

# Proračunavanje buke u građevini

---

**Žiković, Mateo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:160547>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-24**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Odjel za Tehničke studije



MATEO ŽIKOVIĆ

Proračun buke u proizvodnji

Diplomski rad

Pula, rujan, 2023. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Odjel za Tehničke studije

MATEO ŽIKOVIĆ

**PRORAČUN BUKE U PROIZVODNJI**

Diplomski rad

**JMBAG: 0303079113, redovni student**

**Studijski smjer: Diplomski stručni studij proizvodno strojarstvo**

**Predmet: Mjerenje u proizvodnji 2**

**Znanstveno područje: Tehničke znanosti**

**Znanstveno polje: 2.11. Strojarstvo**

**Znanstvena grana: 2.11.3. Proizvodno strojarstvo**

**Mentor: Dr. sc. Marko Kršulja, pred**

**Elvis Ciliga, dipl. ing. stroj.**

Pula, rujan, 2023. godine



## IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, Mateo Žiković dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom „Proračunavanje buke u proizvodnji“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, \_\_\_\_\_ 2023. godine

Potpis

Dr. sc. Marko Kršulja, pred.  
(ime i prezime nastavnika)



Mjerenje u proizvodnji 2  
(predmet)

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

**TEHNIČKI FAKULTET U PULI**

**ZADATAK TEME DIPLOMSKOG RADA**

**Pristupnik:** Mateo Žiković

**MBS:** 0303079113

**Studentu sveučilišnog diplomskog studija Tehničkog fakulteta u Puli izdaje se zadatak za diplomski rad – tema diplomskog rada pod nazivom:**

**Proračun buke u proizvodnji**

**Sadržaj zadatka:** Izvršiti ispitivanje zvučne izolacije u brodogradilištu Uljanik. Izvršiti ispitivanje buke u radnom okolišu sukladno Zakonu o zaštiti na radu, pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN br. 46/08). Dobivene rezultate usporediti s važećim propisanim normativima i standardima. U slučaju odstupanja od propisa, koje mjere treba poduzeti naspram građevine i opreme, a koje mjere prema radnicima. Opisati moguće posljedice na funkcioniranje sluha i mehanizam njegova oštećenja.

**Rad obraditi sukladno odredbama Pravilnika o diplomskom radu Sveučilišta u Puli.**

**Strojarstvo redovni**

**Datum:**

**Potpis nastavnika** \_\_\_\_\_

## **ZAHVALA**

Želim izraziti svoju iskrenu zahvalnost svima koji su mi pomogli i podržali me tijekom izrade diplomskog rada. Prije svega, duboko zahvaljujem svome mentoru, dr. sc. Marku Kršulji, na neizmjenoj pomoći i vodstvu tijekom cijelog procesa. Njegova stručnost i podrška bile su od ključne važnosti za uspješno dovršenje ovog rada. Također, srdačno zahvaljujem gospodinu Elvisu Ciligi, dipl. ing. stroj. iz Službe za akustička mjerenja pri Zavodu za javno zdravstvo Istarske županije. Njegova nesebična pomoć, ustupljena literatura i stručni savjeti bili su od neprocjenjive važnosti za kvalitetu i relevantnost mog diplomskog rada. Dodatno, želim izraziti zahvalnost i gospodinu Bojanu Ivančiću, koji me s ljubaznošću vodio kroz praktični rad mjerenja. Njegovo strpljenje i stručnost bili su od ključnog značaja za uspješno izvođenje eksperimentalnih postupaka.

## SAŽETAK

Izvršeno je terensko mjerenje buke i zvučne izolacije u okruženju životnog i radnog prostora brodogradilišta Uljanik, smještenog na adresi Flaciusova 1, Pula, 52100, u skladu s propisima kao što su Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN br. 46/08), Zakon o zaštiti od buke (NN br. 30/09) i Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN br. 145/04).

Nakon provedene analize i obrade prikupljenih podataka, rezultati su uspoređeni s važećim propisima. Na temelju tih rezultata, identificirane su odgovarajuće mjere za zaštitu od buke, s ciljem osiguravanja sigurnog i zdravog radnog okruženja za zaposlene.

U ovome diplomskom radu su objašnjeni najosnovniji pojmovi za opisivanje, mjerenja i utvrđivanja akustičkih parametara i posljedice koje imaju utjecaj na čovjeka koje su nastale dugotrajnim izlaganjem prekomjernim bukami.

Relevantne pojmove u ovom kontekstu moguće je opisati na sljedeći način:

Bitni pojmovi: nepoželjna zvučna buka, zvučni faktori, osobna zaštitna oprema, tehnike zvučne izolacije.

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....                                     | 1  |
| 1.1. Hipoteza.....                                | 1  |
| 1.2. Predmet istraživanja .....                   | 1  |
| 1.3. Problem istraživanja .....                   | 1  |
| 1.4. Ciljevi istraživanja.....                    | 2  |
| 1.5. Metodologija rada.....                       | 3  |
| 1.6. Struktura rada .....                         | 3  |
| 2. POJMOVI BUKE .....                             | 4  |
| 2.1. Zvuk.....                                    | 4  |
| 2.2. Buka.....                                    | 4  |
| 3. PERCEPCIJA BUKE.....                           | 6  |
| 3.1. Mehanizam djelovanja buke na organizam ..... | 6  |
| 3.2. Stupnjevi naglušnosti: .....                 | 6  |
| 3.3. Djelovanje buke na čovjeka.....              | 7  |
| 4. PROPISI I ZAKONI KOJI SU NA SNAZI RH.....      | 8  |
| 5. AUDIOMETRIJA.....                              | 9  |
| 5.1. Audiogram.....                               | 9  |
| 6. ZAŠTITA OD BUKE .....                          | 11 |
| 6.1. Osobna zaštitna oprema (OZO).....            | 12 |
| 7. ZVUČNA IZOLACIJA .....                         | 13 |
| 7.1. Pravila zvučne izolacije .....               | 14 |
| 8. APSORBERI ZVUKA.....                           | 16 |
| 9. OSNOVNA PRAVILA PRI MJERENJU BUKE.....         | 17 |
| 9.1. Kalibracija instrumenta.....                 | 17 |
| 9.2. Pozicija mjerenja .....                      | 17 |
| 9.3. Vrijeme mjerenja .....                       | 18 |



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 9.4.    | Okolina i uvjeti .....                                | 19 |
| 9.5.    | Ponovljivost mjerenja .....                           | 19 |
| 9.6.    | Dokumentiranje mjerenja .....                         | 21 |
| 9.7.    | Sigurnosni protokoli .....                            | 22 |
| 10.     | UTJECAJ BUKE NA RADNIKE .....                         | 24 |
| 10.1.   | Fizički utjecaj buke na radnike .....                 | 24 |
| 10.2.   | Psihološki utjecaj buke na radnike .....              | 24 |
| 10.3.   | Utjecaj na zdravlje .....                             | 24 |
| 11.     | KLJUČNA OPREMA ZA MJERENJE BUKE .....                 | 25 |
| 11.1.   | Zvučni mjeritelj .....                                | 25 |
| 11.2.   | Kalibrator .....                                      | 26 |
| 11.3.   | Zvučni generator .....                                | 27 |
| 11.4.   | Udarni čekić .....                                    | 28 |
| 12.     | MJERENJE NA TERENU .....                              | 29 |
| 12.1.   | Opis izvora buke .....                                | 29 |
| 12.2.   | Opis mjernog sustava .....                            | 31 |
| 12.3.   | Opis mjesta mjerenja .....                            | 32 |
| 12.4.   | Normirane metode mjerenja i zakonska regulativa ..... | 33 |
| 12.5.   | Analiza meteoroloških mjerenja .....                  | 34 |
| 12.5.1. | Opis meteoroloških uvjeta tokom mjerenja .....        | 34 |
| 12.5.2. | Provedba i rezultati meteoroloških mjerenja .....     | 35 |
| 12.6.   | Opis prostora, objekta i okoline .....                | 35 |
| 12.7.   | Rezultati mjerenja .....                              | 36 |
| 12.8.   | Zaključak .....                                       | 38 |
| 12.9.   | Fotografski zapis mjerenja .....                      | 44 |
| 13.     | ZAKLJUČAK .....                                       | 52 |
|         | POPIS LITERATURE .....                                | 54 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| POPIS SLIKA .....  | 55 |
| POPIS TABLICA..... | 55 |

# 1. UVOD

Na temelju objektivnih mjerenja izvedenih u brodogradilištu Uljanik, smještenom na adresi Flaciusova 1, Pula, 52100, analizirat će se mogući učinci buke i zvučne izolacije na neometani rad i boravak ljudi u tom objektu.

## 1.1. Hipoteza

U ovome istraživanju provest će se mjerenje buke i usporediti će se rezultati s propisima Republike Hrvatske te utvrditi mjere za poboljšanje.

U ovom istraživanju će se provesti analiza buke u brodogradilištu Uljanik, smještenom na adresi Flaciusova 1, Pula, 52100. Fokus će biti na ispitivanju utjecaja zvučnih i udarnih zvučnih valova na učinkovitost zvučne izolacije. Dobiveni rezultati će se usporediti s propisanim vrijednostima prema Pravilniku o dopuštenim razinama buke u okruženju radnog prostora (NN br. 145/04). U slučaju da izmjerene vrijednosti premaše dozvoljene granične vrijednosti, bit će predložene mjere za poboljšanje kako bi se buka smanjila na prihvatljivu razinu. Dodatno, pružit će se preporuke u cilju optimizacije zaštite od buke.

## 1.2. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja je buka tj. Razina zvučnog tlaka koja je uzrokovana industrijskim radom na području brodogradilišta Uljanik.

## 1.3. Problem istraživanja

Problem je buka koja smeta i oštećuje ljudski sluh. Smeta na način da ometa normalno ljudsko komuniciranje i koncentraciju a uništava Cortijev organ kada su razine zvučnog tlaka iznad dopuštenih. Naša okolina postaje sve više onečišćena, svjesni smo problema kao što su emisije iz automobilskih ispušnih plinova i različita vrsta onečišćenja. Međutim, rijetko razmišljamo o zagađenju bukom koje također ima značajan utjecaj.

Buka je svakodnevno prisutna u čovjekovom radnom i životnom okruženju. Na radnom mjestu, ona je gotovo neizbježna. Razina buke može biti više ili niže prekoračena a ovisno o tome i stupanj oštećenja npr. čovjekovog sluha.

Osim radnog mjesta buka je prisutna i u mjestu stanovanja naročito u urbanim sredinama. Nakon određenog izlaganja buci čovjekovom uhu i tijelu je potreban odmor. Iz tog razloga posebno se posvećuje pažnja različitim mjerama za zaštitu od buke na primjer zvučna izolacija

pri izgradnji objekata. U navedenim stambeno poslovnim građevinama u kojima ljudi borave, postoje situacije da se u poslovnim prostorijama odvija više ili manje bučna poslovna djelatnost.

Da bi se osiguralo mirno svakodnevno okruženje za život i odmor, važno je u fazi planiranja i kasnije izgradnje zgrade pažljivo pridržavati propisane mjere zaštite od buke.

Potrebno je naglasiti da je buka uzrokovana prometom poseban faktor buke, posebno u gradskim područjima. U zadnjih deset godina, u Hrvatskoj je rast prometa na cestama bio izraženiji u usporedbi s drugim europskim zemljama. Kao rezultat toga, prometne rute su postale glavni izvor buke u gradskim sredinama.

Porastom tehnologije dolazi do upotrebe sve više materijala (prozori, vrata, fasade, razni izolacijski materijali) za izgradnju građevinskih objekata sa sve boljim akustičkim svojstvima. Rezultat toga je i bolja zaštita od buke, odnosno kvaliteta života u takvim objektima. Zvučna izolacija jedna je od mjera pomoću koje je na to moguće utjecati. Upravo to je tema ovoga rada, odnosno djelovanje buke na čovjeka u sredini kojoj radi ili boravi. Predmet ovog istraživanja je ispitivanje zvučne izolacije (zračne i udarne) na novogradnji.

#### 1.4. Ciljevi istraživanja

U ovom istraživanju će se analizirati utjecaj buke na ljudski organizam, uz pružanje relevantnih objašnjenja o ključnim pojmovima iz perspektive akustičkih mjerenja. Također će se predložiti poboljšanja za postojeće radne uvjete kako bi se smanjio negativni utjecaj buke na zaposlene. Provođen će se mjerenja buke s ciljem usporedbe s pravilnikom o dopuštenim razinama buke u okruženju u kojem ljudi rade i borave, prema NN br. 145/04. Dodatno, provest će se istraživanje stanja zvučne izolacije u poslovnom objektu i usporediti ga s zakonski propisanim vrijednostima

Ciljevi:

- Proučiti osnovne fizikalne zakone i tumačiti što je to buka.
- Propisi i zakoni o buci u Republici Hrvatskoj
- Tumačiti audiometriju
- Absorberi buke
- Pravila mjerenja buke
- Mjerenje na terenu
- Donijeti zaključak u skladnosti s propisima Republike Hrvatske

## 1.5. Metodologija rada

Metoda promatranja , sukladno s propisima napisati će se zapisnik mjerenja i opisati metode koje su korištene.

Eksperimentalna ili metoda uzrokovanja , na temelju plana mjerenja izvršiti će se mjerenje instrumentima sukladno pravilima i odredbama ponovljivosti istih a kako bi bili vjerodostojni.

## 1.6. Struktura rada

Prvo poglavlje razmatra osnovne pojmove vezane uz buku, uključujući definiciju zvuka i buke te razliku između njih, istražujući karakteristike buke.

Drugo poglavlje dublje se bavi percepcijom buke, analizirajući mehanizam djelovanja buke na organizam, razmatrajući različite stupnjeve naglušnosti i oštećenja sluha te istražujući kako buka utječe na fizičko i psihičko zdravlje čovjeka.

Treće poglavlje fokusira se na važeće propise i zakone u Republici Hrvatskoj koji se odnose na buku, posebno usmjeravajući pozornost na zaštitu radnika od buke na radnom mjestu.

Četvrto poglavlje razmatra audiometriju i audiogram, opisujući postupak audiometrije, tumačeći rezultate audiometrijskih testova i istražujući važnost praćenja sluha radnika izloženih buci

Peto poglavlje donosi osnovna pravila pri mjerenju buke, uključujući kalibraciju instrumenta za mjerenje buke, pravilnu poziciju mjerenja, vrijeme mjerenja i relevantne uvjete, te se bavi aspektima ponovljivosti mjerenja.

Šesto poglavlje analizira mjerenja buke na terenu, s posebnim naglaskom na primjeru Brodogradilišta Uljanik Pula. Opisuje postupak i opremu korištenu za mjerenje buke, prikazuje rezultate mjerenja i provodi analizu dobivenih podataka.

U zaključku se sažimaju glavni nalazi, razmatra se usklađenost mjerenja buke u Brodogradilištu Uljanik s važećim propisima i iznose se implikacije rezultata na zaštitu radnika od buke, uz prikladne zaključke i preporuke za buduće mjere.

## 2. POJMOVI BUKE

### 2.1. Zvuk

Zvuk je pojam koji predstavlja longitudinalni mehanički val koji se širi u prostoru elastičnim medijem karakterističnom brzinom za taj medij. Zbog pristupa zvuku i obrazloženja fizikalnih pojava koje ga prate, pretpostavljamo da zvuk sadrži samo jednu frekvenciju, odnosno čisti ton. Valovi se sastoje od molekula fluida koji se gibaju u smjeru propagacije (ukupni protokol je nula). Za tim ponašanjem slijedi promjena tlaka, temperature i gustoće. Zvuk se giba kroz različite medije: zrak, tekućina ili čvrsto tijelo. Na brzinu širenja zvuka utječu valna duljina, gustoća medija i frekvencija, a kada se radi o istom mediju, brzina ovisi o temperaturi. Što je gustoća materijala veća, materijal provodi zvuk duže i brže.

Slavko Sever, Fizikalne Štetnosti, 2007. god., str. 41

Tijelo koje proizvodi zvuk mora prenositi vibracije i mora biti u direktnom kontaktu sa medijem koji prenosi zvuk. Princip širenja zvučnog vala prepoznaje se u nizu poremećaja, ili drugim riječima, razrjeđivanje sredstva koji nastaju tokom promijenjene tlaka. Zato zvuk za svoje širenje obavezno zahtijeva neko sredstvo (zrak, metal, voda i slično). Zvučni valovi obuhvaćaju frekvencije u području čujnosti između 16 Hz i 20 000 Hz. Za područje čujnosti valova ovisi o pojedinosti osobe: gornja granica se smanjuje sa godinama starosti. Ultrazvuk je područje frekvencije iznad 20 KHz, a infrazvuk je područje frekvencije ispod 16 Hz.

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Frekvencija>

Dubinu tona određuje frekvencija, a ona je fizikalna veličina koja izražava broj titraja u određenom vremenskom intervalu. Trajanje jednog titraja je dovoljno da se promjeni tlak od najvećeg do najmanjeg, te opet od najmanjeg do najvećeg. Frekvencija označava koliko se promjena desilo u sekundi. Na primjer, ako je označeno 40 Hz, to prikazuje 40 promjena u jednoj sekundi (mjerna jedinica za frekvenciju je herc [Hz], a označava se sa  $f$ ).

Božidar Radanović, Fizikalne štetnosti, 1999.god., str. 5

### 2.2. Buka

Buka je neželjeni dio zvuka koji smeta i šteti uhu zbog određene razine glasnoće, odnosno previsoke glasnoće. Zbog napredne moderne tehnologije u postrojenju buka se povećava i stvara problem. Na radnom mjestu u postrojenju je od uvijek postoji buka, razlika je samo u razini intenziteta, a s godinama ona je porasla. Buka danas nije samo problem radnog mjesta,

već i prostori kućanstva. Osim ometanja rada, ona meta krvotok, san, živčani sustav, probavni sustav, psihičko stanje i stvara mnoge druge neželjene posljedice. Zbog toga što ima loš utjecaj na ljudsko zdravlje vrši se kontrola i mjerenja buke, te u slučaju potrebe smanjenje kao i na primjer nošenje propisne opreme za zaštitu sluha na radnom mjestu.

U nekom općenitom smislu buka predstavlja svaki ne željeni zvuk koji dopire do čovjekovog uha i izaziva određene smetnje. Tri stanja u kojima se buka javlja jesu: konstantno, povremeno ili impulsno stanje. Konstantna buka je stalna, ima ekvivalentu razinu buke u jednom vremenskom valu. Povremena buka mijenja svoju razinu u nekom kratkom vremenskom periodu. Impulsna buka svoju razinu mijenja u kratkom vremenskom periodu, to bi bio kratkotrajan zvuk kao na primjer sudar u prometu, pad teškog predmeta na tlo i slično. Također je bitan i spektar buke, da li su više izražene niske ili visoke frekvencije, prema standardu ispituje se buka u oktavnom pojasu prema tablici 1.

Tablica 1. Standardni oktavni pojasevi

| Oktavne trake                |                               |                               |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Donja granica pojasa<br>(Hz) | Središnja frekvencija<br>(Hz) | Gornja granica pojasa<br>(Hz) |
| 11                           | 16                            | 22                            |
| 22                           | 31,5                          | 44                            |
| 44                           | 63                            | 88                            |
| 88                           | 125                           | 177                           |
| 177                          | 250                           | 355                           |
| 355                          | 500                           | 710                           |
| 710                          | 1000                          | 1420                          |
| 1420                         | 2000                          | 2840                          |
| 2840                         | 4000                          | 5680                          |
| 5680                         | 8000                          | 11360                         |
| 11360                        | 16000                         | 22720                         |

Izvor: [http://www.engineeringtoolbox.com/octave-bands-frequency-limits-d\\_1602.html](http://www.engineeringtoolbox.com/octave-bands-frequency-limits-d_1602.html)

Važno je uzeti u obzir i trajanje vremena tijekom kojeg je osoba izložena buci. Prema ISO 1999:1990, točka 3.6., propisana je dnevna razina izloženosti buci ( $L_{EX}$ , 8h) izražena u decibelima (dB(A) re. 20  $\mu$ Pa).

Svaki čovjek je poseban za sebe, te tako razvija i svoju osjetljivost, 10% ljudi u svijetu ima povećanu osjetljivost na buku.

### 3. PERCEPCIJA BUKE

Prilikom velike buke, naš se sluh može oštetiti privremeno pa čak i trajno. Uho ne može pružiti zaštitu, kao što to radi oko pri treptaju, zato je potrebna OZO za sluh. Mlad i zdrav čovjek može osjetiti zvukove u području od 20 Hz do 20kHz. Kako čovjek stari, tako i njegovi osjeti slabe, sluh također. Naše uho je najosjetljivije u području od 1 do 4 kHz. Osjet zvuka ovisi o glasnoći zvuka, visini tona i boji tona. No, ipak ona ovisi i o čovjekovoj individualnoj osjetljivosti, neke osobe su više a neke manje osjetljive. Minimalni zvučni tlak koji čovjekovo uho može percipirati naziva se prag čujnosti, a gornja granica se naziva prag boli.

Slavko Sever, Fizikalne štetnosti, 2007.god., str. 60

#### 3.1. Mehanizam djelovanja buke na organizam

- Buka u rasponu od 30 do 65 dB izaziva nelagodu i ometanje osjetljivih osoba, te može utjecati na nemiran san.
- Buka u rasponu od 65 do 90 dB može uzrokovati početak neurovegetativnih smetnji, uključujući i potencijalne negativne učinke na slušni organ.
- Buka u rasponu od 90 do 110 dB uzrokuje značajne smetnje i može dovesti do gubitka sluha.
- Buka u rasponu od 110 do 130 dB može izazvati brze neurocirkulacijske smetnje i dodatno pogoršati gubitak sluha.
- Buka iznad 130 dB može dovesti do cirkulacijskog šoka i čak smrti.

(Hrvoje Lalić, Milena Kabalin; Medicina rada; Rijeka 2005).

#### 3.2. Stupnjevi naglušnosti:

- ➔ Neznatna naglušnost – do 20 dB u području od 1000 do 2000 Hz.
- ➔ Lagana naglušnost – od 20 do 40 dB u području od 1000 do 2000 Hz.
- ➔ Umjerena naglušnost – od 40 do 60 dB u području od 500 do 4000 Hz.
- ➔ Teška naglušnost – od 60 do 80 dB u području od 250 do 6000 Hz, (Hrvoje Lalić, Milena Kabalin; Medicina rada; Rijeka 2005).



### 3.3. Djelovanje buke na čovjeka

U skladu s propisima o zaštiti na radu, konkretno s Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buke na radu (NN br. 46/08), čovjek može biti izložen buci 8 sati na dan, 5 dana u tjednu pri minimalnoj buci od 80 dB(A). izloženost na 80 dB(A) smatramo donjom upozoravajućom granicom pri kojoj radnici još uvijek ne moraju nositi OZO ( osobna zaštitna oprema), ali se svejedno preporučuje. Gornja upozoravajuća granica izloženosti je pri 85 dB(A) i obavezno je nošenje osobne zaštitne opreme. Granična vrijednost iznosi 87 dB(A), te ne bi smjelo preći iznad te veličine, obavezno je nošenje osobne zaštitne opreme.

Buka djeluje **auralno** i **ekstraauralno** na čovjeka. Auralno djelovanje na čovjeka je samu sluh, a ekstraauralno djeluje na cijeli čovjekov organizam. Auralno može biti kratkotrajno, dugotrajno ili akustična trauma (Slavko Sever, Fizikalne štetnosti, 2007. god., str. 61). Pri privremenoj izloženosti buci nakon nekog vremena možemo izgubiti sluh kratkotrajno, te se on nakon nekog vremena na neizlaganju buke vrati. U suprotnom kada smo duže vremena izloženi buci možemo izgubiti sluh dugotrajno. Isto tako on može nestati pri akustičnoj traumi, u kojoj je uho doživjelo kratkotrajno i jako djelovanje buke. Osim na sluh, buka djeluje na cjelokupni organizam čovjeka. Tako u ekstraauralnom djelovanju, on djeluje na kardiovaskularni, neurovegetativni sustav, povećava faktor stresa, otežava probavni sustav, poremećuje san, te povećava umor i dekoncentraciju (J. Horvat, A. Regent, Osobna zaštitna oprema, 2009.god., str. 99 i 101).

Na gubitak sluha ovisi više faktora. Razina intenziteta zvuka, frekvencija zvuka, vrijeme izloženosti, oblik zvuka i individualna osjetljivost su faktori štetnosti koji utječu na gubljenje sluha. Također je povezano s godinama čovjeka. Gubljenje sluha je proces koji dugo traje ( osim u slučaju izazvan akustičnom traumom). Najprije se gubi osjetljivost u području čujnosti oko 4 kHz, a pošto je to iznad razine govora (1 do 3 kHz), čovjek ne primjećuje gubitak sluha. S vremenom se širi, obuhvaća sve veće frekvencije i veći gubitak osjetljivosti (J. Horvat, A. Regent, Osobna zaštitna oprema, 2009.god., str. 98 i 99).

## **4. PROPISI I ZAKONI KOJI SU NA SNAZI RH**

**Zakonom o zaštiti na radu** se uspostavljaju opća načela i pravila za zaštitu na radu, definiraju se prava i obveze radnika i poslodavaca te se određuje djelatnost Zavoda za unapređivanje zaštite na radu i upravljanje njime.

Cilj zakona o zaštiti na radu je smanjiti ozljede na radu, profesionalne ozljede i smrtne slučajeve te poboljšati sigurnost radnika na radnom mjestu. Zakon se primjenjuje u svim djelatnostima u kojima radnici obavljaju poslove za poslodavca. Poslodavac i radnici su obvezni poštovati odredbe, načela, pravila i propise. U slučaju nepoštivanja, predviđene su visoke novčane kazne.

Poslodavac ima obvezu osigurati zaštitu na radu i informirati radnika o potencijalnim opasnostima i štetnostima na radnom mjestu. Jedna od važnih dužnosti poslodavca je pružanje osposobljavanja za rad. Također, poslodavac je odgovoran za osiguravanje osobne zaštitne opreme, pri čemu troškovi ne smiju biti na teret radnika (Članak 17.).

S druge strane, radnik je obvezan izvršavati sve radne zadatke prema ugovoru te se osposobiti za siguran rad kada ga poslodavac uputi na to (Članak 67.).

Članak 11. sadrži opća načela prevencije koja su dužnost poslodavca, a to su:

- 1) Izbjegavanje rizika - s ciljem izbjegavanja potencijalnih opasnosti na radnom mjestu.
- 2) Procjenjivanje rizika - što uključuje mjerenje buke na radnom mjestu radi procjene rizika.
- 3) Sprječavanje rizika na izvoru - primjenom mjera poput prigušivanja zvuka na izvor buke.
- 4) Prilagođavanje rada radnicima - uključujući oblikovanje radnog mjesta i odabir odgovarajuće OZO.
- 5) Prilagođavanje tehničkom napretku - usklađivanje s novim tehnologijama i poboljšanjima kako bi se smanjili rizici.
- 6) Zamjena opasnih elemenata bezopasnim ili manje opasnim
- 7) Razvoj dosljedne sveobuhvatne politike prevencije - povezivanje tehnologije, organizacije rada, uvjeta rada, ljudskih odnosa i utjecaja radnog okoliša radi postizanja sigurnosti.
- 8) Davanje prednosti skupnim mjerama zaštite
- 9) Odgovarajuće osposobljavanje i obavješćivanje radnika
- 10) Besplatnost prevencije - osiguravanje da mjere zaštite na radu budu besplatne za radnike.

## 5. AUDIOMETRIJA

Audiometrije je testiranje sluha na različitim frekvencijama i tonovima. Kada se osoba odluči na ispitivanje sluha, prvo dolazi na razgovor sa doktorom, gdje on već tu može zaključiti da li osoba ima tegoba u razumijevanju govora. Nakon toga ispitanik ide na tonsku audiometriju koja se provodi u tihoj komori sa slušalicama koje su predviđene za takvo ispitivanje. Prije ispitivanja obavezno je pripremiti ispitanika, očistiti uši, objasniti što će se raditi. Pri ispitivanju puštaju se tonovi koji po visini variraju od visokih do niskih, a po jačini od glasnih do tihih. Ispitanik je dužan dignuti ruku kada čuje ton. Ispitivač bilježi frekvencije koje je ispitanik čuo. Podatci se kasnije upisuju u audiogram.

### 5.1. Audiogram

Audiogram je dijagnostički test koji se provodi u medicinskim ustanovama kako bi se procijenila sluh osobe. Tijekom audiograma, osoba je izložena različitim tonovima različitih frekvencija i intenziteta, a zatim se bilježe njezine reakcije na te tonove. Rezultati audiograma prikazuju se u obliku grafikona koji prikazuje prag sluha osobe za različite frekvencije.

Audiogram se obično koristi za dijagnosticiranje različitih problema sa sluhom, kao što su gubitak sluha, oštećenje sluha ili druge slušne poremećaje. Na temelju rezultata audiograma, stručnjak za sluh može pružiti informacije o stanju sluha osobe i preporučiti odgovarajuće tretmane ili pomagala za slušanje.

Primjer grafičkog prikaza rezultata mjerenja audiometrije korištenjem mobilne aplikacije hearing test audiogram. Izmjerene frekvencije (Hz) prikazane su na horizontalnoj osi, a jačina tona (dB) na vertikalnoj osi. Frekvencije su postavljene tako da rastu s lijeva na desno, a jačina od gore prema dolje. Podatci za lijevo uho su prikazani na grafikonu 1, a za desno uho su prikazani na grafikonu 2.

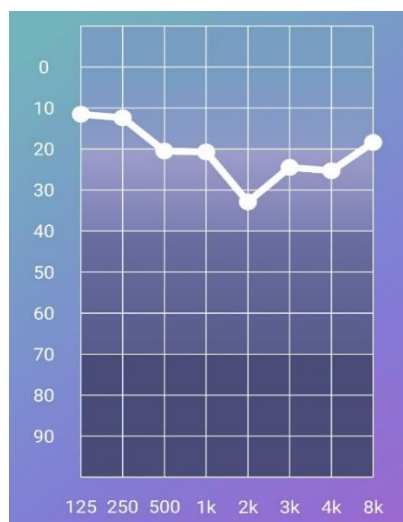
Grafikon 1 Primjer audiograma testiran na lijevom uhu



Izvor: Hearing test aplikacija

Opis: Osoba ima poteškoće u čujnosti tihe ili udaljene govorne poruke u tihoj ili bučnoj okolini. U normalnim uvjetima, može čuti uobičajeni govor kada je okolina tiha, ali ima teškoća u razumijevanju govora u prisutnosti buke. Ne može čuti šapat. Prosječno ne uspijeva percipirati 25-40% informacija iz govora te ima izazova u razumijevanju stalnih zvukova.

Grafikon 2 Primjer audiograma testiran na desnom uhu



Izvor: Hearing test aplikacija

Opis: Osoba ima poteškoća u razumijevanju tihih govornih poruka u bučnoj okolini. Prosječno, ne percipira do 10% informacija iz govora ako sugovornik nije udaljen više od 1 metra. Također ima teškoća u razaznavanju zvukova poput "s" i "f".

## 6. ZAŠTITA OD BUKE

Najjeftinija zaštita je već u fazi projektiranja građevinskih objekata, radnih prostora, postrojenja i slično. Postoje dvije mjere zaštite od buke, i to aktivne mjere kojim se smatraju sve mjere poduzete već pri projektiranju i izgradnji, te *pasivne mjere* u koje spada OZO.

Mjere koje se koriste za smanjenje buke prema B. Radanoviću (Božidar Radanović, Fizikalne štetnosti – Buka 2.izdanje, 1999.god., str.29):

### → ORGANIZACIJSKE MJERE:

- Postavljanje ograničenja vremena rada za bučne strojeve.
- Uvođenje dodatnih pauza radi oporavka.
- Promjena radnog mjesta za smanjenje izloženosti buci.

### → ORGANIZACIJSKO-TEHNIČKE MJERE:

- Odabir strojeva i tehnoloških procesa s manjom razinom buke.
- Redovito održavanje i remont strojeva.
- Primjena mehanizacije, automatizacije i robotizacije radi smanjenja buke.

### → GRAĐEVINSKO-PLANSKE MJERE:

- Pravilan raspored pogona kako bi se izbjeglo preklapanje izvora buke i radnih mjesta
- Fizičko odvajanje izvora buke, radnih mjesta i prostorija.
- Pravilan raspored strojeva radi smanjenja buke.

### → TEHNIČKE MJERE:

- Na izvorima buke: primarne mjere koje uključuju konstrukcijske promjene radi smanjenja buke.

Sekundarne mjere koje obuhvaćaju ugradnju prigušivača zvuka, vibracijsku izolaciju i oklapanje.

- Na putu širenja zvuka: primjena izolacije i apsorpcije zvuka te izolacije i apsorpcije vibracija.
- Na mjestu prijema zvuka: lokalne mjere apsorpcije, izolacije, i prigušenja zvuka.

## 6.1. Osobna zaštitna oprema (OZO)

Postoje razne vrste OZO za sluh. Poslodavac je dužan osigurati OZO za sve radnike, te mora snositi njihove troškove, (NN br. 71/14, 118/14 i 154/14)

Čepovi za uši se postavljaju u slušni kanal. Mogu biti oblikovani i neoblikovani. Oni ne oblikovani su u obliku vate, te se prije stavljanja u uho moraju prstima ruke oblikovati i postaviti u slušni kanal. Oblikovani čepovi su standardni čepovi izrađeni od elastično-plastičnog materijala koji su već oblikovani, te ih je potrebno samo postaviti u slušni kanal. Čepovi služe za zaštitu u radnim prostorijama gdje je buka trajna i jednakomjerna, te u slučaju ako radnik ne može nositi ušne štitnike, zbog jačeg znojenja.

Štitnici za uši sastavljeni su od dvije školjke koje su postavljene mekim jastučićima, obično od kože, te su međusobno povezani elastičnim nosačem. Moguća je i izvedba s kacigom. Ovi štitnici imaju mogućnost prilagođavanja veličini glave. Koriste se u radnim prostorima gdje je razina buke viša od 85 dB(A). Također, zbog jednostavnog i brzog skidanja i ponovnog stavljanja, koriste se kada radnik privremeno ulazi u bučnu prostoriju.

Semiauralni štitnici se postavljaju tako da zatvore ušni kanal. Nalikuju na čepove, te su međusobno povezani elastično-plastičnim materijalom. Idealno su rješenje za radnike koji većinu dana provode u tihim prostorijama, no u nekim periodima ulaze u bučne prostorije. Lagani su i mali, te se mogu nositi oko vrata ili u džepu. Nisu prilagođeni za stalno nošenje (8h/d) zbog svoje neudobnosti. (J.Horvat, A. Regent, Osobna zaštitna oprema, 2009.god., str.103). na slici 1 prikazani su nekoliko primjera zaštitne opreme za sluh:

Slika 1. Osobna zaštitna oprema za sluh



Izvor: <http://zastitanaradu.com.hr/>

## 7. ZVUČNA IZOLACIJA

Čovjek se tokom dana nalazi u različitim zvučnim okruženjima. Ovisno o tim okruženjima, različite su i razine buke na tim mjestima. Tako je npr. uobičajena buka u poslovnom prostoru do 50 dB. Normalna komunikacija između ljudi također je u toj razini. Pri tom radu potrebna je koncentracija, nju može omesti čak i buka od 10dB više, npr. mikser. U disko klubovima razina buke doseže čak visokih 110 dB, što je u razini buke koju proizvodi pneumatski čekić pri radu. 130 dB proizvodi avion pri uzlijetanju, to je granica gdje slušni organ zaboli, te čovjek pri izlaganju takvoj buci može oštetiti sluh. Vanjska buka, odnosno buka osobnih vozila u gradskom prometu kreće se u razmaku od 70 do 80 dB, ovisno o gustoći prometa.

Prema informacijama iz navedenih izvora (Božidar Radanović, Fizikalne štetnosti – Buka, 2. izdanje, 1999.), postoji opća klasifikacija razina buke s obzirom na njezin utjecaj na ljude:

- Razine buke do 60 dB(A) obuhvaćaju područje psihološkog djelovanja.
- Razine buke od 60 do 90 dB(A) povezane su s ozbiljnim psihološkim smetnjama.
- Razine buke iznad 90 dB(A) dovode do oštećenja sluha.
- Razine buke iznad 120 dB(A) karakteriziraju akutno oštećenje sluha.

**Zvučna izolacija** je bitan faktor pri izgradnji stambenih i poslovnih gradnji. Neovisno da li se to radi o ugodnoj buci kao što je na primjer glazba. Zvučna izolacija je svojstvo građevinske konstrukcije da spriječi prijenos buke iz jednog prostora u drugi. WHO organizacija<sup>1</sup> smatra da se buka nalazi na drugom mjestu po veličini rizičnih čimbenika za ljudsko zdravlje. Prema njima, ljudi koji su izloženi konstantnoj buci, imaju veći rizik oboljenja od srčanog udara. Razlikujemo tri vrste buke:

- ➔ Zračne vibracije – buka koja nastaje širenjem zvučnih valova kroz zrak, npr. govor, muzika. Takvu vrstu buke lako je smanjiti masivnim, teškim zidovima i stropovima.
- ➔ Mehaničke vibracije – buka koja se širi kroz čvrste materijale, građevinske elemente, te tako dopijeva u susjedne prostorije, npr. hodanje. Sprječava se razdvajanjem građevinskih dijelova.

---

<sup>1</sup> World Health Organization, WHO je svjetska zdravstvena organizacija koja djeluje kao koordinirajuće tijelo međunarodnog javnog zdravstva, (<http://www.who.int/en/>, )

→ Vibracije od udarca – buka koja nastaje kao mehanička ali se širi kroz zrak. Otprilike je to osjet vibracije u prizemlju, prouzrokovano hodanjem na prvom katu. Ugrađivanjem plivajućeg estriha<sup>2</sup> u podove moguće je spriječiti takav osjet.

## 7.1. Pravila zvučne izolacije

Kako bi zvučna izolacija bila što uspješnija, postoje 5 pravila kojih bi se trebalo pridržavati, ([https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvu%C4%8Dna\\_izolacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvu%C4%8Dna_izolacija)):

- 1) Pravilo mase je vrlo jednostavno, te govori o tome da je svakom zvučnom valu odnosno buci, teže prodrijeti odnosno izazvati vibraciju ili titranje masivnijih i težih materijala. Što bi u prijevodu značilo, ako imamo zid izgrađen od materijala veće mase, teže će buka preći iz jednog prostora u drugi.
- 2) Pravilo odvajanja je jedno od najpopularnijih pravila. Stvara se tzv. „zračni džep“ između dva sloja pregrade.
- 3) Pravilo apsorpcije je najprostanjenije. Izvodi se umetanjem apsorpcijskog materijala (stiropor , mineralna vuna...) u šupljine. Dio zvuka se apsorbira unutar materijala i ne širi se dalje.
- 4) Pravilo rezonancije stupa na snagu kada su ostvarena sva prethodna pravila a povećala se rezonancija sustava, što je lako moguće. Smanjenje vibriranja kompletnog sustava moguće je izvesti elastičnim materijalima koji prigušuju vibracije. Pomicanje rezonantne točke druga je mogućnost.
- 5) Pravilo prijenosa zvuka se odnosi na indirektno prenošenje zvuka kroz građevinske elemente. To se postiže postavljanjem fizičkih barijera, kanala, prigušivača i sličnih elemenata izravno na izvor buke.

Sva prethodno spomenuta pravila gube svoju važnost i učinkovitost ako se ne pridržavamo osnovnog načela - pravilnog brtvljenja. Bez obzira na kvalitetnu primjenu ostalih pravila, nedovoljna brtvljenost sustava dovodi do gubitka njihove funkcionalnosti i svrhe. Brtvljenje je ključno kako bi se osigurala ispravna izolacija i sprečavanje neželjenog prijenosa zvuka ili buke.

---

<sup>2</sup> Estrih je nekoliko centimetara debeli sloj koji se stavlja između betonske ploče i podne obloge (<http://www.baumit.hr/proizvodi/podovi/index.html> )



Ako postoji udarna buka, zaštita se provodi direktnim postavljanjem apsorpcijskih materijala na izvor udarne buke. Time smo presjekli sve putove kojim se zvuk može širiti kroz konstrukciju.

## 7.2. Primjeri izvedene zvučne izolacije

Za postizanje zvučne izolacije, važno je primijeniti odgovarajuće mjere već pri izgradnji objekta, uključujući temelje, stropove i susjedne zidove. Posebna pažnja se posvećuje podovima, pri čemu se često koristi tehnika plivajućeg estriha. Plivajući estrih se često primjenjuje kao rješenje za postizanje dobre zvučne izolacije podova. On mora biti odvojen od susjednih zidova izolacijskim slojem, kako bi se mogao spriječiti prijenos zvuka. Bitna je izolacija sanitarnih i vodovodnih cijevi. Bitna je težina i gustoća građevinskog materijala. Masivni materijali, kao npr. beton mogu teže zatirati i prenositi zvuk. Svima nam je poznato kada zatvorimo prozor automatski se smanji i vanjska buka. Za što bolju izolaciju vanjske buke preporuča se prozor s dvostrukim ostakljenjem, tablica 2. Osim zvučne izolacije, prozori su i dobri toplinski izolatori. Isto tako su bitna i masivna vrata koja čvrsto priležu uz pod. Cijepovi učinkovito smanjuju vanjsku buku, tako da krov također ima veliku ulogu u izolaciji zvuka. Drvene grede ugrađene u stropove, veoma dobro kompenziraju stvaranje buke. Laminat je materijal koji se danas sve češće koristi, no on smanjuje i do 60% vibracija nastalih udarcima.

Tablica 2. Prikaz redukcije buke za prozore

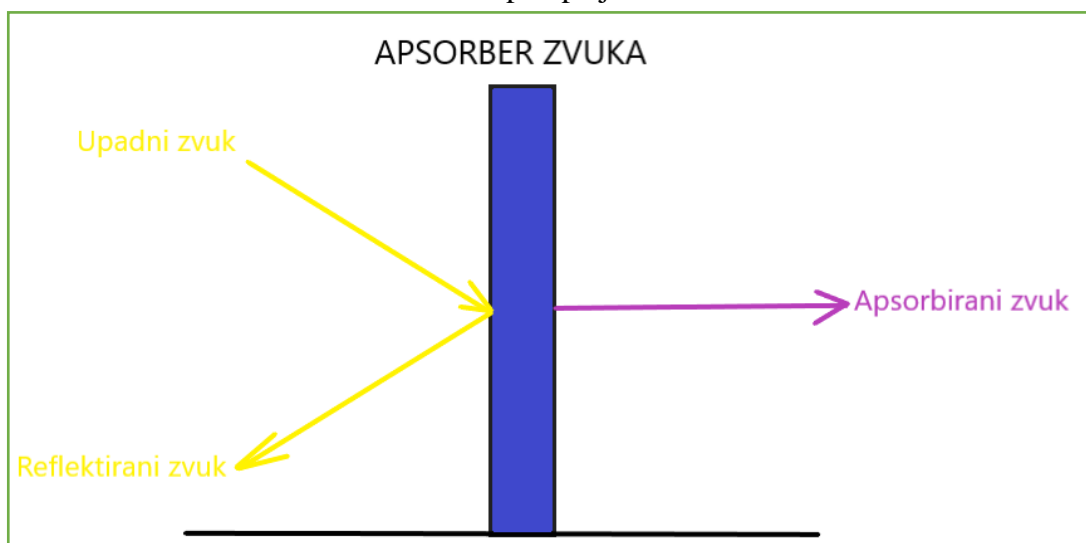
| Opis   | Smanjenje zvuka<br>(100-3150 Hz) |
|--|----------------------------------|
| Bilo koja vrsta prozora kada je otvoren  | Oko 10 dB                        |
| Običan jednokrlni prozor zatvoren, ali bez vremenske brtve, bilo kakvo staklo  | Do 20 dB                         |
| Jednokrlni prozor fiksni ili otvarajući, s vremenskom brtvom, s 6 mm staklom.  | Do 25 dB                         |
| Fiksni jednokrlni prozor s 12 mm staklom.  | Do 30 dB                         |
| Fiksni jednokrlni prozor s 24 mm staklom.  | Do 35 dB                         |
| Dvostruki prozor, otvarajući se, ali s vremenskom brtvom, sa zračnim prostorom od 150-200 mm, bilo koje staklo.                                    | Do 40 dB                         |
| Dvostruki prozor s odvojenim okvirima, jedan okvir je fiksni, zračni prostor od 300-400 mm, staklo debljine 6-10 mm, zvučno apsorbirajući štokovi. | Do 45 dB                         |

Izvor: <http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec/sound4.htm>

## 8. APSORBERI ZVUKA

Apsorpcija zvuka u potpunosti se razlikuje od zvučne izolacije. Apsorpcijski sloj smanjuje razinu reflektiranog odnosno difuznog zvuka, (Božidar Radanović, Fizikalne štetnosti – Buka 2.izdanje, 1999.god., str.38). Apsorberi zvuka su materijali ili uređaji koji se koriste za smanjenje odjeka i zvuka u prostoru. Koriste se u različitim okruženjima kao što su studiji za snimanje, kino dvorane, koncertne dvorane, uredi, restorani i slično. Njihova svrha je da kontroliraju akustiku prostora tako što smanjuje odjek, poboljšava jasnoću zvuka i smanjuje buku.

Slika 2. Apsorpcija zvuka



Izvor: obrada autora

Navesti ćemo nekoliko tipova apsorbera zvukova koji se koriste u različitim situacijama:

- ➔ Akustične panel: to su ploče od akustične pjene, mineralne vune i drugih materijala koji se koje postavljamo na zidove ili stropove prostorija. One rade tako da apsorbiraju zvuk koji udara u njih i smanjuju odjek u prostoriji.
- ➔ Akustične tkanine i tapete: one imaju posebna akustična svojstva i koriste se za oblaganje zidova u prostorijama. One isto kao i akustični paneli apsorbiraju zvuk i smanjuju odjek u prostoriji.
- ➔ Akustični paneli za pod: koriste se u prostorijama gdje su najčešće podovi drveni ili opločeni. Ovi paneli su obično izrađeni od gumenog ili sličnog materijala koji apsorbiraju udarce i vibracije zvuka.
- ➔ Akustične pregrade: koriste se za stvaranje odvojenih zona u velikim prostorijama da bi se smanjila buka i poboljšala privatnost.

## 9. OSNOVNA PRAVILA PRI MJERENJU BUKE

Prilikom mjerenja buke važno je slijediti određena osnovna pravila kako bi se osigurala točnost i pouzdanost rezultata. Evo sažetka tih pravila:

### 9.1. Kalibracija instrumenta

Kalibracija instrumenta pri mjerenju buke je postupak kojim se provjerava i podešava preciznost i pouzdanost zvučnog instrumenta koji se koristi za mjerenje razine buke. Ovaj postupak je ključan za osiguravanje točnosti rezultata mjerenja i usklađenosti s propisanim standardima.

Evo sažetka ključnih aspekata kalibracije instrumenta pri mjerenju buke:

1. Kalibrator zvuka: Za kalibraciju se koristi poseban uređaj nazvan kalibrator zvuka, koji generira poznatu i stabilnu razinu zvuka. Kalibrator zvuka emitira referentni zvuk s poznatom frekvencijom i razinom, što se koristi za usporedbu s mjerenim vrijednostima instrumenta.
2. Provjera i podešavanje: Kalibrator zvuka se koristi za provjeru točnosti instrumenta i, ako je potrebno, za prilagodbu postavki kako bi se osigurala preciznost mjerenja. To može uključivati podešavanje osjetljivosti instrumenta ili kalibraciju njegovih internih komponenti.
3. Redovita kalibracija: Instrument bi trebao redovito prolaziti kroz kalibraciju kako bi se održala njegova točnost tijekom vremena. Učestalost kalibracije ovisi o vrsti instrumenta, njegovoj upotrebi i zahtjevima industrijskih standarda. Uobičajeno je provoditi kalibraciju jednom godišnje ili prema preporukama proizvođača.
4. Certifikat kalibracije: Nakon uspješne kalibracije, instrument obično dobiva certifikat koji potvrđuje datum i rezultate kalibracije te potvrđuje usklađenost instrumenta s točnostima i standardima.

Kalibracija instrumenta pri mjerenju buke osigurava da instrument ispravno mjeri zvuk i da su rezultati pouzdani i usklađeni s propisanim vrijednostima. To je važan korak za osiguravanje kvalitete mjerenja buke i točnosti prikupljenih podataka.

### 9.2. Pozicija mjerenja

Pozicija mjerenja buke odnosi se na odabir prikladnog mjesta ili lokacije na kojoj se provodi mjerenje razine buke. Važno je pažljivo odabrati poziciju kako bi se osigurali relevantni i reprezentativni rezultati. Pri odabiru pozicije mjerenja treba uzeti u obzir sljedeće faktore:

Udaljenost od izvora buke: Potrebno je odrediti optimalnu udaljenost između mjernog instrumenta, kao što je zvučno mjerač, i izvora buke. Ovisno o vrsti izvora buke, može biti potrebno postaviti instrument bliže ili dalje od izvora kako bi se dobila točna slika razine buke. Na primjer, kod mjerenja buke prometne gužve, instrument se može postaviti uz cestu na određenoj udaljenosti od prometa.

Visina mjernog instrumenta: Visina na kojoj se postavlja mjerni instrument također može utjecati na rezultate. Budući da se zvuk širi sferično, mjerenje na različitim visinama može dati različite razine buke. Na primjer, mjerenje buke u blizini industrijskog postrojenja može se provesti na visini radne razine ušiju radnika.

Smjer izvora buke i smjer mikrofona: Važno je razmotriti smjer izvora buke i smjer mikrofona prilikom postavljanja mjernog instrumenta. Ako je izvor buke usmjeren prema određenoj točki, mjerni instrument treba biti usmjeren prema tom izvoru kako bi se dobili precizni podaci.

Utjecaj okolnih objekata: Okolni objekti poput zgrada, zidova ili prepreka mogu utjecati na širenje buke i rezultate mjerenja. U nekim slučajevima, mjerni instrument treba biti postavljen na određenoj udaljenosti od objekata kako bi se minimizirao njihov utjecaj na rezultate mjerenja.

Pravilno odabrana pozicija mjerenja buke omogućuje dobivanje točnih, pouzdanih i relevantnih podataka o razini buke na određenom mjestu. Ovisno o specifičnom kontekstu i ciljevima mjerenja, stručnjaci za buku mogu pružiti dodatne smjernice i preporuke za odabir optimalne pozicije mjerenja.

### 9.3. Vrijeme mjerenja

Vrijeme mjerenja buke se odnosi na odabrano vremensko razdoblje tijekom kojeg se provodi mjerenje razine buke. Važno je pažljivo odabrati prikladno vremensko razdoblje kako bi se dobili relevantni i reprezentativni podaci. Evo nekoliko važnih faktora koje treba uzeti u obzir prilikom određivanja vremena mjerenja buke:

1. Trajanje mjerenja: Potrebno je odrediti koliko dugo će trajati mjerenje buke. Ovisno o svrsi mjerenja i kontekstu, to može biti nekoliko minuta, sati ili kontinuirano tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Na primjer, mjerenje buke izazvane radom industrijskog postrojenja može trajati nekoliko sati kako bi se obuhvatili različiti uvjeti rada.

2. Rezolucija mjerenja: Važno je razmotriti u kojem vremenskom intervalu se mjere razine buke tijekom odabranog vremenskog razdoblja. To može uključivati mjerenje svake sekunde, svake minute ili u nekom drugom intervalu. Odabir odgovarajuće rezolucije mjerenja ovisi o brzini promjena u razini buke i željenom detaljnom prikazu podataka.

3. Praćenje fluktuacija: U nekim slučajevima, važno je pratiti fluktuacije razine buke tijekom vremena. To se postiže kontinuiranim mjerenjem buke tijekom duljeg vremenskog razdoblja. Na primjer, prilikom istraživanja buke u urbanoj okolini, mjerenje tijekom različitih dana i sati može pružiti uvid u fluktuacije uzrokovane prometom, događanjima ili drugim faktorima.

4. Statistička analiza: Nakon prikupljanja podataka tijekom odabranog vremenskog razdoblja, provodi se statistička analiza radi identifikacije trendova, prosječnih vrijednosti, maksimalnih vrijednosti ili drugih relevantnih karakteristika razine buke. Ovo je korisno za usporedbu s propisanim vrijednostima, evaluaciju utjecaja ili donošenje odluka o kontroli buke.

#### 9.4. Okolina i uvjeti

Okolina i uvjeti mjerenja buke su važni faktori koji utječu na kvalitetu i pouzdanost rezultata mjerenja. Prilikom mjerenja buke, bitno je odabrati prikladnu lokaciju koja je reprezentativna za područje koje se istražuje. Također je važno uzeti u obzir pozadinsku buku, odnosno postojeću razinu buke u okolini, te je izolirati kako bi se pravilno istražila ciljana buka. Vremenski uvjeti, kao što su vjetar, kiša ili snijeg, mogu također utjecati na rezultate mjerenja buke. Parametri mjerenja, poput frekvencijskog raspona i vremenskog integriranja, također trebaju biti prilagođeni specifičnom kontekstu kako bi se osigurala točnost mjerenja. Također treba uzeti u obzir moguća ometanja od drugih izvora buke ili uređaja koji mogu utjecati na rezultate. Stručnjaci za buku obično provode detaljnu procjenu okoline i uvjeta kako bi osigurali preciznost i kvalitetu mjerenja.

#### 9.5. Ponovljivost mjerenja

Ponovljivost mjerenja buke predstavlja ključni koncept u području akustičkog inženjeringa i analize buke. Ovaj aspekt mjerenja odnosi se na sposobnost da se isto mjerenje ponovi više puta u identičnim ili sličnim uvjetima, a da se pritom dobiju konzistentni rezultati. Ponovljivost mjerenja ključna je jer omogućava vrednovanje i potvrdu točnosti rezultata buke koje dobivate tijekom analize. Evo nekoliko razloga zašto je ponovljivost mjerenja važna:

**1. Pouzdanost rezultata:** Kada se mjerenje može ponoviti s konzistentnim rezultatima, povećava se pouzdanost dobivenih podataka. To znači da možete vjerovati u točnost rezultata i donositi informirane odluke na temelju njih.

**2. Usporedba između mjerenja:** Visoka ponovljivost omogućava usporedbu između različitih mjerenja. To je posebno važno u situacijama gdje želite pratiti promjene u razini buke tijekom vremena ili usporediti različite lokacije.

**3. Otkrivanje neregularnosti:** Ako se ponovljivost izgubi i rezultati variraju znatno, to može ukazivati na neregularnosti ili probleme u procesu mjerenja, instrumentima ili uvjetima okoline.

Faktori koji utječu na ponovljivost mjerenja:

Da bi mjerenje bilo visoko ponovljivo, važno je obratiti pažnju na nekoliko ključnih faktora:

**1. Konzistentna metoda mjerenja:** Koristite istu metodu mjerenja svaki put kako biste osigurali dosljedne rezultate.

**2. Kalibracija instrumenata:** Redovito kalibrirajte instrumente kako biste osigurali da su precizni i pouzdani.

**3. Precizna dokumentacija:** Detaljno dokumentirajte sve aspekte mjerenja, uključujući uvjete, postavke instrumenata i rezultate.

Praktični savjeti za postizanje visoke ponovljivosti:

- Prije početka mjerenja provjerite i kalibrirajte sve instrumente kako biste osigurali točne rezultate.

- Mjerenja provodite u uvjetima gdje su promjene u okolini minimalne kako biste smanjili varijabilnost rezultata.

- Standardizirajte postavke instrumenata i postupke kako biste osigurali dosljednost.

- Redovito provjeravajte i održavajte instrumente kako biste ih održali u optimalnom stanju.

- Koristite multiple uzorke (ponavljanja) mjerenja kako biste potvrdili ponovljivost rezultata.

Visoka ponovljivost mjerenja buke ključna je za preciznu analizu i upravljanje bukom u različitim okruženjima, uključujući industrijske postavke i radna mjesta. Ova praksa osigurava točnost i pouzdanost vaših podataka te doprinosi donošenju informiranih odluka za zaštitu zdravlja radnika i okoliša.

## 9.6. Dokumentiranje mjerenja

Dokumentiranje mjerenja buke ima ključnu ulogu u osiguranju integriteta i pouzdanosti dobivenih podataka te omogućuje transparentnost u procesu mjerenja. Ova točka detaljno će objasniti važnost dokumentiranja mjerenja buke, što bi trebalo uključivati i kako to može pridonijeti kvaliteti mjerenja.

Važnost dokumentiranja mjerenja:

**Kontrola i osiguranje kvalitete:** Pravilno dokumentirana mjerenja omogućuju kontrolu i osiguranje kvalitete podataka. To znači da možete pratiti svaki korak postupka mjerenja kako biste bili sigurni da nema grešaka ili nepravilnosti.

**Usporedba i analiza:** Dokumentirani podaci omogućuju kasniju usporedbu i analizu rezultata mjerenja. Bez valjane dokumentacije, teško je provoditi usporedbe s drugim mjerenjima ili analizirati trendove i promjene u vremenu.

**Transparentnost i pouzdanost:** Dokumentacija pridonosi transparentnosti procesa mjerenja i povećava pouzdanost dobivenih rezultata. To je posebno važno ako trebate podijeliti svoje mjerenje s drugima ili ako se vaši rezultati koriste u znanstvenim ili regulatornim svrhama.

Što treba uključiti u dokumentaciju mjerenja:

**Datum i vrijeme:** Zabilježite datum i vrijeme kada je mjerenje provedeno. Ovo pomaže u praćenju vremenskih uvjeta koji mogu utjecati na buku.

**Lokacija:** Navedite preciznu lokaciju mjerenja, uključujući koordinate ili adrese. To je važno za kasnije usporedbu s drugim mjestima ili za identifikaciju potencijalnih izvora buke.

**Parametri mjerenja:** Zabilježite sve relevantne parametre mjerenja, kao što su frekvencija, vremenski interval, i postavke instrumenata.

**Kalibracija:** Ako su instrumenti kalibrirani prije ili nakon mjerenja, dokumentirajte te podatke kako biste potvrdili točnost mjernih uređaja.

**Slike i videozapisi:** Ako je moguće, priložite slike ili videozapise koji prikazuju postavke mjerenja, položaj mjernih uređaja i uvjete okoline. To može biti vrlo korisno za kasniju analizu i verifikaciju rezultata.

**Napomene i uvjeti:** Uključite bilo kakve dodatne napomene ili uvjete koji su relevantni za mjerenje buke, kao što su prisutnost posebnih događaja ili okolnosti koje bi mogle utjecati na rezultate.

**Potpisi i odobrenja:** Ako je potrebno, zabilježite potpise osoba odgovornih za provedbu mjerenja, kako biste potvrdili odgovornost i ovjerali dokumentaciju.

Dobro dokumentirane informacije o mjerenjima buke povećavaju pouzdanost, točnost i valjanost dobivenih podataka. To je ključno za održavanje kvalitete mjerenja i za potrebe daljnje analize, usporedbe i regulacije buke.

## 9.7. Sigurnosni protokoli

Sigurnosni protokoli tijekom mjerenja buke igraju ključnu ulogu u osiguranju zdravlja i sigurnosti svih osoba koje sudjeluju u mjerenju ili su prisutne tijekom mjerenja. Važnost sigurnosnih protokola ogleda se u nekoliko ključnih aspekata.

Prvo, sigurnosni protokoli služe za zaštitu slušatelja i svih osoba koje su izložene buci tijekom mjerenja. Izloženost visokim razinama buke može uzrokovati ozbiljne posljedice po sluh, uključujući trajnu naglušnost. Stoga je ključno osigurati da svi koji sudjeluju u mjerenjima budu zaštićeni od potencijalnih štetnih utjecaja buke.

Drugo, sigurnosni protokoli pomažu u minimiziranju rizika. Mjerenje buke može uključivati korištenje opreme koja generira buku, kao i izlaganje buci iz okoline. Sigurnosni protokoli identificiraju potencijalne rizike i pružaju smjernice za njihovo minimiziranje. To može uključivati postavljanje sigurnih udaljenosti od izvora buke ili korištenje zaštitne opreme poput ušnih čepova ili slušalica.

Treće, sigurnosni protokoli uključuju upute za pravilno rukovanje opremom. Mjerenje buke obično zahtijeva specijaliziranu opremu, uključujući mjerna sredstva i uređaje. Pravilno rukovanje ovom opremom ključno je kako bi se smanjila mogućnost ozljeda i osigurala točnost mjerenja.

Važni elementi koji bi trebali biti obuhvaćeni sigurnosnim protokolima uključuju:

- Uporabu osobne zaštitne opreme (OZO), uključujući ušne štitnike, čepove za uši ili druge sredstva za zaštitu sluha.



- Obavijesti i upozorenja za sve prisutne osobe o potencijalnim rizicima i potrebnim sigurnosnim mjerama.
- Nadzor i upravljanje rizicima, uključujući strategije za smanjenje izloženosti buci i mjere zaštite.
- Smjernice za pružanje prve pomoći u slučaju ozljeda ili problema povezanih s izloženošću buci.
- Jasno definirane odgovornosti osoba koje sudjeluju u mjerenjima i njihovu ovlaštenost za provedbu sigurnosnih protokola.
- Smjernice za pravilno odlaganje mjernih instrumenata i opreme nakon završetka mjerenja.
- Postupke za prijavljivanje i dokumentiranje incidenata ili nesreća tijekom mjerenja buke.

Zaključno, sigurnosni protokoli su neophodni za osiguranje zdravlja i sigurnosti tijekom mjerenja buke. Pravilno osmišljeni i provedeni protokoli minimiziraju rizike i pridonose osiguranju da mjerenja budu sigurna i pouzdana. Njihova provedba treba biti standardna praksa u svakom postupku mjerenja buke kako bi se zaštitili svi sudionici.

## 10. UTJECAJ BUKE NA RADNIKE

Izloženost buci na radnom mjestu ima dubok i raznolik utjecaj na zaposlene, kako fizički tako i psihološki. Ovaj odlomak istražuje različite aspekte tog utjecaja i važnost razumijevanja kako buka može utjecati na produktivnost, zdravlje i dobrobit radnika u proizvodnim i industrijskim postavkama.

### 10.1. Fizički utjecaj buke na radnike

- Naglušost: Dugotrajna i visoka izloženost buci može dovesti do trajnih oštećenja sluha, uključujući naglušost. Radnici izloženi buci često su podložni gubitku sluha, što može imati ozbiljan utjecaj na njihovu sposobnost komunikacije i izvršavanja zadataka.
- Stres i tjeskoba: Konstantna buka može izazvati stres i tjeskobu među radnicima. To može rezultirati povećanim krvnim tlakom, nesanicom i drugim zdravstvenim problemima.
- Oštećenje koncentracije: Buka može ometati koncentraciju radnika, što dovodi do smanjenja produktivnosti i povećanja pogrešaka u radu.

### 10.2. Psihološki utjecaj buke na radnike

- Umor i iscrpljenost: Radnici izloženi buci često se osjećaju umorno i iscrpljeno zbog napora potrebnog za suprotstavljanje buci i održavanje koncentracije
- Smanjenje zadovoljstva poslom: Radnici koji se svakodnevno suočavaju s bukom često doživljavaju smanjenje zadovoljstva poslom, što može rezultirati smanjenjem motivacije i lojalnosti prema poslodavcu.

### 10.3. Utjecaj na zdravlje

- Kardiovaskularni problemi: Izloženost buci može povećati rizik od kardiovaskularnih problema kao što su hipertenzija (visoki krvni tlak) i srčane bolesti.
- Spavanje: Bučno okruženje može ometati san radnika, što može dovesti do kroničnog umora i drugih problema sa snom.

## 11. KLJUČNA OPREMA ZA MJERENJE BUKE

Osnovna oprema za mjerenje buke uključuje zvučni mjeritelj (Sound Level Meter - SL Meter), kalibrator, stalak za mikrofonski uređaj te, ovisno o potrebama, dodatnu opremu kao što su eksterni mikrofoni i zaštitna kućišta za mjeritelje. Ova oprema omogućuje precizno mjerenje razine buke u različitim okolišima i situacijama. Važno je da se zvučni mjeritelj redovito kalibrira kako bi se osigurala točnost mjerenja. Osim toga, osobna zaštitna oprema poput ušnih štitiča ili čepova za uši preporučuje se kako bi se zaštitili od izloženosti buci tijekom mjerenja.

### 11.1. Zvučni mjeritelj

Uređaji za mjerenje buke, poznati i kao zvučni mjeritelji ili zvučni analizatori, koriste se za precizno mjerenje razine zvuka ili buke u različitim okruženjima.

Princip rada uređaja za mjerenje buke sastoji se od tri osnovna koraka:

- 1. Zvuk kao ulaz:** Prvo, uređaj koristi mikrofonski senzor za prikupljanje zvučnih signala iz okoline. Mikrofon je osjetljiv na promjene u zračnom tlaku uzrokovane zvukom. Kada zvučni valovi pogode mikrofonski senzor, on pretvara te promjene tlaka u električne signale.
- 2. Pretvorba u električne signale:** Električni signali generirani mikrofonom prenose se na elektronički sustav uređaja. Ovdje se ti signali obrađuju kako bi se dobila mjera razine buke. Obično se koristi pojačalo kako bi se ojačali slabiji signali i omogućila precizna analiza.
- 3. Očitavanje razine buke:** Na temelju obrađenih električnih signala, uređaj prikazuje ili bilježi vrijednost razine buke u odgovarajućim jedinicama, obično u decibelima (dB). Ta vrijednost predstavlja snagu ili jačinu zvuka u odnosu na referentnu vrijednost i može se koristiti za analizu i usporedbu razine buke na različitim mjestima ili u različitim vremenskim uvjetima.

Slika 3 Zvučni mjeritelj



Izvor: Obrada autora

## 11.2. Kalibrator

Kalibrator je ključan instrument za postizanje visoke preciznosti u mjerenjima razine buke. Koristi se kako bi se osigurala pouzdanost i točnost zvučnih mjeritelja, čime se omogućuje precizno kvantificiranje razine buke u različitim okolišima i situacijama.

Proces kalibracije počinje pripremom kalibratora za uporabu, uključujući provjeru napajanja i ispravnosti uređaja. Nakon što je kalibrator pripremljen, povezuje se s zvučnim mjeriteljem putem odgovarajućeg spoja ili adaptera. Postavljanje kalibratora na precizno određenu udaljenost i poziciju od mikrofona zvučnog mjeritelja ključno je za dobivanje točnih rezultata.

Kada se kalibrator pokrene, generira referentni zvučni signal notom određene frekvencije i intenziteta. Ovaj referentni signal služi kao poznata referentna vrijednost buke. Tijekom kalibracije, zvučni mjeritelj uspoređuje izlazni signal kalibratora s generiranim referentnim signalom.

Svako odstupanje između izlaznog signala zvučnog mjeritelja i referentnog signala kalibratora bilježi se i koristi za korekciju rezultata mjerenja razine buke. Ovaj postupak osigurava da

zvučni mjeritelj precizno i dosljedno mjeri razinu buke u stvarnom okruženju, čime se osigurava pouzdanost i točnost mjerenja u različitim aplikacijama kao što su ocjena izloženosti buci na radnom mjestu, monitoring okolišne buke i druge akustičke analize.

Slika 4. kalibrator



Izvor slike: <https://www.conrad.hr/p/pce-instruments-pce-sc-09-kalibrator-2299586>

### 11.3. Zvučni generator

Zvučni generator, poznat i kao zvučni izvor, predstavlja ključan uređaj u procesu mjerenja buke. Njegova uloga sastoji se u generiranju kontroliranog zvučnog signala specifične frekvencije i jačine. Ovisno o potrebama mjerenja, zvučni generator može reproducirati čiste tonove različitih frekvencija ili širokopolasne signale. Njegova osnovna svrha je stvaranje poznate zvučne reference koja se koristi za kalibraciju zvučnih mjeritelja i osiguranje preciznih i pouzdanih mjerenja razine buke. Time se osigurava da zvučni mjeritelj pravilno i točno registrira zvučne signale u različitim situacijama i okolinama.

#### 11.4. Udarni čekić

Udarni čekić, poznat i kao impulsni čekić, predstavlja ključni instrument u akustičkim analizama i procjeni zvučnih karakteristika okoline. Njegova osnovna funkcija sastoji se u generiranju brzih i kratkih zvučnih impulsa putem fizičkog udaranja u površinu. Ovi kontrolirani zvučni impulsi igraju ključnu ulogu u različitim aspektima akustičke analize, omogućujući procjenu odziva okoline na kratkotrajne zvučne impulse te mjerenje reverberacije u prostoru. Udarni čekić omogućuje inženjerima i akustičkim stručnjacima da dobiju uvid u akustičke svojstva prostora te pravilno dijagnosticiraju akustičke probleme i njihove uzroke. Time se doprinosi stvaranju optimalnih akustičkih uvjeta u različitim okruženjima, poput koncertnih dvorana, studija za snimanje zvuka ili radnih prostora.

## 12. MJERENJE NA TERENU

Mjerenje je izvršeno u brodogradnji Uljanika gdje će se utvrditi utjecaj buke industrijskog postrojenja na razinu buke unutar tvorničkog kruga i okolnog prostora susjednih građevina.

### 12.1. Opis izvora buke

Postrojenje se nalazi na zemljišnim parcelama 635/5, 635/7, 635/1, 635/8, 635/10, 635/11, 635/12 i 635/16 u katastarskoj općini Pula. Industrijsko postrojenje je podijeljeno na dvije lokacije: otok - pogon 1 i Arsenal - pogon 2. U pogonu 1 nalaze se tehnološke jedinice hala F, hala B i nova AKZ hala, površine i navozi I i II te odlagališta abraziva. U pogonu 2 smještena je centralno skladište kemikalija, radionica površinske zaštite, centralno skladište kemikalija, privremeno skladište razrjeđivača i otpadne boje, otvorene površine i novogradnje, odnosno, obale V, VI, VII, VIII.

Glavni izvori buke na Otoku Uljanik su sljedeći: udaranje pri ravnanju limova, brušenje čeličnih profila i ploča, uređaji za ventilaciju i zagrijavanje hala, vakuum pumpa hale za završnu obradu sekcija, udaranje čeličnih profila i ploča prilikom transporta dizalicama i vozila (kamioni, traktori, viličari). Tijekom noćnih radova, glavni izvori buke su pneumatski uređaji za AKZ s pripadajućim sustavima ventilacije. Navedeni uređaji su pokretni i premještaju se po palubama ovisno o fazama tehnološkog procesa opremanja broda. Ovisno o situaciji (planu), brodovi se privezuju na različitim obalama unutar brodogradilišta, što također mijenja poziciju navedenih izvora buke ovisno o situaciji.

Mjerenja su provedena za vrijeme normalnog rada postrojenja, u skladu s odredbama propisa o djelatnostima koje zahtijevaju provođenje mjera za zaštitu od buke (NN br. 91/07), članak 11. Prilikom mjerenja specifične razine buke, svi uređaji i strojevi koji se koriste u prostoru gdje se obavlja djelatnost su bili uključeni. Mjerenje je obuhvatilo sve radne cikluse tijekom izvođenja djelatnosti. Strojevi i uređaji su radili s maksimalnom snagom u najnepovoljnijim radnim uvjetima za zaštićene prostore.

Ova metoda mjerenja osigurava da su rezultati dobiveni u stvarnim radnim uvjetima kako bi se utvrdile specifične razine buke koje generiraju različiti uređaji i strojevi. Na taj način se može procijeniti izloženost buci i identificirati potrebne mjere za zaštitu od buke koje je potrebno poduzeti kako bi se smanjila razina buke i zaštitili zaštićeni prostori.

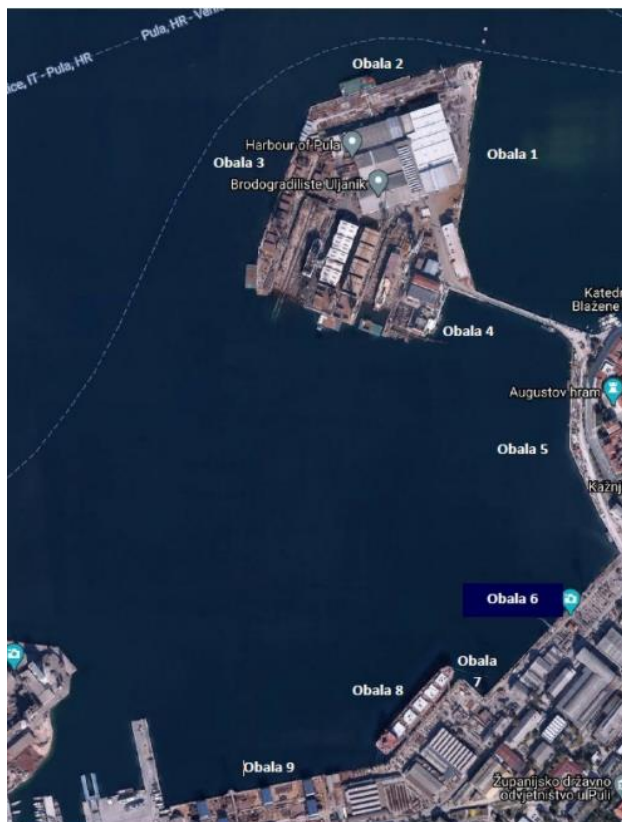
➔ Stalni izvor buke može biti konstantan ili polagano promjenjiv u nekom vremenskom intervalu kao na primjer transformatori, ventilatori i rashladni uređaji.

- ➔ Povremen izvor buke je izvor koji se pojavljuje rijetko, diskontinuirano i pojedinačno kao na primjer pri servisiranju opreme, ispuštanju pare i slično.

Tijekom mjerenja na navozima i obalama za opremanje brodova bile su slijedeće gradnje:

### Luka posebne namjene Brodogradilišta Uljanik – Operativne obale

Slika 5. Operativne obale, dispozicija



Izvor: <https://www.google.com/maps/@44.8721425,13.8387868,1008m/data=!3m1!1e3>

Tablica 3. Popis tzv “pokretnih izvora” s ocjenom statusa rada

|   |
|---|
| Operativna obala- ime broda- tip broda:                         |
| Obala 3 - Labin – Samopodizna bušeća platforma                  |
| Obala 3 - Leiv Eiriksson – Hopper usisni brod                   |
| Obala 5 - L'Etoile – Hopper usisni brod                         |
| Obala 5 - Le Guerrier – Hopper usisni brod                      |
| Obala 5 - San Pawl – Brod na zračnom jastuku                    |
| Obala 6 - Ibn Battuta – Bušaći brod s usisnim sustavom          |
| Obala 6 - Brodospas Alfa – Opskrbni brod                        |
| Obala 6 - Brodospas Beta – Opskrbni brod                        |
| Obala 6 - Koralle – Brod za opću namjenu                        |
| Obala 9 - Atwood Beacon (JU-111) – Samopodizna bušeća platforma |
| Obala 9 - Atwood Aurora (JU-142) – Samopodizna bušeća platforma |

Izvor- obrada autora



## 12.2. Opis mjernog sustava

Glavni uređaj za mjerenje je prijenosni modularni programibilni analizator zvuka proizveden od strane tvrtke Brüel&Kjaer, uz pripadajuće osnovne softverske alate.

Svi rezultati mjerenja se pohranjuju u memoriju samog instrumenta, a kasnije se mogu prenijeti na računalo pomoću odgovarajućeg softverskog paketa nazvanog Evaluator tip 7820. Na računalo se ti rezultati mogu dalje obrađivati, uključujući frekvencijsku analizu i druge relevantne postupke analize zvuka.

Analizator zvuka je kalibriran pomoću zvučnog umjerivača neposredno prije početka i nakon završetka mjerenja. Ova kalibracija osigurava točnost i pouzdanost mjernih rezultata.

Mjerna oprema koja se koristi za akustička mjerenja:

1. Zvukomjer Brüel & Kjaer 2250 G-4 (Tip1); tv.br. 3012246
2. Zvučni umjerivač Brüel & Kjaer tip 4231; tv.br. 3001747
3. Mjerni mikrofonski uložak Brüel & Kjaer tip 4189; tv.br. 3100576
4. . Zvukomjer Brüel & Kjaer 2250 (Tip1); tv.br. 3000624
5. Zvukomjer Brüel & Kjaer 2260 Investigator (Tip1); tv.br. 2180641
6. Programska podrška Brüel & Kjaer; BZ7222, BZ7223, BZ7225, BZ7226, BZ7231
7. Mjerni mikrofonski uložak Brüel & Kjaer tip 4189; tv.br. 2160878
8. Mjerni mikrofonski uložak Brüel & Kjaer tip 4189; tv.br. 2785346

Za prenošenje podataka i analizu izmjerene razine zvuka koristili su se softverski programi:

- Brüel & Kjaer Evaluator 7820, ver.4.16.5
- BZ5503- Measurement Partner Suite, ver.4.3.1.81

Mjerna oprema za mjerenja meteoroloških parametara:

8. Osjetnik za mjerenje brzine i smjera strujanja vjetra, TESTO tip 417, tv.br.01588197
9. Mjerilo temperature i vlage zraka, TESTO tip 635, tv.br. 00632794

### 12.3. Opis mjesta mjerenja

Lokacije na kojima su provedena mjerenja razine buke određene su prema zahtjevima korisnika i relevantnim referentnim dokumentima. Mjerna mjesta na vanjskom prostoru odabrana su s obzirom na kriterij:

- Na granici zone buke, razine buke ne smiju prelaziti dopuštene vrijednosti koje su definirane za susjedne zone (od MM 01 do MM 06).
- Položaj stambenog objekta se procjenjuje u smislu mogućeg utjecaja na miran boravak u neposrednoj okolini, posebno za područja označena kao MM 07 i MM 08 prema tablici 4.

Tablica 4. Definiranje mjernih mjesta

| Oznaka            | Naziv/Opis mjernog mjesta  |
|-------------------|--|
| MM 1              | Spojni most „Otok“, industrijska zona  |
| MM 2              | Ulaz „Riva“, industrijska zona   |
| MM 3              | Ulaz „Upravna zgrada“, industrijska zona                                     |
| MM 4              | Ulaz „Bulevar“, industrijska zona  |
| MM 5              | P4 lokacija „Sahara“, industrijska zona graniči s industrijskom zonom        |
| MM 6              | Ured voditelja gradnje, industrijska zona                                    |
| MM 7 <sup>2</sup> | 0,5 m ispred otvorenog prozora, hostel Pipištrelo, Flaciusova 6, Pula, 1.kat |
| MM 8 <sup>2</sup> | 0,5 m ispred otvorenog prozora, hotel Veli Jože, Bečka 9, Pula, 2.kat        |

Izvor: Obrada autora

Slika 6. Položajni prikaz mjernih mjesta



Izvor: <https://www.google.com/maps/@44.8721425,13.8387868,1008m/data=!3m1!1e3>

#### 12.4. Normirane metode mjerenja i zakonska regulativa

[1] Zakon o zaštiti od buke (Narodne novine 30/09)

[2] Zakon o izmjenama i dopunama zakon o zaštiti od buke (Narodne novine 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21)

[3] Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (Narodne novine 91/07)

[4] Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (Narodne novine 91/07)

[5] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (Narodne novine 145/04)

[6] HRN ISO 1996-1:2016 - Akustika – opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša – 1. dio: Osnovne veličine

[7] HRN ISO 1996-2:2017- Akustika – opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoliša – 2. dio:

## 12.5. Analiza meteoroloških mjerenja

### 12.5.1. Opis meteoroloških uvjeta tokom mjerenja

Na temelju prognoze meteoroloških uvjeta, uključujući brzinu i smjer vjetra, odabrani su reprezentativni uvjeti i određeni termini za provođenje mjerenja buke. Kako bi se osigurala valjanost rezultata, proveden je postupak procjene stabilnosti meteoroloških uvjeta mjerenja prema smjernicama i pravilima navedenim u poglavljima 7.3. referentnih izvora [6] i [7].

- ➔ Opća pravila i uvjeti za pristup meteorološkim mjerenjima su ispunjeni:
- ➔ bez kiše, snijega, magle, grmljavine, bez utjecaja vjetra na mjestu imisije
- ➔ stabilni vremenski uvjeti
- ➔ suho tlo, nepokriveno snijegom, ledom ili vodom

### 12.5.2. Provedba i rezultati meteoroloških mjerenja

Mjerenja su obavljena koristeći gore navedenu meteorološku opremu. Prema preporukama navedenim u normama [6] i [7], prevladavajući meteorološki parametri su mjerene s intervalom od 10 minuta. Na mjestima gdje se provode mjerenja buke, istovremeno su provedena i meteorološka mjerenja tijekom trajanja ciklusa mjerenja buke. U tom razdoblju su izmjerene određene veličine, koje su prikazane u tablici 5:

Tablica 5. Meteorološki parametri tijekom mjerenja buke

|          | Vrijeme | Temperatura<br>°C | Tlak zraka<br>mbar | Brzina vjetra<br>m/s | Smjer vjetra<br>° |
|----------|---------|-------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| Lokacija | 08:00   | 10,6              | 1015,8             | 2                    | NW                |
| Pula     | 11:00   | 12,2              | 1015,8             | 1                    | NW                |
|          | 14:00   | 12,5              | 1015,0             | 2                    | NW                |
|          | 17:00   | 11,8              | 1014,3             | 3                    | NW                |
|          | 20:00   | 9,9               | 1014,7             | 2                    | NW                |
|          | 23:00   | 9,3               | 1015,5             | 2                    | NW                |
|          | 02:00   | 8,4               | 1015,1             | 1                    | NE                |
|          | 05:00   | 2,8               | 1015,2             | 1                    | NE                |
|          | 08:00   | 6,7               | 1015,4             | 0                    | NE                |
|          | 11:00   | 13,2              | 1015,5             | 0                    | NE                |

Izvor: obrada autora

### 12.6. Opis prostora, objekta i okoline

Brodogradilište Uljanik je smješteno na otoku, te djelomično uz morsku obalu, u sjeverozapadnom dijelu grada Pule. Otok je povezan mostom, kod ulaza „Riva“. Južno i istočno od brodogradilišta se nalaze prometnice (Flaciusova ulica, Arsenalska i ulica Sv. Polikarpa) i stambeni i poslovni objekti. Za lokaciju je karakteristična buka brodogradilišta te cestovnog prometa. U neposrednoj blizini brodogradilišta nalazi se industrijska zona (Luka Pula) te Tvornica cementa Calucem d.o.o.

## 12.7. Rezultati mjerenja

Rezultati mjerenja buke za navedeno postrojenje prikazani su putem dijagrama i tablica. Mjerenja su provedena uz uključene sve prethodno navedene izvore buke, što znači da su uzeti u obzir svi relevantni izvori buke tijekom mjerenja. Provjera razina rezidualne buke nije provedena (nije moguće isključiti sve izvore) odnosno nije utvrđen eventualni utjecaj rezidualne buke na rezultate mjerenja razine buke izvora.

Tablica 6. Rezultati mjerenja buke vanjskog prostora na granici parcele (zone), i ispred stambenih objekata za DOBA DANA

| RAZINA BUKE VANJSKOG PROSTORA, RAZDOBLJE DANA |                                    |                                 |              |       |  |            |                                  |              |             |
|---|------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------|--|------------|----------------------------------|--------------|-------------|
| Mjesta imisije                                | IZMJERENA RAZINA BUKE              |                                 | PRILAGOĐENJA |       | OCJENSKA RAZINA BUKENA GRANICI (prema formuli [1]) |            | DOPUŠTENA RAZINA BUKE NA GRANICI |              | OCIJENA     |
|   | GRANICA PARCELE (izvori buke rade) | GRANICA ZONE (izvori buke rade) | $K_T$        | $K_I$ | PARCELE  | ZONE       | PARCELE                          | ZONE         |             |
|   | $L_{Aeq}$                          | $L_{Aeq}$                       |              |       | $L_{RAeq}$   | $L_{RAeq}$ | $L_{RAeq}$                       | $L_{RAeq}$   |             |
|   | dB(A)                              | dB(A)                           |              |       | dB(A)  | dB(A)      | dB(A)                            | dB(A)        |             |
| MM 1  | 48,1                               | /                               | 0            | 0     | 48,1   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 2  | 52,4                               | /                               | 0            | 0     | 52,4   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 3  | 56,8                               | /                               | 0            | 0     | 56,8   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 4  | 53,3                               | /                               | 0            | 0     | 53,3   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 5  | 44,5                               | /                               | 0            | 0     | 44,5   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 6  | 50,4                               | /                               | 0            | 0     | 50,4   | /          | 80                               | /            | zadovoljava |
| MM 7  | 59,6                               | 59,6                            | 0            | 0     | 59,6   | 59,6       | 59,6                             | 65<br>zona 4 | zadovoljava |
| MM 8  | 60,3                               | 60,3                            | 0            | 0     | 60,3   | 60,3       | 60,3                             | 65<br>zona 4 | zadovoljava |

Izvor: obrada autora

Tablica 7. Rezultati mjerenja buke vanjskog prostora na granici parcele (zone), i ispred stambenih objekata za DOBA NOĆI

| RAZINA BUKE VANJSKOG PROSTORA, RAZDOBLJE NOĆI |                                    |                                 |              |       |  |            |                                  |            |             |
|---|------------------------------------|---------------------------------|--------------|-------|--|------------|----------------------------------|------------|-------------|
| Mjesta imisije                                | IZMJERENA RAZINA BUKE              |                                 | PRILAGOĐENJA |       | OCJENSKA RAZINA BUKENA GRANICI (prema formuli [1]) |            | DOPUŠTENA RAZINA BUKE NA GRANICI |            | OCIJENA     |
|   | GRANICA PARCELE (izvori buke rade) | GRANICA ZONE (izvori buke rade) | $K_T$        | $K_I$ | PARCELE  | ZONE       | PARCELE                          | ZONE       |             |
|   | $L_{Aeq}$                          | $L_{Aeq}$                       |              |       | $L_{RAeq}$   | $L_{RAeq}$ | $L_{RAeq}$                       | $L_{RAeq}$ |             |
|   | dB(A)                              | dB(A)                           |              |       | dB   | dB         | dB(A)                            | dB(A)      |             |
| MM 1  | 46,8                               | /                               | 0            | 0     | 46,8   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 2  | 49,9                               | /                               | 0            | 0     | 49,9   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 3  | 54,6                               | /                               | 0            | 0     | 54,6   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 4  | 50,4                               | /                               | 0            | 0     | 50,4   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 5  | 40,1                               | /                               | 0            | 0     | 40,1   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 6  | 47,5                               | /                               | 0            | 0     | 47,5   | /          | 80                               | /          | zadovoljava |
| MM 7  | 43,7                               | 43,7                            | 0            | 0     | 43,7   | 43,7       | 80                               | 50 zona 4  | zadovoljava |
| MM 8  | 38,6                               | 38,6                            | 0            | 0     | 38,6   | 38,6       | 80                               | 50 zona 4  | zadovoljava |

Izvor: obrada autora

Gdje je  $L_{RAeq}$  :

$$L_{RAeq} = 101g \left\{ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n [t_i \cdot 10^{0,1(L_{Aeq} + K_{Ii} + K_{Ti})}] \right\} \text{ dB(A)} \quad [1]$$

Ekvivalentna razina buke  $L_{Aeq}$  dB(A) jednaka je ekvivalentnoj razini buke  $L_{RAeq}$  dB(A) s obzirom da nema tonalnog, impulsnog ili nekog drugog prilagođenja.

$L_{Aeq}$  – izmjerena ekvivalentna razina buke

$K_T$  i  $K_I$  – prilagođenja za tonalnost i impulsnost buke,

T- ocjensko vrijeme (suma svih intervala mjerenja),

$L_{RAeq}$  – ocjenska razina buke.

## 12.8. Zaključak

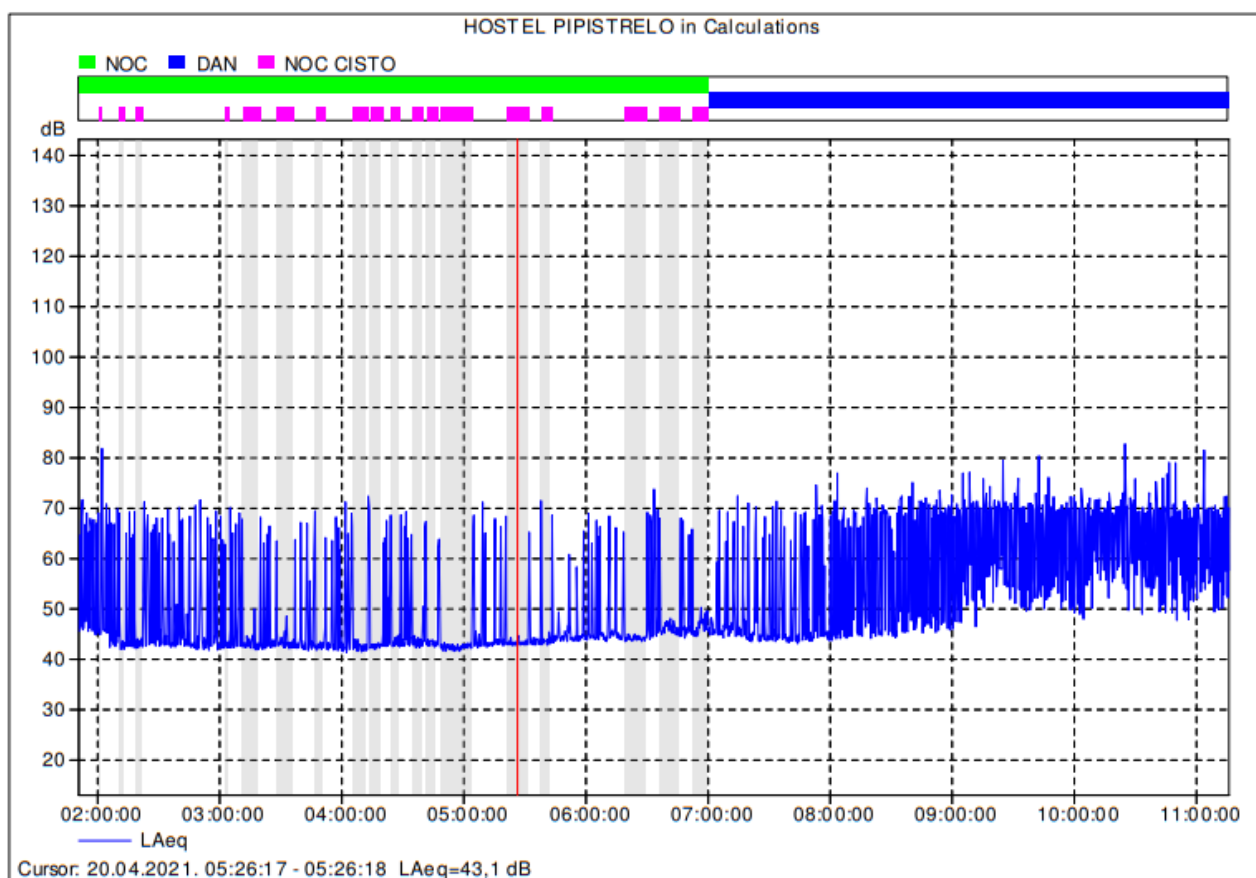
Na temelju analize rezultata terenskih mjerenja buke za objekt ULJANIK BRODOGRADNJA 1856 d.o.o. u Puli, dolazi se do sljedećih zaključaka:

- 1) Rezultati mjerenja buke za dnevne uvjete su ispod postavljenih kriterija na svim mjernim mjestima od MM 1 do MM 8, što znači da nisu prekoračene dopuštene razine buke.
- 2) Rezultati mjerenja buke za noćne uvjete također su ispod postavljenih kriterija na svim mjernim mjestima od MM 1 do MM 8, što znači da nisu prekoračene dopuštene razine buke tijekom noćnih sati.

Ukupno, rezultati mjerenja pokazuju da objekt ULJANIK BRODOGRADNJA 1856 d.o.o. u Puli zadovoljava akustičke zahtjeve i ne prekoračuje propisane razine buke ni za dnevne ni za noćne uvjete na mjernim mjestima od MM 1 do MM 8.



Slika 7. MM07, Dijagram toka mjerenja



Izvor: obrada autora

Dijagram toka mjerenja buke MM07, koji prikazuje ovisnost razine buke o vremenu tijekom dana i noći, omogućuje detaljan uvid u promjene razine buke na tom mjestu. Na vodoravnoj osi je prikazano vrijeme, dok je na okomitoj osi prikazana razina buke izražena u decibelima (dB).

Tijekom dana, dijagram može pokazivati varijacije u razini buke ovisno o aktivnostima u brodogradilištu i okolini. Moguće je primijetiti periodične skokove u razini buke koji su povezani s određenim aktivnostima u brodogradilištu, kao što su radovi, kretanje vozila ili upotreba alata. Ovi skokovi mogu biti praćeni kratkotrajnim povećanjem razine buke iznad pozadinske razine.

Tijekom noći, očekuje se da će razina buke općenito biti niža zbog smanjene aktivnosti u brodogradilištu i okolini. Dijagram može pokazivati niže razine buke tijekom noći, s manje izraženim skokovima i fluktuacijama u usporedbi s danom.

Ovaj dijagram toka mjerenja omogućuje identifikaciju uzoraka i trendova u razini buke na mjestu broj 7 tijekom različitih vremenskih razdoblja. Može pružiti informacije o dominantnim

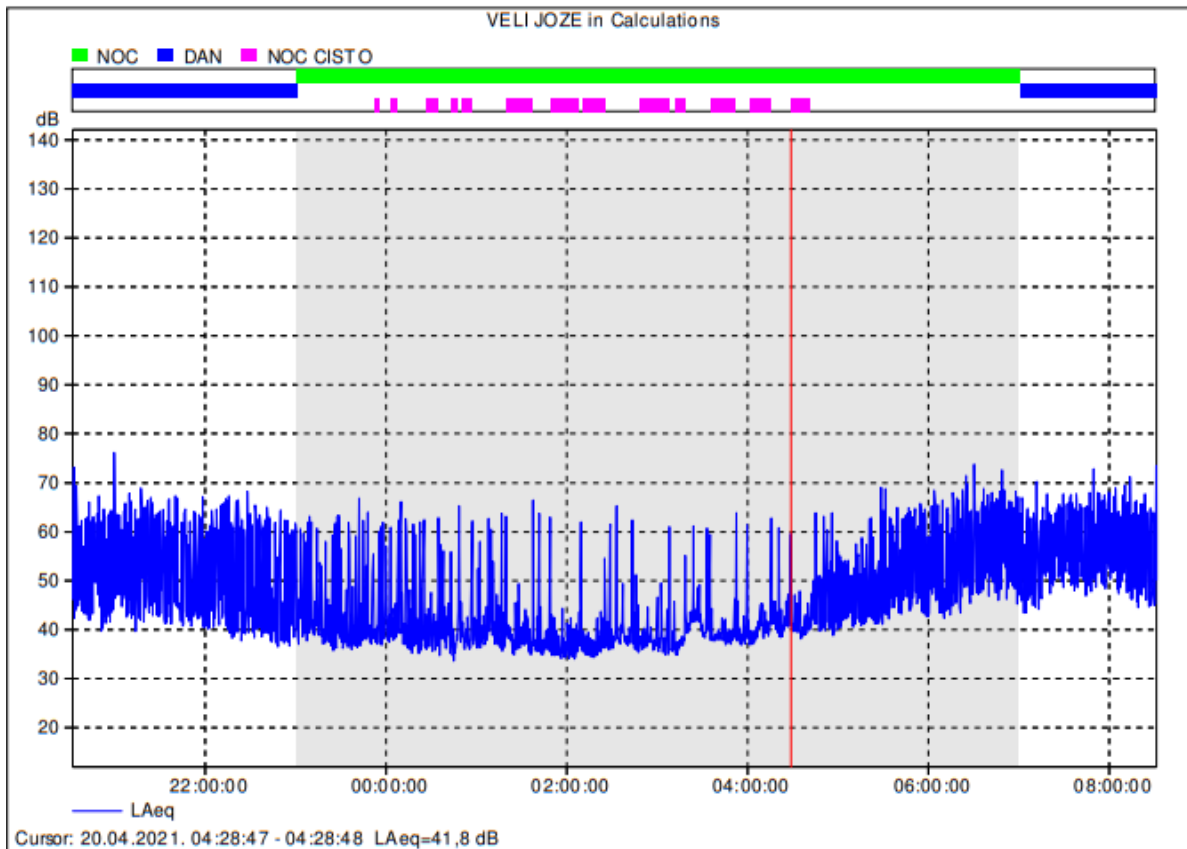
vremenskim intervalima s visokom razinom buke ili razdobljima s nižom razinom buke. Ovisno o ciljevima mjerenja, dijagram može pružiti osnovu za donošenje odluka i planiranje mjera za smanjenje buke, kao što su podešavanje radnih sati, implementacija buke smanjujućih tehnologija ili poboljšanje izolacije prostora.

Tablica 8. MM07. Rezultati mjerenja

|    | Name            | Start time           | End time             | Duration | LAeq [dB] |
|----|-----------------|----------------------|----------------------|----------|-----------|
| 4  | (All) NOC       | 20.04.2022. 01:50:36 | 20.04.2022. 06:59:52 | 5:09:16  | 43,7      |
| 6  | (All) NOC CISTO | 20.04.2022. 02:00:25 | 20.04.2022. 07:00:00 | 2:01:25  | 52,4      |
| 8  | NOC             | 20.04.2022. 01:50:36 | 20.04.2022. 06:59:52 | 5:09:16  | 63,6      |
| 9  | DAN             | 20.04.2022. 07:00:12 | 20.04.2022. 11:15:54 | 4:15:42  | 45,8      |
| 10 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 02:00:25 | 20.04.2022. 02:01:46 | 0:01:21  | 42,8      |
| 11 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 02:10:46 | 20.04.2022. 02:13:39 | 0:02:53  | 43,1      |
| 12 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 02:18:26 | 20.04.2022. 02:22:05 | 0:03:39  | 42,7      |
| 13 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:02:36 | 20.04.2022. 03:04:47 | 0:02:11  | 42,9      |
| 14 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:11:09 | 20.04.2022. 03:19:39 | 0:08:30  | 43,2      |
| 15 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:28:03 | 20.04.2022. 03:36:42 | 0:08:39  | 42,6      |
| 16 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:46:57 | 20.04.2022. 03:51:36 | 0:04:39  | 42,5      |
| 17 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:05:10 | 20.04.2022. 04:12:33 | 0:07:23  | 42,6      |
| 18 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:13:56 | 20.04.2022. 04:20:01 | 0:06:05  | 43,0      |
| 19 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:24:19 | 20.04.2022. 04:28:39 | 0:04:20  | 43,0      |
| 20 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:34:20 | 20.04.2022. 04:39:54 | 0:05:34  | 43,1      |
| 21 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:41:26 | 20.04.2022. 04:47:03 | 0:05:37  | 44,1      |
| 22 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:48:26 | 20.04.2022. 05:04:14 | 0:15:48  | 46,0      |
| 23 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 05:20:51 | 20.04.2022. 05:31:51 | 0:11:00  | 43,2      |
| 24 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 05:38:01 | 20.04.2022. 05:43:06 | 0:05:05  | 43,4      |
| 25 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 06:18:41 | 20.04.2022. 06:29:45 | 0:11:04  | 44,1      |
| 26 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 06:36:19 | 20.04.2022. 06:46:16 | 0:09:57  | 46,0      |
| 27 | NOC CISTO       | 20.04.2022.06:52:20  | 20.04.2022. 07:00:00 | 0:07:40  | 46,4      |

Izvor: obrada autora

Slika 8. MM08, Dijagram toka mjerenja



Izvor: obrada autora

Dijagram toka mjerenja buke MM08 prikazuje promjene razine buke tijekom dana i noći. Na vodoravnoj osi je vrijeme, dok je na okomitoj osi razina buke u decibelima (dB). Tijekom dana se mogu primijetiti promjene u razini buke ovisno o aktivnostima u okolini, poput prometa ili radova. Noću se očekuje niža razina buke zbog smanjene aktivnosti. Analiza dijagrama omogućuje identifikaciju uzoraka i trendova u razini buke, što je korisno za planiranje mjera za kontrolu buke i poboljšanje okoline.

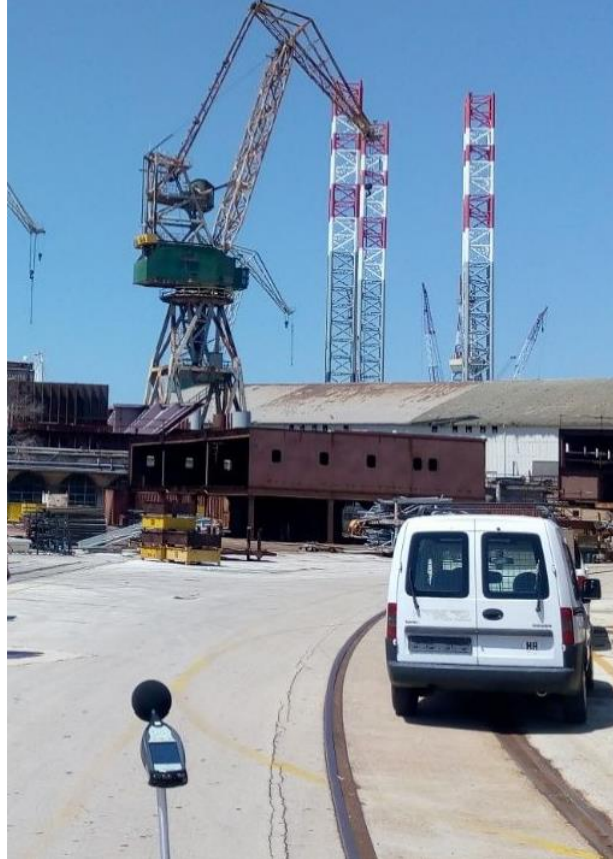
Tablica 9: MM08, rezultati mjerenja

|    | Name            | Start time           | End time             | Duration | LAeq [dB] |
|----|-----------------|----------------------|----------------------|----------|-----------|
| 4  | (All) NOC       | 19.04.2022. 23:00:37 | 20.04.2022. 07:00:01 | 7:59:24  | 51,5      |
| 5  | (All) DAN       | 19.04.2022. 20:31:54 | 20.04.2022. 08:31:12 | 3:59:29  | 56,5      |
| 6  | (All) NOC CISTO | 19.04.2022. 23:51:58 | 20.04.2022. 04:41:10 | 2:23:28  | 38,6      |
| 7  |                 |                      |                      |          |           |
| 8  | NOC             | 19.04.2022. 23:00:37 | 20.04.2022. 07:00:01 | 7:59:24  | 51,5      |
| 9  | DAN             | 19.04.2022. 20:31:54 | 20.04.2022. 23:00:38 | 2:28:44  | 54,7      |
| 10 | DAN             | 20.04.2022. 07:00:27 | 20.04.2022. 08:31:12 | 1:30:45  | 58,4      |
| 11 | NOC CISTO       | 19.04.2022. 23:51:58 | 20.04.2022. 23:55:11 | 0:03:13  | 38,8      |
| 12 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 00:03:28 | 20.04.2022. 00:07:33 | 0:04:05  | 40,3      |
| 13 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 00:25:57 | 20.04.2022. 00:33:34 | 0:07:37  | 38,8      |
| 14 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 00:43:35 | 20.04.2022. 00:47:45 | 0:04:10  | 37,0      |
| 15 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 00:49:43 | 20.04.2022. 00:56:34 | 0:06:51  | 38,1      |
| 16 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 01:20:20 | 20.04.2022. 01:37:07 | 0:16:47  | 38,6      |
| 17 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 01:49:40 | 20.04.2022. 02:08:16 | 0:18:36  | 36,9      |
| 18 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 02:10:04 | 20.04.2022. 02:24:42 | 0:14:38  | 37,0      |
| 19 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 02:47:46 | 20.04.2022. 03:07:14 | 0:19:28  | 37,8      |
| 20 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:11:32 | 20.04.2022. 03:17:36 | 0:06:04  | 36,7      |
| 21 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 03:35:37 | 20.04.2022. 03:51:32 | 0:15:55  | 38,7      |
| 22 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:01:28 | 20.04.2022. 04:15:09 | 0:13:41  | 40,2      |
| 23 | NOC CISTO       | 20.04.2022. 04:28:47 | 20.04.2022. 04:41:10 | 0:12:23  | 40,6      |

Izvor: obrada autora

## 12.9. Fotografski zapis mjerenja

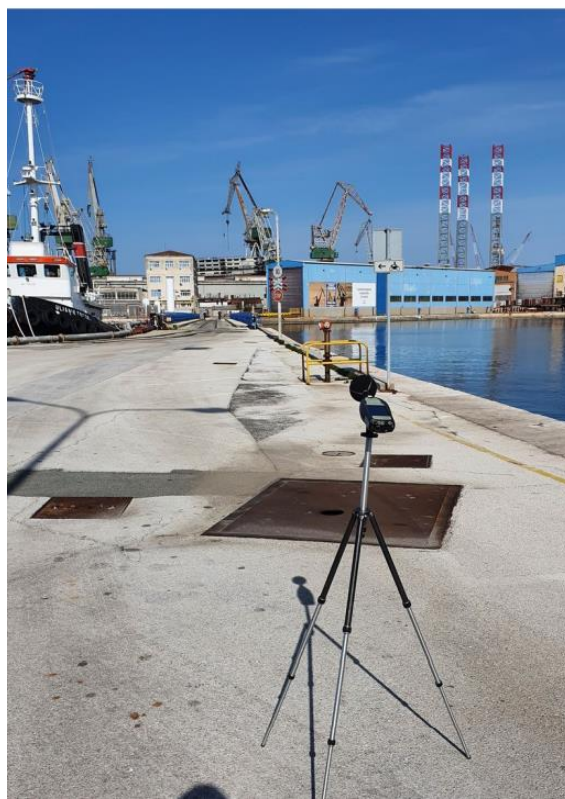
Slika 9. MM01



Izvor: obrada autora

MM01 odabrana je s namjerom procjene razine buke koja se generira tijekom brodograđevnih aktivnosti u brodogradilištu Uljanik. Ova lokacija je strateški smještena blizu mosta koji vodi prema otoku gdje se nalazi brodogradilište. Mjerenje buke na ovoj lokaciji omogućuje praćenje razine buke koja se širi prema otoku i okolini te procjenu njenog utjecaja na okolne stanovnike i druge objekte. Također, mjerenje na ovoj lokaciji pruža uvid u zvučne karakteristike i intenzitet buke koja se generira tijekom radova u brodogradilištu, kao i moguće promjene u razini buke ovisno o fazama i vrsti aktivnosti. Mjerenje na ovoj lokaciji doprinosi boljem razumijevanju utjecaja buke na stanovnike otoka i okolnih područja te pruža relevantne podatke za identifikaciju potencijalnih mjera za smanjenje buke i poboljšanje kvalitete okoliša.

Slika 10. MM02



Izvor: obrada autora

Druga lokacija mjerenja na kraju mosta koji se spaja na obalu odabrana je s namjerom procjene razine buke na mjestu koje je blizu samog brodogradilišta, ali još uvijek udaljeno od glavnih izvora buke unutar brodogradilišta. Ova lokacija omogućuje mjerenje buke koja se prenosi s brodogradilišta prema okolnom području, kao i utjecaj buke koja se generira tijekom aktivnosti na samom mostu. Mjerenje buke na ovoj lokaciji pruža uvid u razinu buke koja doseže obalu te može pomoći u procjeni utjecaja buke na okoliš i moguće smetnje za okolne stanovnike, promet i druge aktivnosti u blizini brodogradilišta.

Slika 11: MM03



Izvor: obrada autora

Treća lokacija mjerenja na ulazu upravne zgrade brodogradilišta odabrana je s ciljem procjene razine buke koja se generira na samom ulazu u brodogradilište. Ovaj ulaz obično služi kao glavna točka ulaska i izlaska vozila, kao i osoblja brodogradilišta. Aktivnosti poput otvaranja i zatvaranja vrata, prolaska vozila, rada teške opreme ili komunikacije mogu pridonijeti stvaranju buke na ovom području. Mjerenje buke na ovoj lokaciji omogućuje prikupljanje podataka o stvarnoj razini buke koja se percipira na samom ulazu u brodogradilište, što je važno za razumijevanje i analizu utjecaja buke na osoblje i posjetitelje.



Slika 12: MM04



Izvor: obrada autora

Četvrta lokacija mjerenja na ulazu Bulevara, pored ceste koja prolazi pored brodogradilišta, odabrana je kako bi se procijenio utjecaj buke prometa na okolni prostor. Ova lokacija je blizu prometne rute koja prolazi pored brodogradilišta, što omogućuje mjerenje buke koja se generira od prolaznih vozila i ostalih prometnih izvora. Mjerenje buke na ovoj lokaciji pruža uvid u doprinos prometa ukupnoj razini buke u području brodogradilišta i njegovom okruženju. Također se može koristiti za procjenu utjecaja buke prometa na okolne stanovnike, radnike u brodogradilištu i posjetitelje te za evaluaciju potrebe za eventualnim mjerama kontrole buke u tom području.

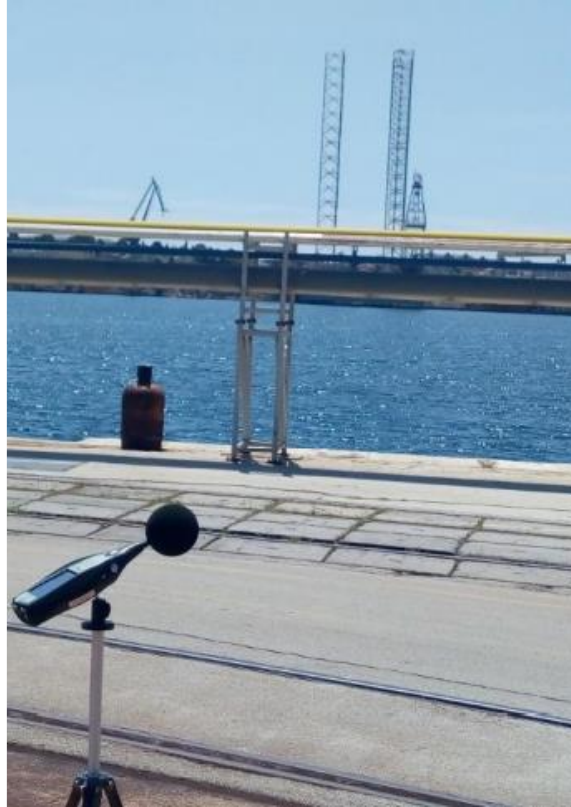
Slika 13. MM05



Izvor: obrada autora

Peta lokacija mjerenja koja graniči s industrijskom zonom odabrana je kako bi se istražio utjecaj buke koji proizlazi iz samog brodogradilišta i povezanih industrijskih aktivnosti. Ova lokacija je blizu samog perimetra industrijske zone, što omogućuje snimanje buke koja se generira unutar zone, kao i njenog širenja prema okolini. Mjerenje buke na ovoj lokaciji pruža uvid u razinu buke koju stvaraju radni strojevi, alati, transportna vozila i druge aktivnosti u industrijskom okruženju. Također može pomoći u procjeni eventualnih utjecaja buke na okolno stanovništvo i okoliš te u identifikaciji potencijalnih mjera za kontrolu i smanjenje buke u tom području.

Slika 14: MM06



Izvor: obrada autora

Šesta lokacija mjerenja pored ureda voditelja gradnje brodogradilišta odabrana je zbog njenog bliskog položaja uz samu gradilišnu zonu. Ova lokacija omogućuje mjerenje razine buke koja se generira tijekom građevinskih aktivnosti i operacija unutar brodogradilišta. Ured voditelja gradnje je mjesto gdje se donose odluke i koordinira rad na gradilištu, stoga je važno razumjeti i kvantificirati razinu buke koja može utjecati na radnike i osoblje koje radi na tom području. Mjerenje buke na ovoj lokaciji pruža informacije o buci izazvanoj radnim strojevima, građevinskim alatima i drugim aktivnostima povezanim s izgradnjom brodova. Ovo može biti korisno za procjenu usklađenosti s propisanim standardima buke, identifikaciju potencijalnih izvora buke i provedbu mjera za smanjenje buke na gradilištu.

Slika 15: MM07



Izvor: obrada autora

Sedma lokacija mjerenja sa otvorenog prozora hostela Pipištrela koji se nalazi pored brodogradilišta odabrana je s ciljem procjene razine buke koja se prenosi na okolno područje, posebno na prostor namijenjen smještaju gostiju hostela. Otvaranje prozora omogućuje izravan kontakt s okolinom i omogućuje prikupljanje podataka o buci koja dopire iz brodogradilišta. Ova lokacija pruža uvid u utjecaj buke na okolni urbani prostor i potencijalne smetnje koje se mogu pojaviti u blizini hostela. Mjerenje buke na ovoj lokaciji omogućuje procjenu razine buke koju gosti hostela mogu doživjeti tijekom svog boravka i pomaže u razumijevanju potreba za eventualnim mjerama za smanjenje buke kako bi se osigurao ugodan boravak gostiju. Također, može pružiti informacije o udaljenosti na kojoj se buka s brodogradilišta percipira i njezinom širenju u okolinu.

Slika 16: MM08



Izvor: obrada autora

Osma lokacija mjerenja pored hotela Veli Jože koji se nalazi u blizini brodogradilišta odabrana je s namjerom procjene razine buke koja može utjecati na goste i osoblje hotela. Ova lokacija pruža mogućnost mjerenja buke koja dolazi iz brodogradilišta i njezinog utjecaja na okolni prostor, uključujući susjedne hotele. Mjerenje buke na ovoj lokaciji omogućuje bolje razumijevanje utjecaja buke na boravke gostiju, radne uvjete osoblja hotela i općenito na okolinu hotela. Također, omogućuje procjenu daljine na kojoj se buka može čuti ili percipirati te pruža informacije o potencijalnoj potrebi za poduzimanjem mjera kako bi se smanjila razina buke i osigurao ugodan boravak gostiju hotela. Mjerenje na ovoj lokaciji doprinosi cjelovitom razumijevanju problema buke u okolini brodogradilišta i omogućuje donošenje informiranih odluka u vezi s upravljanjem bukom u cilju smanjenja njezinog utjecaja na susjedne hotele i njihove goste.

### 13. ZAKLJUČAK

Buka se odnosi na svaki zvuk koji nije željen i koji može ometati čovjekov rad, utjecati na njegovo psihološko i zdravstveno stanje te remetiti vrijeme odmora. Prema propisima u Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN br. 46/08), na radnom mjestu se smatra da čovjek može biti izložen maksimalnoj razini buke od 80 dB(A). Ta buka spada u donju upozoravajuću granicu izloženosti buci. Kada se čovjek izlaže većim razinama buke, potrebne su razne vrste zaštite, od organizacijskih, tehničkih pa sve do osobne zaštitne opreme. Buka na čovjeka djeluje auralno i ekstraauralno.

U današnjem vremenu velik je porast tehnologije, a samim time i porast buke na radu. Potreban nam je odmor nakon završetka rada . Odmor nije moguć ako imamo bučne susjede ili živimo u bučnom naselju a da pri tome nemamo dobru zvučnu i udarnu izolaciju. U ovome radu pažnja se upravo obratila na taj dio izlaganja buci.

Na temelju provedene analize buke u brodogradilištu Uljanik, smještenom na adresi Flaciusova 1, Pula, 52100, možemo izvući sljedeći zaključak:

Dobiveni rezultati istraživanja potvrđuju da izmjerene vrijednosti buke u brodogradilištu Uljanik zadovoljavaju propisane vrijednosti prema Pravilniku o dopuštenim razinama buke u okruženju radnog prostora (NN br. 145/04). U konkretnom slučaju zračna zvučna izolacija je na granici dozvoljenih vrijednosti, odnosno sve više od 52 dB je prihvatljivo. Kada bi jednobrojna vrijednost bila manja od 52 dB izolacija ne bi zadovoljavala i zahtijevalo bi detaljnu analizu uzroka „curenja“ zvuka.

Udarna zvučna izolacija manja je od dozvoljenih vrijednosti, odnosno sve manje od 68 dB je prihvatljivo. Kada bi jednobrojna vrijednost bila veća od 68 dB izolacija ne bi zadovoljavala i zahtijevalo bi detaljnu analizu uzroka „curenja“ zvuka.

Ovo ukazuje na to da trenutna zvučna izolacija u brodogradilištu ispunjava zahtjeve zaštite od buke i osigurava prihvatljivu razinu buke za radnike.

S obzirom na to da mjerenja zadovoljavaju uvjete, nisu potrebne posebne mjere za poboljšanje zvučne izolacije ili smanjenje razine buke. Ovo je pozitivan rezultat koji ukazuje na uspješno implementiranje odgovarajućih mjera zaštite od buke u brodogradilištu Uljanik.

Unatoč tome, preporučuje se kontinuirano praćenje razine buke u budućnosti kako bi se osiguralo da uvjeti ostaju zadovoljavajući i da se identificiraju eventualne promjene koje bi mogle zahtijevati prilagodbe u sustavu zvučne izolacije ili radnih procesa. Održavanje zadovoljavajuće razine buke važno je za očuvanje zdravlja i sigurnosti radnika te osigurava poštivanje propisanih standarda.

Ukupno gledajući, ovi pozitivni rezultati istraživanja potvrđuju uspješnu implementaciju mjera zaštite od buke u brodogradilištu Uljanik, ali je i dalje potrebno provoditi redovito praćenje i održavanje sustava kako bi se osigurala kontinuirana zaštita od buke.

## POPIS LITERATURE

### KNJIGE:

Horvat, J., Regent, A. (2009): *Osobna zaštitna oprema*

Sever, S. (2007): *Fizikalne štetnosti*, IPROZ, VŠSR, Zagreb, skripta

Regent, A.; Kršulja, M. (2015).: *Fizikalne štetnosti – Zbirka riješenih zadataka*, Rijeka

Bošnjaković, R.: *Redukcija buke*, Delo, Ljubljana 1985

### INTERNET:

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Frekvencija>

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvu%C4%8Dna\\_izolacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zvu%C4%8Dna_izolacija)

<http://personal.cityu.edu.hk/~bsapplec/sound4.htm>

<https://www.google.com/maps/@44.8721425,13.8387868,1008m/data=!3m1!1e3>

<https://www.google.com/maps/@44.8721425,13.8387868,1008m/data=!3m1!1e3>

<http://slusni-aparati.rs/>

<http://zastitanaradu.com.hr/>

### PRAVILNICI I ZAKONI RH

Zakon o zaštiti na radu (NN br. 118/14, 71/14 i 154/14).

Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09)

Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša te strojeva i uređaja s povećanim opasnostima (NN 14/02, 131/02, 126/03)

Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme (NN 21/08)

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

Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)

Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 29/13)

Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru (NN 156/2008)



## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Osobna zaštitna oprema za sluh ..... | 12 |
| Slika 2. Apsorpcija zvuka.....                | 16 |
| Slika 3 Zvučni mjeritelj.....                 | 26 |
| Slika 4. kalibrator .....                     | 27 |
| Slika 5. Operativne obale, dispozicija.....   | 30 |
| Slika 6. Položajni prikaz mjernih mjesta..... | 33 |
| Slika 7. MM07, Dijagram toka mjerenja.....    | 39 |
| Slika 8. MM08, Dijagram toka mjerenja.....    | 42 |
| Slika 9. MM01.....                            | 44 |
| Slika 10. MM02.....                           | 45 |
| Slika 11: MM03 .....                          | 46 |
| Slika 12: MM04 .....                          | 47 |
| Slika 13. MM05.....                           | 48 |
| Slika 14: MM06 .....                          | 49 |
| Slika 15: MM07 .....                          | 50 |
| Slika 16: MM08 .....                          | 51 |

## POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Standardni oktavni pojasevi .....   | 5  |
| Tablica 2. Prikaz redukcije buke za prozore .....  | 15 |
| Tablica 3. Popis tzv “pokretnih izvora” s ocjenom statusa rada .....   | 30 |
| Tablica 4. Definiranje mjernih mjesta.....   | 32 |
| Tablica 5. Meteorološki parametri tijekom mjerenja buke .....  | 35 |
| Tablica 6. Rezultati mjerenja buke vanjskog prostora na granici parcele (zone), i ispred stambenih objekata za DOBA DANA ..... | 36 |
| Tablica 7. Rezultati mjerenja buke vanjskog prostora na granici parcele (zone), i ispred stambenih objekata za DOBA NOĆI ..... | 37 |
| Tablica 8. MM07. Rezultati mjerenja .....  | 41 |
| Tablica 9: MM08, rezultati mjerenja.....   | 43 |