5/166	39,5	33,7
HP Vectra VA 6/200 MT	38,9	34,7
HP Vectra XA 5/200	37,5	32,4
HP Vectra XA 6/200	40	34,4
HP Vectra XU 6/200	42,7	39,3

U tablici 5 možete vidjeti vrijednosti razine buke koje tvrtka Samsung navodi za svoje projektore. [17]

Tablica 5. Razina buke u dB (A) koju proizvode projektori tvrtke Samsung

<b>Model</b>	<b>Razina buke u dB (A)</b>
LSP7T Premier Smart	37
LSP9T Premier Smart	32
The Freestyle	30

U tablici 6 prikazane su vrijednosti razine buke koje Dell nudi za svoje pisače. [18]

Tablica 6. Razina buke koju proizvode neki od pisača tvrtke Dell

<b>Model</b>	<b>Razina buke u dB (A) u stanju mirovanja</b>	<b>Razina buke u dB (A) u operativnom načinu</b>
Xerox C400/YDN	29,2	53,1
Epson WorkForce Pro WF – M5799	-	54
Epson WorkForce Pro WF – 6590	-	50
Xerox Versalink B400/DN	30	56

## 7.4. Rasprava

Kada usporedimo podatke o razini buke koju proizvode računala i periferni uređaji u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o i podatke o razini buke koju nam pružaju proizvođači u tehničkim specifikacijama uređaja, odmah je vidljivo kako nižu razinu buke proizvode uređaji tvrtke HP i Samsung. Uočljivo je kako neka računala tvrtke HP proizvode nižu razinu buke (razinu zvučnog tlaka) za čak 4 – 12 dB (A) od prosječne razine buke koju proizvode računala tvrtke valoviti papir Dunapack d.o.o. Ako usporedimo prosječnu razinu buke koju proizvode pisači u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o. za vrijeme svoga rada i razinu buke koju proizvode pisači tvrtke Dell dok se nalaze u operativnom načinu rada, možemo vidjeti kako pisači tvrtke Dell proizvode nižu razinu buke za 7 – 15 dB (A). U tablici 5 možemo vidjeti kako niti jedan projektor tvrtke Samsung ne proizvodi više od 37 dB (A) za vrijeme svog rada.

## 8. ZAKLJUČAK

Danas je u nekim zanimanjima više zastupljen psihički rad, pretežno umni rad za koji je potrebna usredotočenost i koncentracija. Takav oblik rada je najviše zastupljen na radnim mjestima za računalom. Cilj rada je analizirati problem buke koju na radnom mjestu za računalom stvaraju računala i razni periferni uređaji, te ispitati u kojoj mjeri je taj problem obrađen kako u stručnoj i nastavnoj literaturi, tako i u aktualnoj regulativi vezan za zaštitu na radu. Osim što želim ukazati na probleme koje uzrokuje buka, također želim i dati neke sugestije kako bi se buka koju proizvode računala i periferni uređaji mogla smanjiti i tako ublažiti njen učinak prilikom rada za računalom.

Dugo je vremena bilo ukorišteno kako emisije zvučne buke visokog intenziteta negativno utječu na ljudske performanse, zdravlje i dobrobit. Tek nedavno znanost počinje razmatrati i onu buku niskog intenziteta koja može utjecati na ljudske parametre. Posljedice buke mogu se podijeliti na auditorne (oštećenje sluha) i ne auditorne (psihološki problemi i poremećaji spavanja). U Republici Hrvatskoj zaštita od buke u radnom okolišu određena je Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buke na radu, dok je u nekim drugim državama određena ISO normama. U eksperimentalnom dijelu rada sam proveo mjerenje razine buke koju proizvode računala i periferni uređaji u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o kako bih dobio uvid u stanje razine buke u tvrtki, te kako bih je mogao usporediti s razinom buke koju pružaju proizvođači uređaja.

Usporedivši rezultate mjerenja došao sam do zaključka kako je razina buke koju proizvode računala u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o. veća za 4 – 12 dB (A) u odnosu na razinu buke koju proizvode računala tvrtke HP. Pisači u tvrtki Valoviti papir Dunapack d.o.o. proizvode višu razinu buke za 7 – 15 dB (A) u odnosu na razinu buke koju proizvode pisači tvrtke Samsung. Kako bi se smanjio taj utjecaj buke mogu se primijeniti neke od metoda suzbijanja i izbjegavanja buke računala (tiša kućišta, novi ventilator itd.), također, pisači se mogu izolirati u posebnu prostoriju kako svojom bukom ne bi ometali zaposlenike prilikom rada.

## 9. LITERATURA

- [1] Grad Zagreb: Buka, dostupno na: <https://eko.zagreb.hr/buka/133> (23.01.2022.)
- [2] Preventa: Buka, dostupno na: <https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu> (19.05.2021.)
- [3] Špelić M.: „Zaštita od buke u prometu“, dostupno na: <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A276/datastream/PDF/view> (19.05.2021.)
- [4] Utjecaj školske buke na zdravlje, dostupno na: <https://www.skolskiportal.hr/sadrzaj/skolstvo-u-medijima/utjecaj-skolske-buke-na-zdravlje/> (26.01.2022)
- [5] Quiet PC Ltd: Perception and Measurement of Noise from PCs and IT Equipment, dostupno na: <https://www.quietpc.com/pcnoise> (20.06.2021)
- [6] Doc. dr. sc. Marisa Klančnik: “Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost”, dostupno na: [https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr\\_Klancnik\\_Marisa\\_buka\\_popularni.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr_Klancnik_Marisa_buka_popularni.pdf) (31.01.2022.)
- [7] Bilan O.: „Mjerenje u skladu s hrvatskim normama izrada karata buke“, dostupno na <https://www.audiologs.com/ozrenbilan/buk.pdf> (31.01.2022.)
- [8] Morana M.: „Osnovne ultrazvučne metode“, dostupno na: [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/15\\_01\\_2019\\_\\_30280\\_OSNOVE\\_UZV.pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/15_01_2019__30280_OSNOVE_UZV.pdf) (01.04.2022.)
- [9] Silent.Se/pc: Ergonomics, dostupno na: <https://silent.se/pc/ergonomics.php> (20.06.2021.)
- [10] S. Kirin, K. Lauš: “Istraživanje razine buke u tehnološkom procesu šivanja”, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/107124> (01.04.2021.)

[11] I.H.: “Prevelika buka u računalu i kako je smanjiti“, dostupno na: <https://pcchip.hr/helpdesk/prevelika-buka-u-racunalu-i-kako-je-smanjiti/> (17.08.2021.)

[12] Nabava.net: Prednosti i nedostaci vodenog hlađenja za PC, dostupno na: <https://www.nabava.net/clanci/savjeti/prednosti-i-nedostaci-vodenog-hladenja-za-pc-777t6> (17.08.2021.)

[13] Poweroid: Noise Control in PCs - Reduction of noise in PCs, dostupno na: <https://www.nonoise.org/resource/pcnoise/poweroid/poweroid.htm> (15.10.2021.)

[14] PHTRT: Kako ukloniti buku tvrdog diska na prijenosnom računalu. Tvrdi disk je bučan, je li to normalno? Ako ne, što učiniti? Smanjenje pucanja tvrdog diska pomoću aam-a, dostupno na: <https://phtrt.ru/hr/kak-ubrat-shum-zhestkogo-diska-na-noutbuke-shumit-zhestkii-disk-eto.html> (19.11.2021.)

[15] Spland Apps: Zvukomjer, dostupno na : <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.splendapps.decibel&hl=hr&gl=US> (31.01.2022.)

[16] Hewlett-Packard Company: HP PCs and Acoustic Noise, dostupno na: [https://www.quietpc.com/download/hp\\_white\\_paper.pdf](https://www.quietpc.com/download/hp_white_paper.pdf) (13.04.2022)

[17] Samsung: Projektori, dostupno na: <https://www.samsung.com/hr/projectors/all-projectors/> (13.04.2022)

[18] Dell Technologies: Printers, Scanners, Ink & Toners, dostupno na : <https://www.dell.com/en-us/work/shop/printers-ink-toner/ac/4014> (13.04.2022)

## **10. PRILOZI**

### **10.1. Popis slika**

Slika 1. Prikaz razine buke po izvorima buke [3].....	2
Slika 2. Utjecaj buke na čovjeka [7].....	6
Slika 3. Infrazvuk, zvuk i ultrazvuk [8].....	7
Slika 5. Vodeno hlađenje [12].....	19
Slika 6. Aplikacija zvukomjer [15] .....	26
Slika 7. Ured zaštite na radu (Izvor: Mario Sušnić) .....	27
Slika 8. Ured računovodstva (Izvor: Mario Sušnić).....	28
Slika 9. Soba sa serverima (Izvor: Mario Sušnić) .....	29

### **10.2. Popis tablica**

Tablica 1. Vrste zvuka i razina jakosti u dB.....	8
Tablica 2. Dopuštene razine buke s obzirom na vrstu djelatnosti .....	11
Tablica 3. Razina buke po lokacijama mjerenja.....	31
Tablica 4. Indiktivne vrijednosti zvučne snage i tlaka za računala tvrtke HP .....	33
Tablica 5. Razina buke u dB (A) koju proizvode projektori tvrtke Samsung .....	33
Tablica 6. Razina buke koju proizvode neki od pisača tvrtke Dell .....	33