

Analiza emisije zvuka pri obradi drva na stolnoj glodalici i kružnoj pili

Blažević, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:160309>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-22**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE

DRVNOTEHNOLOŠKI ODSIJEK

SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ

DRVNOTEHNOLOŠKI PROCESI

MARIJA BLAŽEVIĆ

ANALIZA EMISIJE ZVUKA PRI OBRADI DRVA NA
STOLNOJ GLODALICI I KRUŽNOJ PILI

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2024.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

| | |
|----------------|--|
| Naslov: | ANALIZA EMISIJE ZVUKA PRI OBRADI DRVA NA STOLNOJ GLODALICI I KRUŽNOJ PILI |
| Titule: | Analysis of sound emissions during woodworking on a table moulding machine and circular saw |
| Autor: | Marija Blažević |
| Mjesto izrade: | Sveučilište u Zagrebu Fakultet šumarstva i drvne tehnologije |
| Vrsta objave: | Diplomski rad |
| Mentor: | Prof. dr. sc. Ružica Beljo Lučić |
| Ak. godina | 2023./2024. |
| Datum obrane: | 25. 9. 2024. |
| Obujam: | 9 poglavlja, 37 stranica, 31 slika, 16 tablica, 11 navoda literature |
| Sažetak: | <p>U ovom diplomskom radu istražuje se emisija zvuka strojeva za mehaničku obradu drva, stolne glodalice i kružne pile. Definiran je pojam buke, njezine značajke i iskazivanje, te štetni učinci buke na ljudski organizam pri izlaganju na radnom mjestu. Analizirane su mogućnosti zaštite radnika od buke. Analizirani su i uspoređeni rezultati emisije buke pri praznom hodu stroja i tijekom obrade dvije različite vrste drva (jelovine i hrastovine) pri dvije različite posmične brzine. Pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici zabilježena je veća razina buke u odnosu na obradu uzoraka od hrastovine. Suprotno tome pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili zabilježena je veća razina buke u odnosu na obradu uzoraka od jelovine. Pri većoj posmičnoj brzini izmjerena je veća razina buke na oba stroja i pri obradi obje vrste drva. Obrada kružnom pilom više opterećuje okolinu bukom od stolne glodalice i pri praznom hodu stroja i pri obradi drva. Izmjerene razine buke uspoređene su s propisanim graničnim vrijednostima izloženosti te su doneseni zaključci o mogućnostima smanjenja emisija buke i nužnosti uporabe osobnih zaštitnih sredstava.</p> |
| Summary: | <p>In this thesis, the sound emission of mechanical woodworking machines - table moulding machine and circular saw has been researched. The concept of noise is defined, its characteristics and measurement units, and the harmful effects of noise on the human body during exposure at the workplace. The possibilities of protecting workers from noise were analyzed. The results of the noise emission, when the machine is idling and during the processing of two different types of wood (fir and oak) at two different feed speeds, were analyzed and compared. During the processing of samples made of fir on the moulding machine, a higher noise level was recorded compared to the processing of samples made of oak. Conversely, when processing oak samples on the circular saw, a higher noise level was measured compared to the processing of fir samples. At higher feed rates, a greater noise level was recorded on both machines and during the processing of both types of wood. The operation of the circular saw emits a higher level of noise compared to the milling machine, both during idling and wood processing. The measured noise levels were compared with the prescribed exposure limit values, and conclusions were drawn about the possibilities of reducing the noise emissions of these machines and the necessity of using personal protective equipment.</p> |

| | | |
|---|---|----------------------|
|  | IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI | OB FŠDT 05 07 |
| | | Revizija: 2 |
| | | Datum: 29.04.2021. |

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

U Zagrebu, 13. 9. 2024. godine

vlastoručni potpis

Marija Blažević

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE..... | 2 |
| 2.1. Definicija buke..... | 2 |
| 2.2. Djelovanje buke na čovjeka..... | 3 |
| 2.3. Buka u drvnoj industriji | 4 |
| 3. CILJ ISTRAŽIVANJA | 7 |
| 4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA | 8 |
| 4.1. Materijali i strojevi..... | 8 |
| 4.2. Mjerenje buke..... | 13 |
| 4.3. Obrada rezultata | 16 |
| 5. REZULTATI I RASPRAVA..... | 18 |
| 5.1. Rezultati mjerenja buke na stolnoj glodalici | 18 |
| 5.2. Rezultati mjerenja buke na kružnoj pili | 23 |
| 5.3. Analiza i usporedba rezultata mjerenja razine buke | 28 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 35 |
| 7. LITERATURA | 36 |
| 8. POPIS SLIKA | 37 |
| 9. POPIS TABLICA..... | 38 |

1. UVOD

Prema mnogim pokazateljima prosječna razina buke u proizvodnim prostorima za mehaničku preradu drva mnogo je viša negoli u mnogim drugim proizvodnim sredinama. Strojevi i alati u današnjoj drvenoj industriji rade s velikim brzinama rezanja kako bi bili što efikasniji i produktivniji u svom radu, pri čemu se zanemaruju posljedične pojave. Povećanje buke i vibracija upravo je jedna od tih posljedica povećanja obodne brzine alata. Pri radu strojeva za mehaničku obradu drva često se emitira buka čija razina značajno premašuje propisane granične vrijednosti. Dugo izlaganje buci posebice kroz osmosatno radno vrijeme dovodi do kratkotrajnih, ali i dugotrajnih posljedica. Buka može biti vrlo neugodna, uznemirujuća pa čak može doći i do štetnih utjecaja na ljudski organizam, uključujući oštećenje sluha, povećan stres, nesanicu, povećanje krvnog tlaka i smanjenje koncentracije. U svrhu zaštite radnika od buke propisane su granične vrijednosti izloženosti i upozoravajuće vrijednosti izloženosti tijekom osmosatnog radnog vremena. Na mnogim radnim mjestima u drvoprerađivačkoj industriji nužna je neposredna zaštita, a i mnoge strojeve treba odvojiti od proizvodnog prostora posebnim kabinama čija je zadaća prigušivanje emitirane buke (Goglia i Beljo 1995). Zaštita radnika i radnog prostora od prašine, buke, utjecaja kemikalija i vibracije zasigurno je najbitnija i najodgovornija zadaća onih koji projektiraju proizvodne pogone i procese. To zahtjeva sveobuhvatan pristup problemu u smislu provođenja eksperimentalnih mjerenja emisije zvuka strojeva, tehnološki napredak strojeva, metoda zaštite na radu i razvoj novih rješenja. Osobna zaštitna sredstva primjenjuju se prema potrebama i uvjetima radnog okruženja, koje se utvrđuju mjerenjima i analizama izvora opasnosti. Jedna od bitnih stavki je i kvalitetna izobrazba radnika te odgovorno korištenje odgovarajućih zaštitnih sredstava kako ne bi došlo do smanjenja radnog učinka te otežanog rada i kretanja radnika.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Definicija buke

Buka je vrlo glasni, čovjeku neugodni, čak i bolni zvuk. Osnovne značajke buke sadržane su u njezinoj jačini (intenzitetu), ali i u njezinoj kakvoći (dodatni šumovi), visini, trajanju, isprekidanosti ili kontinuiranosti (Wikipedia 2016). Govor i glazba su harmoničan zvuk za one koji ih žele slušati, dok s druge strane pri spavanju ili čitanju su aharmoničan, neželjeni te neugodan zvuk. Stupanj smetanja ovisi o psihološkim čimbenicima čovjeka i okolnostima u kojima se nalazi, na primjer kod učenja, čitanja ili spavanja.

Buka je zvuk proizveden nepravilnim i periodičnim titranjem čestica u zraku (Trbojević 2011). Ljudsko uho može primiti zvučne podražaje titranja u rasponu od 16 do 20 000 Hz, sve zvukove ispod 16 Hz čovjek registrira kao potres – vibracije. Uho je najosjetljivije na zvukove između 1.000 i 7.000 Hz, dok mu je maksimalna osjetljivost na zvukove frekvencije oko 4.000 Hz. Zvuk koji ima frekvenciju ispod 20 Hz naziva se infrazvuk a frekvenciju iznad 20 000 Hz ultrazvuk. Promjene tlaka zraka najčešći su razlog za stvaranje zvuka. Amplituda je veličina kojom se opisuju te promjene tlaka. 20 μPa je najmanja promjena tlaka koju može osjetiti ljudsko uho, što je oko 5 bilijuna puta manje nego atmosferski tlak. Ljudsko uho ima velik raspon promjene tlaka koju može osjetiti, a granica bola je iznad 20.000.000 μPa. Kako bi izbjegli tako velike brojeve uvedena je logaritamska ljestvica u decibelima (dB). Razina zvuka izražena u dB računa se prema jednadžbi:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

gdje je L_p - razina zvučnog tlaka u dB, p - izmjerena vrijednost zvučnog tlaka u μPa, a p_0 - referentna vrijednost koja iznosi 20 μPa za mjerenja u zraku.



Slika 1. Ilustracija vrijednosti razine buke (dB) raznih izvora u svakodnevnom životu

Na primjer normalan razgovor dvaju govornika može se ostvariti pri razini buke 60 dB(A), ali ne na većoj udaljenosti od 1,5 metara. Pri razini buke većoj od 70 dB(A) nije moguće uspostaviti razumljiv telefonski razgovor. Za ostvarenje razgovora pri buci od 85 dBA sugovornik mora direktno u uho govoriti drugom sugovorniku (slika 1.).

2.2. Djelovanje buke na čovjeka

Čovjeku mnogo manje smeta buka koju ne može izbjeći (na primjer šum slapova) nego izbježiva buka. Manje nam smeta buka koju proizvodimo sami od buke koju proizvode drugi (Wikipedia 2016).

Buka je subjektivni pojam osjeta a ubraja se u stresogene faktore te ima utjecaj na psihosomatsko zdravlje. Većina tih učinaka izazivaju privremene reakcije organizma koje su kratkotrajne i prolazne, a u to ubrajamo: umor, smetnje probavnog i imunološkog sustava, smanjenje koncentracije i pamćenja, sužavanje vidnog polja, smetnje kod kardiovaskularnog sustava, ali mogu prijeći i u kronične probleme kao što je povišen krvni tlak, nesanica, smanjenje seksualne funkcije, tjeskoba i na kraju depresija. Oštećenje sluha bukom ovisi o više faktora a to su intenzitet djelovanja buke, vrijeme izloženosti i otpornost organizma osobe koja je izložena buci. Intenzitet buke veće od 85 do 90 dB nakon dugotrajne izloženosti može uzrokovati privremena pa čak i trajna oštećenja sluha čovjeka.

Procjenjuje se da je čak 40 % stanovništva Europe izloženo svakodnevnoj buci iz prometa od 55 dB tijekom dana, a 20 % stanovništva je izloženo razini buke koja prelazi 65 dB zvučnog tlaka. Te svakodnevne količine izloženosti buci prometnica smatraju se nedopustivim za dugotrajnu izloženost stanovništva.

2.3. Buka u drvnoj industriji

Emisija buke na radnom mjestu odnosi se na ukupnu količinu zvuka koja potječe iz različitih izvora u radnom okruženju. Kako čovjek sve više postaje svijesniji štetnih utjecaja buke nameću se i sve zahtijevniji zakoni i pravilnici te nacionalne norme. U pravne okvire zaštite od buke spadaju Zakon o zaštiti od buke ((NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21) i na temelju njega doneseni Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN 143/21), te Zakon o zaštiti na radu (71/14, 118/14, 94/18 i 96/18) i Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 148/2023). Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN 148/2023) propisuje granične vrijednosti buke u osmosatnom radnom vremenu:

a) granična vrijednost izloženosti:

$L(EX,8h) = 87 \text{ dB(A)}$ i $p(\text{peak}) = 200 \text{ Pa}$ (140 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa);

b) gornja upozoravajuća granica izloženosti:

$L(EX,8h) = 85 \text{ dB(A)}$ i $p(\text{peak}) = 140 \text{ Pa}$ (137 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa);

c) donja upozoravajuća granica izloženosti

$L(EX,8h) = 80 \text{ dB(A)}$ i $p(\text{peak}) = 112 \text{ Pa}$ (135 dB(C) u odnosu na referentni zvučni tlak 20 μPa).

Buka u drvnoj industriji često potječe od različitih procesa, poput rezanja, glodanja, brušenja i drugih operacija mehaničke obrade. Ova industrija može generirati visoke razine buke pa čak i preko najviše dnevne dopuštene razine izloženosti, što predstavlja potencijalnu opasnost po zdravlje zaposlenika. Kružne pile za obradu drva često rade pri obodnim brzinama od 50 do 85 m/s. Buka obično raste s porastom brzine vrtnje i pri većim brzinama postaje vrlo neugodna i štetna za ljudsko zdravlje (Goglia i Beljo Lučić 1998). Gornja upozoravajuća granica dnevne ili tjedne osobne izloženosti radnika buci iznosi 85 dB(A). Kružne pile u drvnoj industriji koje rade pri obodnoj brzini između 50 i 85 m/s

proizvode buku od 90 do 100 dB(A). Glodalice s druge strane mogu proizvoditi još veću buku i to u rasponima od 90 do 120 dB(A). U drvnj industriji postoje strojevi koji znatno premašuju najvišu dopuštenu razinu buke, kao na primjer:

strojevi za iveranje i usitnjavanje drva – preko 120 dB(A)

tračne pile trupčare i rastružne tračne pile - 90 do 100 dB(A)

kružne pile (uzdužne i poprečne) – 90 do 100 dB(A)

viševretene blanjalice, glodalice – 90 do 120 dB(A)

Ako je do oštećenja sluha došlo kod radnika koji je kroz duže razdoblje bio izložen djelovanju takozvane industrijske buke iznad propisane razine to se smatra profesionalnom bolešću (Goglia i Beljo 1995).

Dugotrajna izloženost visokoj razini buke na radnom mjestu može negativno utjecati na zaposlenike, izazivajući stres, nesanicu, smanjenje koncentracije pa čak i oštećenje sluha. Ljudsko tijelo ne posjeduje nikakve refleksne zaštite za sluh, kao što posjeduje za oči za prejak izloženost svjetlosti. Uši uvijek ostaju otvorene i bez zaštite. Dugim izlaganjima prekomjernim razinama buke dolazi do oštećenja sluha dalekosežnih zdravstvenih posljedica (Miholjević 2016).

Proizvodne organizacije često primjenjuju mjere za smanjenje buke kako bi poboljšale radno okruženje i osigurale sigurnost i dobrobit zaposlenika. Zaštita sluha i primjena mjera za smanjenje buke, poput nošenja zaštitnih slušalica ili postavljanja zvučne izolacije, važne su kako bi se umanjili potencijalni rizici povezani s bukom rada strojeva u drvnj industriji. Nošenje zaštitne opreme, poput slušalica (antifoni), kaciga, ušnih uložaka i čepova, obavezno je kod radnih mjesta s prekomjernom radnom bukom kako bi se zaštitili zaposlenici kod višesatnih izlaganja takvom okruženju (slika 2.).

Ovisno o vrsti primijenjenog sredstva, ili njihovoj kombinaciji, načinu primjene i stanju sredstava, takvom se zaštitom može smanjiti intenzitet buke koji djeluje na ljudsko uho za 5-15, pa čak i 20-30 dB(A).



Slika 2. Zaštitna oprema
<https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu>

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Poznato je da buka ima negativan učinak, naročito kod dugotrajnog izlaganja kao što je osmosatni rad na strojevima. Visoka razina zvuka može rezultirati kratkotrajnim ali i dugotrajnim posljedicama po ljudsko zdravlje. Strojevi za mehanučku obradu drva značajan su izvor zvuka što predstavlja veliki problem u drvoprerađivačkim pogonima.

Cilj istraživanja je izmjeriti i usporediti emisiju buke stolne glodalice i kružne pile u praznom hodu i pri obradi drva različitih svojstava te usporediti izmjerene vrijednosti s propisanim graničnim vrijednostima razine buke u radnoj okolini. Također, cilj rada je analizirati utjecaj posmične brzine obratka na razinu emisije buke pri glodanju i piljenju hrastovine i jelovine.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Materijali i strojevi

Istraživanje emisije buke stolne glodalice i kružne pile provedeno je pri obradi uzoraka od drva hrasta (*Quercus robur*) i drva obične jele (*Abies Alba*) (slika 3. i 4.). Dimenzije uzoraka od hrastovine su: debljina (h) 26 mm, širina (b) 85 mm, dužina (l) 555 mm. Sadržaj vode uzoraka od hrastovine izmjeren vlagomjerom iznosi 14 %, a određen gravimetrijskom metodom iznosi 11 %. Gustoća hrastovine u apsolutno suhom stanju iznosi $0,794 \text{ g/cm}^3$, dok je specifična gustoća $0,746 \text{ g/cm}^3$. Dimenzije uzoraka od jelovine su: debljina (h) 26 mm, širina (b) 200 mm i dužina (l) 865 mm. Sadržaj vode uzoraka od jelovine izmjeren vlagomjerom bio je 14 %, a gravimetrijskom metodom 11 %. Gustoća u apsolutno suhom stanju jelovine iznosi $0,470 \text{ g/cm}^3$, dok je specifična gustoća $0,446 \text{ g/cm}^3$. Uzorci su zdravi, bez većih i vidljivih grešaka (kvruga i pukotina) na mjestima obrade i bez površinske obrade lakovima ili lazurama.



Slika 3. Uzorci od drva hrasta (*Quercus robur*)



Slika 4. Uzorci od drva jele (*Abies Alba*)

Sadržaj vode u drvu određen je gravimetrijskom metodom koja je definirana hrvatskom normom HRN ISO 13061-1:2015. Zbog svoje točnosti i jednostavnosti izvedbe, gravimetrijska metoda određivanja sadržaja vode se smatra referentnom metodom za mjerenje sadržaja vode u drvu. Oprema koja je potrebna za gravimetrijsku metodu određivanja sadržaja vode drva je: tehnička vaga, eksikator za hlađenje uzoraka i sušionik.

Izračun apsolutnog sadržaja vode u drvu se provodi prema jednadžbi:

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100 \% ,$$

w – apsolutni sadržaj vode u drvu (%), m_1 – masa uzorka prije sušenja (g), m_0 – masa uzorka u apsolutno suhom stanju (g)

Uzorci za određivanje sadržaja vode gravimetrijskom metodom pripremljeni su od uzoraka koji su se obrađivali pri mjerenju razine emitirane buke stolne glodalice i kružne pile. Uzorci su imali minimalne dimenzije 20 x 20 mm prema normi ISO 3129. Nakon toga slijedila je izmjera dimenzija uzoraka pomičnim mjerilom u prosušenom stanju (slika 6.), te mjerenje mase uzoraka tehničkom vagom (slika 7.). Apsolutno suho stanje uzorka postiže se sušenjem u sušioniku (slika 5.) na temperaturi od 103 ± 2 °C do konstantne mase, odnosno kada se dva uzastopna mjerenja u minimalnom vremenskom periodu od 8 sati ne razlikuju više od 0,2 % mase izmjerene uzorka. Na kraju izmjerene su dimenzije uzoraka u apsolutno suhom stanju radi određivanja gustoće drva.

Za određivanje gustoće drva s nekim postotkom sadržaja vode najprije moramo odrediti gustoću drva u apsolutno suhom stanju. Određivanje gustoće u apsolutno suhom stanju provodi se prema jednadžbi:

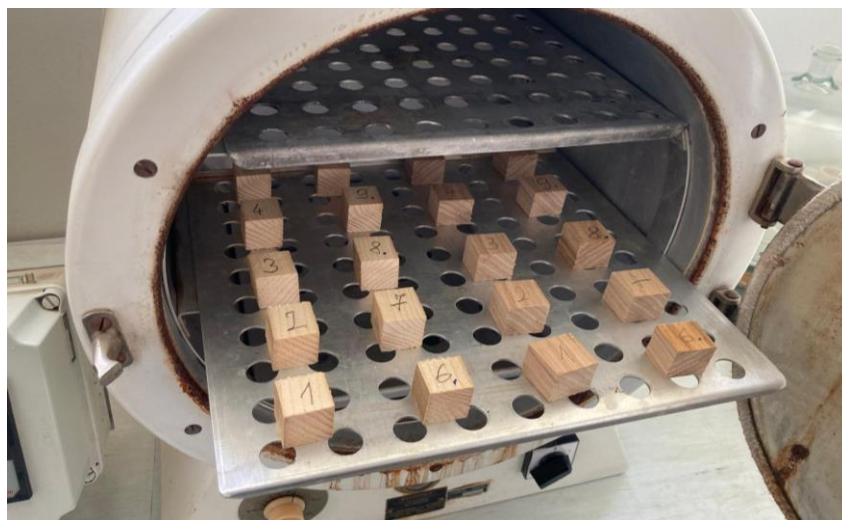
$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

ρ_0 – gustoća u apsolutno suhom stanju (g/cm³), m_0 – masa uzorka u apsolutno suhom stanju (g), V_0 – volumen uzorka u apsolutno suhom stanju (cm³).

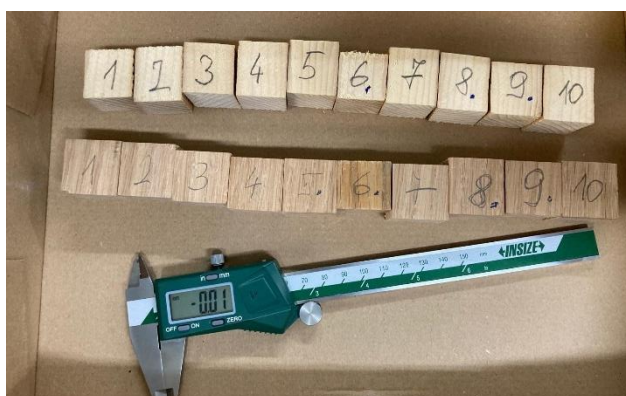
Određivanje specifične gustoća pri sadržaju vode od 11 % određuje se prema jednadžbi:

$$\rho_y = \frac{m_0}{V}$$

ρ_y – specifična gustoća u apsolutno suhom stanju (g/cm³), m_0 – masa uzorka u apsolutno suhom stanju (g), $V_{11\%}$ – volumen uzorka pri sadržaju vode 11 % (cm³).



Slika 5. Uzorci drva hrasta i jele u sušioniku



Slika 6. Izmjera dimenzija uzoraka pomičnim mjerilom

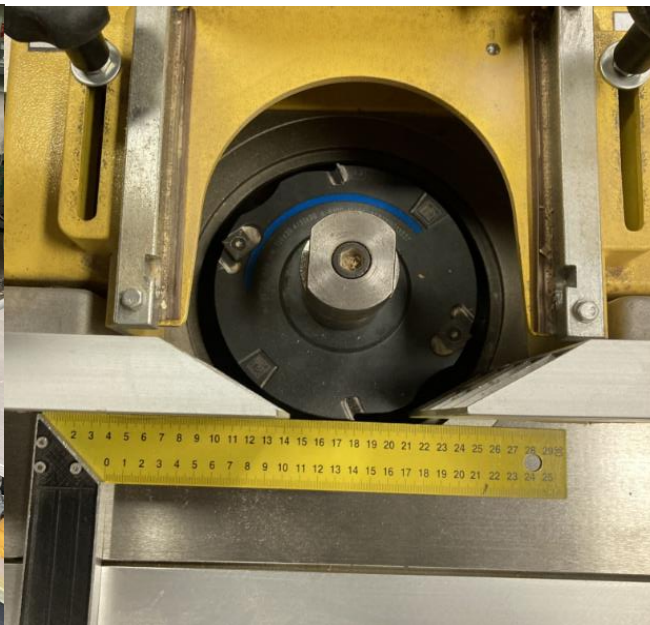


Slika 7. Mjerenje mase uzorka tehničkom vagom

Mjerenje razine buke provedeno je na stolnoj glodalici Rojek FSN 300 Euro7 (slika 8.), s alatom oznake Leitz ID: 165175785 150×30,4/31×30 (slika 9.). Glava glodala imala je samo jedan nož a promjer putanje reznog brida iznosio je 150 mm. Dodatak za obradu (Δh) bio je 3 mm. Ispitali smo razinu zvuka pri dvije posmične brzine obratka $v_{p1} = 6,5$ m/min i $v_{p2} = 13$ m/min. Frekvencija vrtnje alata bila je $n_v = 6000$ o/min.



Slika 8. Stolna glodalica Rojek



Slika 9. Glava glodala

Na slici 10. prikazani su proračunati parametri obrade za stolnu glodalicu Rojek u ovisnosti o posmičnoj brzini.

| | Vp 6,5 | Vp 13 | |
|--|---------------|--------------|--------------------|
| Brzina rezanja (v_r): | 47 | 47 | m/s |
| Posmak po zubu (s_z): | 1,08 | 2,17 | mm |
| Posmak po okretaju (s_o): | 1,08 | 2,17 | mm |
| Kut zahvata (φ): | 16,3 | 16,3 | ° |
| Duljina luka zahvata (l): | 21 | 21 | mm |
| Duljina puta zahvata hrast (l_o): | 10,90 | 5,45 | m |
| Duljina puta zahvata jela (l_o): | 16,99 | 8,49 | m |
| Srednja debljina odvajane čestice (δ_{sr}): | 0,15 | 0,31 | mm |
| Maksimalna debljina odvajane čestice (δ_{max}): | 0,30 | 0,61 | mm |
| Jedinični satni učin (A_h): | 10,14 | 20,28 | m ² /h |
| Volumen odvojenih čestica (V_h): | 8,45 | 16,90 | cm ³ /s |
| Frekvencija ulaska zubi u zahvat (z_s): | 100 | 100 | zubi/s |

Slika 10. Parametri obrade

Drugi stroj na kojem je provedeno mjerenje razine buke je kružna pila Bratstvo SC-10 (slika 11.), oznake alata Leitz 057125 WZ; 300×3,2×2,2×30 (HW Z28/33,66). List pile ima 28 zuba. Oblik zuba lista pile je izmjenično skošeni (WZ), a materijal oštrice je volfram karbid. Promjer pile je 300 mm, a širina propiljka 3,2 mm. Ispod lista pile iznad obratka (p) iznosi 40 mm. Frekvencija vrtnje (n_v) je 3870 o/min. Mjerena je razina buke pri obradi s dvije posmične brzine $v_{p1} = 6,5$ m/min i $v_{p2} = 13$ m/min.



Slika 11. Kružna pila Bratstvo SC-10

4.2. Mjerenje buke

Mjerenja razine emitiranog zvuka na stolnoj glodalici i kružnoj pili provedeno je pomoću instrumenta mjerača razine zvuka Kimo DB200 (slika 12.). Kimo DB200 je akustični mjerni instrument s maksimalnim mjernim područje zvuka od 135 dB. Mjerač razine zvuka ima mogućnost pohranjivanja skupova podataka mjerenja, s kapacitetom memorije 25 razdoblja od 86 500 vrijednosti – npr: 24 sata / Leq 1s. Podaci se jednostavno prenose na računalo, a za prikaz i obradu podataka zadužen je vlastiti LDB200 softver. Prema međunarodnim standardima, mjerač razine zvuka izračunava i prikazuje mjerenja na svom grafičkom pozadinskom osvjetljenju LCD zaslona.



Slika 12. Mjerač razine zvuka Kimo DB200

Kimo BD2000 ima 5 načina rada

- 1 (L): Konvencionalni mjerač razine zvuka (mjerač razine zvuka obrađuje signal i prikazuje zvučni tlak te istodobno daje sljedeće informacije: vremenski ponderiranu razinu zvučnog tlaka, maksimalne i minimalne vrijednosti razina zvuka u vremenu mjerenja, vrijednost maksimalne vršne razine zvuka u vremenu mjerenja)
- 2 (L-st): Konvencionalni mjerač razine zvuka sa spremištem memorije (mjerač razine zvuka obrađuje signal zvučnog tlaka i pohranjuje rezultate brzine uzorkovanja u spremljenu memoriju)
- 3 (Leq): Konvencionalni i integrirani mjerač razine zvuka s prosječnim usrednjavanjem (mjerač razine zvuka obrađuje zvučni tlak signala i istodobno očitava sljedeće

informacije LXY : razina zvučnog tlaka ponderirana vremenski, LXYmax i LXYmin: maksimalne i minimalne vrijednosti razina u vremenu mjerenja, L_{pk}: razina najveće vršne vrijednosti zvučnog tlaka u vremenu mjerenja i L_{eq} : ekvivalentna kontinuirana razina frekvencije akustičnog tlaka ponderirana na vrijeme mjerenja)

- 4 (Leq-St): Integriranje mjerača razine zvuka s prosjekom i pohranom (mjerač razine zvuka obrađuje zvučni signal za svako elementarno vrijeme integracije i pohranjuje rezultate u spremljenu memoriju)

- 5 (S1+S2): Mjerač razine zvuka "kalkulator" dva izvora zvuka (mjerač razine zvuka obrađuje zvučni signal iz nekoliko izvora zvuka tijekom vremena koje je prepušteno slobodnoj inicijativi operatera. Ovdje izmjerena vrijednost je ekvivalentna kontinuirana razina tijekom tog vremena)

Za potrebe ovog ispitivanja mjerili smo s drugim načinom mjerenja L-St (slika 13.). To znači da svake sekunde instrument zabilježi razinu zvuka. Svako mjerenje provodili smo s pet uzastopnih ponavljanja u trajanju od 5-10 sekundi (stolna glodalica - prazan hod, stolna glodalica - hrast 6,5 m/min, stolna glodalica - hrast 13 m/min, stolna glodalica - jela 6,5 m/min, stolna glodalica - jela 13 m/min, kružna pila - prazan hod, kružna pila - hrast 6,5 m/min, kružna pila - hrast 13 m/min, kružna pila - jela 6,5 m/min i kružna pila - jela 13 m/min).



Slika 13. Mjerenje razine buke u praznom hoda stolne glodalice

Za umjeravanje mjerača razine zvuka Kimo DB200 korišten je kalibrator zvuka Brüel & Kjaer tip 4231 (slika 14.).



Slika 14. Kalibrator zvuka Bruel&Kjaer tip 4231

Kalibrator razine zvuka B&K klase 1 dizajniran je za preciznu akustičnu kalibraciju mjerača razine zvuka, mikrofona i druge opreme za mjerenje zvuka na terenu. Točnost kalibracije je $\pm 0,2$ dB. Izuzetno je mali utjecaj statičkog tlaka i temperature na umjeravanje. Zvučni je tlak neovisan o ekvivalentnoj glasnoći mikrofona, te ima frekvenciju umjeravanja od 1 kHz.

Svi rezultati mjerenja iskazani su u dB(A) čime se naznačava da je razina zvuka vrednovana prema krivulji za vrednovanje A. A-ponderirani decibel (dBA ili dB(A)) izraz je relativne glasnoće zvuka koje percipira ljudsko uho. A-ponderiranje je standard za određivanje oštećenja sluha i izloženosti buci. Ljudsko uho nema isti osjet razine na različitim frekvencijama pa se pri mjerenju razine zvučnog tlaka koristi filtriranje zvučnog signala prema različitim koeficijentima za vrednovanje na različitim frekvencijama. S dB(A) filterom mjerač zvuka daje veću vrijednost gdje je uho osjetljivije, a manju vrijednost frekvencijama na koje uho nije toliko osjetljivo. dB(A) otprilike odgovara inverznoj krivulji jednake glasnoće od 40 dB (na 1 kHz) za ljudsko uho.

4.3. Obrada rezultata

Nakon što su provedena mjerenja razine zvuka na stolnoj glodalici i kružnoj pili podaci su preneseni na računalo te otvoreni pomoću LDB200 softvera. LDB200 softver obrađuje podatke i daje informacije o mjerenju kao što su: vrijeme početka i kraja mjerenja, maksimalna i minimalna zabilježena razina zvuka (dB), grafički prikaz razine zvuka LCpk i LAF u mjerenom vremenu te tablicu s vrijednostima razine zvuka LCpk i LAF (slika 15.).

Za obradu rezultata mjerenja korišten je softver za proračunske tablice Microsoft Excel pomoću kojega su izračunate srednje vrijednosti uzastopnih mjerenja prema formuli:

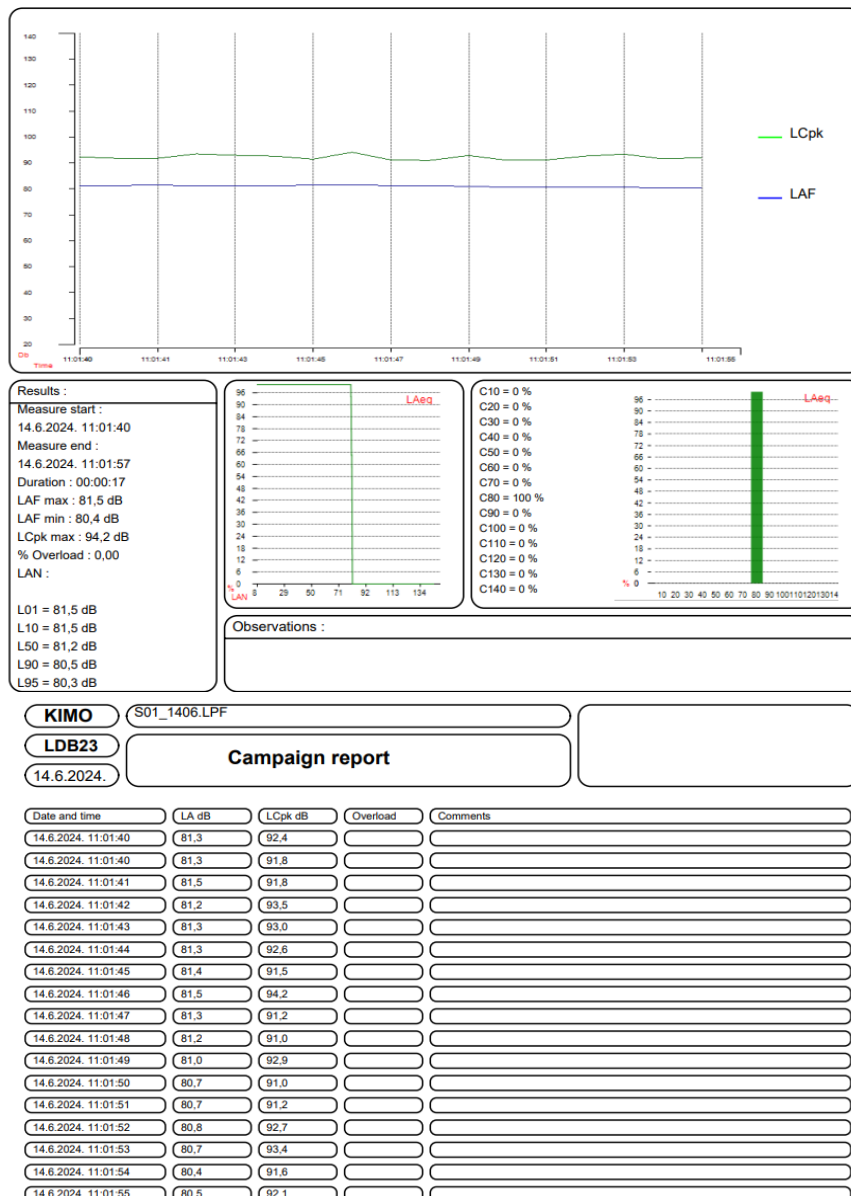
$$L_p [dB] = 10 * \log \left(\sum_i 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (1)$$

gdje je:

L_p – ukupna razina zvučnog tlaka (dB)

L_i – razina zvučnog tlaka pojedinog mjerenja (dB)

Rezultati uzastopnih mjerenja prikazani su na grafovima kako bi se lakše analizirala oscilacija dobivenih rezultata za pet uzastopnih mjerenja. Za sve uvjete obrade provedeno je pet uzastopnih mjerenja razine buke te je na temelju dobivenih rezultata mjerenja izračunata srednja vrijednost izmjerene razine buke.



Slika 15. Primjer podataka u softveru LDB200

5. REZULTATI I RASPRAVA

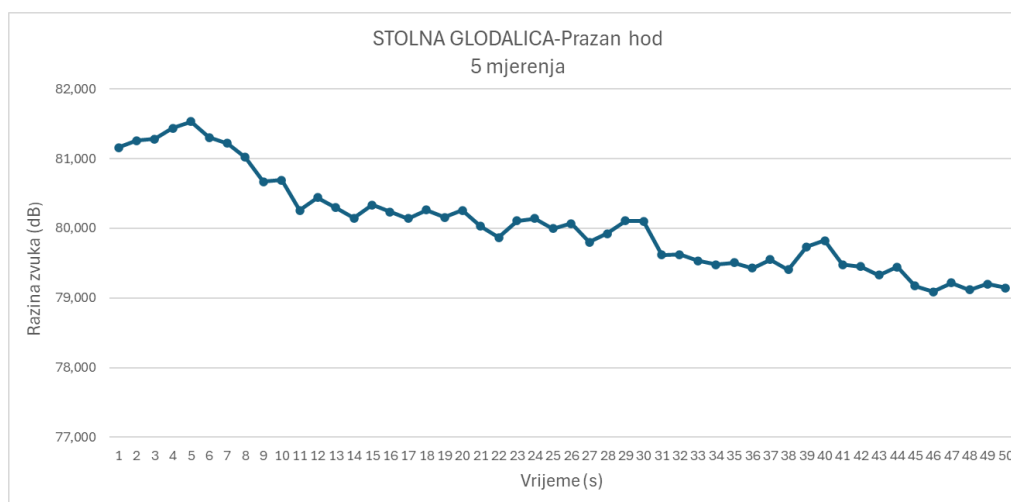
5.1. Rezultati mjerenja buke na stolnoj glodalici

U tablici 1. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka u dB(A) pri praznom hodu stolne glodalice. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja izračunata prema formuli (1) iznosi 80,106 dB(A).

Tablica 1. Izmjerene razine buke u praznom hodu stolne glodalice u dB(A)

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 81,157 | 93,519 | 80,258 | 91,671 | 80,030 | 91,275 | 79,615 | 92,074 | 79,476 | 92,150 |
| 81,259 | 92,982 | 80,441 | 91,996 | 79,869 | 91,919 | 79,626 | 91,696 | 79,449 | 92,428 |
| 81,280 | 92,644 | 80,300 | 91,942 | 80,108 | 91,979 | 79,535 | 90,899 | 79,330 | 92,408 |
| 81,439 | 91,491 | 80,146 | 93,393 | 80,144 | 92,787 | 79,477 | 89,809 | 79,446 | 91,202 |
| 81,534 | 94,156 | 80,335 | 91,482 | 79,997 | 92,954 | 79,504 | 90,491 | 79,174 | 91,778 |
| 81,305 | 91,178 | 80,237 | 92,045 | 80,067 | 92,619 | 79,431 | 91,011 | 79,090 | 89,772 |
| 81,219 | 90,992 | 80,140 | 92,726 | 79,804 | 92,420 | 79,550 | 92,655 | 79,218 | 91,596 |
| 81,022 | 92,912 | 80,262 | 91,721 | 79,926 | 92,519 | 79,406 | 92,100 | 79,118 | 90,914 |
| 80,672 | 91,047 | 80,158 | 91,949 | 80,110 | 92,383 | 79,737 | 92,390 | 79,202 | 91,505 |
| 80,695 | 91,205 | 80,256 | 91,682 | 80,103 | 91,692 | 79,824 | 92,733 | 79,144 | 92,274 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 80,106 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 16. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Prazan hod

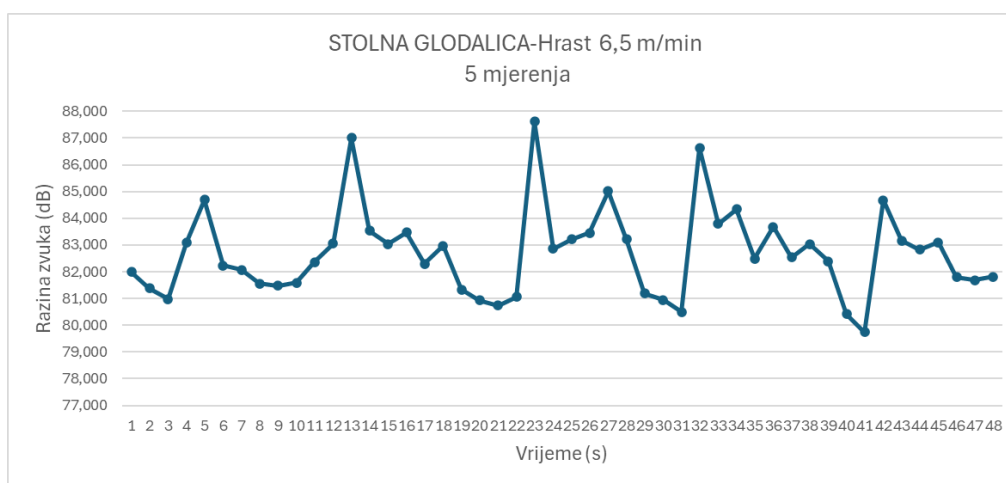
Graf na slici 16. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 50 s. U tih 50 sekundi vidimo blagi kontinuirani pad razine zvuka s maksimalnom razinom zvuka 81,695 dB(A) i minimalnim razinom zvuka 79,090 dB(A).

U tablici 2. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od hrastovine uz posmičnu brzinu 6,5 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 82,922 dB(A).

Tablica 2. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|--------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|-------------|--------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 81,985 | 95,078 | 82,363 | 94,957 | 81,328 | 92,750 | 81,195 | 95,011 | 82,392 | 96,162 |
| 81,374 | 93,612 | 83,054 | 96,289 | 80,937 | 93,220 | 80,948 | 94,456 | 80,411 | 93,989 |
| 80,974 | 93,192 | 87,009 | 102,150 | 80,732 | 94,882 | 80,492 | 94,773 | 79,738 | 93,328 |
| 83,081 | 93,810 | 83,528 | 94,471 | 81,064 | 95,075 | 86,629 | 97,426 | 84,675 | 96,415 |
| 84,684 | 97,138 | 83,029 | 94,776 | 87,616 | 100,119 | 83,796 | 94,863 | 83,162 | 96,131 |
| 82,233 | 95,222 | 83,476 | 94,121 | 82,852 | 95,031 | 84,337 | 95,501 | 82,823 | 93,581 |
| 82,078 | 94,597 | 82,294 | 93,984 | 83,216 | 93,055 | 82,492 | 92,111 | 83,103 | 93,933 |
| 81,555 | 93,163 | 82,975 | 93,217 | 83,452 | 95,159 | 83,684 | 94,842 | 81,804 | 92,017 |
| 81,477 | 94,222 | | | 85,016 | 97,891 | 82,534 | 93,893 | 81,693 | 93,889 |
| 81,592 | 93,684 | | | 83,218 | 96,235 | 83,043 | 94,552 | 81,813 | 94,719 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 83,065 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 17. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Hrast 6,5 m/min

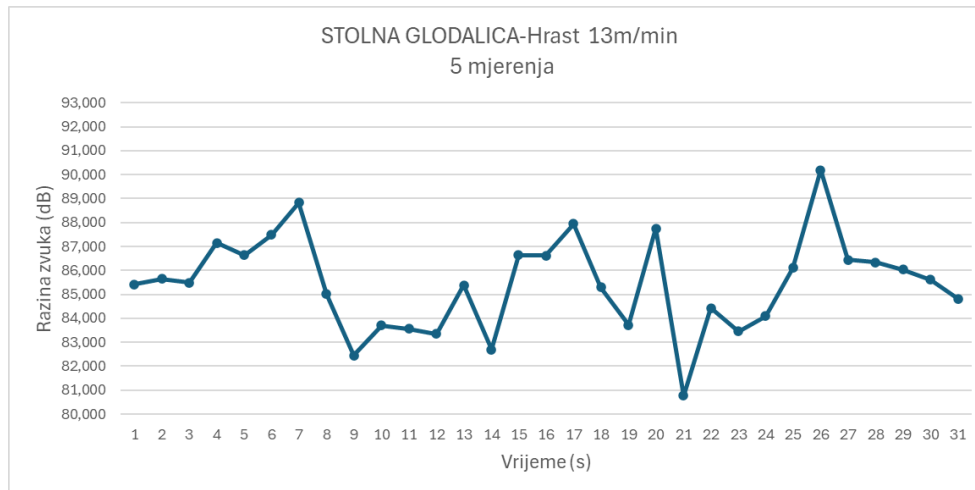
Graf na slici 17. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 48 s. Na grafičkom se prikazu jasno razlučuje pet mjerenja s obzirom da je na početku mjerenja i na kraju mjerenja zabilježena manja razina zvuka a u sredini pojedinog mjerenja došlo je do naglog skoka razine zvuka. Maksimalna razina zvuka iznosi 87,616 dB(A), a minimalna 79,738 dB(A).

U tablici 3. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od hrastovine uz posmičnu brzinu 13 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 85,921 dB(A).

Tablica 3. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|--------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 85,422 | 95,473 | 87,494 | 103,642 | 82,705 | 97,032 | 87,759 | 98,771 | 86,440 | 98,941 |
| 85,653 | 95,057 | 88,825 | 98,861 | 86,640 | 97,538 | 80,769 | 96,873 | 86,335 | 103,605 |
| 85,497 | 99,295 | 85,018 | 99,224 | 86,626 | 102,375 | 84,430 | 97,214 | 86,030 | 102,740 |
| 87,157 | 99,850 | 82,445 | 92,334 | 87,952 | 97,991 | 83,462 | 103,663 | 85,608 | 99,448 |
| 86,638 | 98,675 | 83,703 | 96,939 | 85,299 | 98,942 | 84,085 | 97,428 | 84,822 | 95,201 |
| | | 83,556 | 92,579 | 83,720 | 95,641 | 86,112 | 98,813 | | |
| | | 83,343 | 97,998 | | | 90,183 | 110,431 | | |
| | | 85,375 | 91,712 | | | | | | |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 85,921 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 18. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - SG Hrast 13 m/min

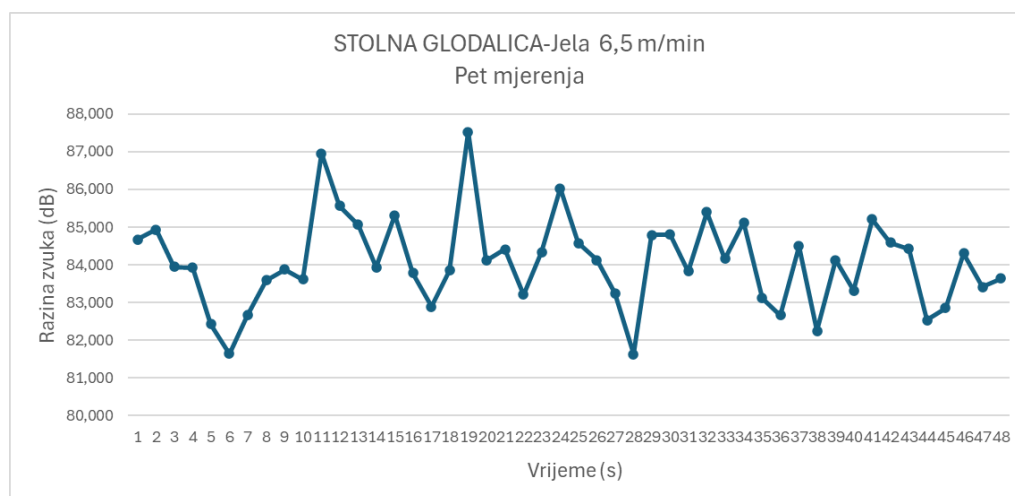
Graf na slici 18. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 31 s mjerenja. Iz grafičkog prikaza vidimo dosta veliku oscilaciju razine zvuka čak i u svakom ciklusu mjerenja. Takvi rezultati posljedica su vjerojatno prijelaza između dva uzorka i povećanja posmične brzine. Naime, zbog veće posmične brzine za provedbu mjerenja razine zvuka trebalo je obrađivati jedan iza drugoga dva do tri uzorka te nije bilo moguće osigurati kontinuiranu obradu.

U tablici 4. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od jelovine uz posmičnu brzinu 6,5 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 84,225 dB(A).

Tablica 4. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 84,670 | 96,102 | 86,957 | 98,225 | 87,528 | 95,405 | 84,790 | 96,336 | 84,120 | 95,017 |
| 84,938 | 95,938 | 85,562 | 98,313 | 84,114 | 93,646 | 84,805 | 95,786 | 83,313 | 94,643 |
| 83,947 | 94,736 | 85,064 | 96,843 | 84,416 | 96,755 | 83,831 | 95,241 | 85,205 | 97,614 |
| 83,929 | 94,720 | 83,931 | 94,508 | 83,208 | 94,275 | 85,393 | 95,006 | 84,584 | 95,179 |
| 82,430 | 93,332 | 85,313 | 96,168 | 84,340 | 94,880 | 84,159 | 94,963 | 84,427 | 96,284 |
| 81,643 | 91,224 | 83,780 | 93,061 | 86,029 | 96,466 | 85,127 | 97,620 | 82,538 | 96,067 |
| 82,666 | 93,569 | 82,891 | 94,216 | 84,578 | 97,081 | 83,110 | 96,841 | 82,857 | 94,835 |
| 83,594 | 93,861 | 83,850 | 93,039 | 84,120 | 97,201 | 82,670 | 94,063 | 84,307 | 95,446 |
| 83,880 | 93,982 | | | 83,249 | 93,815 | 84,488 | 95,398 | 83,414 | 94,151 |
| 83,612 | 96,385 | | | 81,633 | 93,440 | 82,252 | 93,340 | 83,642 | 95,374 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 84,255 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 19. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Jela 6.5 m/min

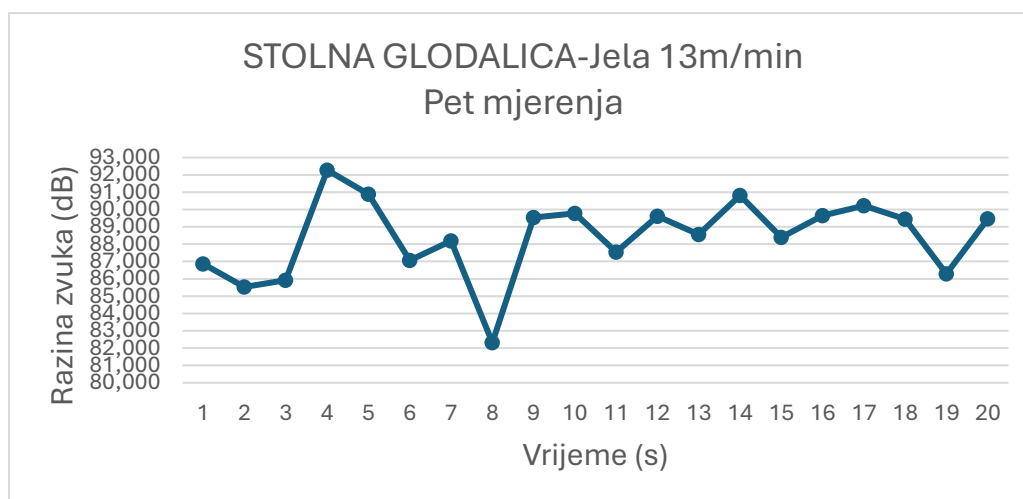
Graf na slici 19. prikazuje izmjerenu razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 48 s mjerenja. Iz grafičkog prikaza vidimo da razina zvuka oscilira tijekom svih ciklusa mjerenja, te ciklusi mjerenja nisu jasno razlučivi. Zabilježeni su česti skokovi razine zvuka što je vjerojatno posljedica zahvata materijala oštricom glodala.

U tablici 5. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od jelovine uz posmičnu brzinu 13 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 88,923 dB(A).

Tablica 5. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 86,858 | 99,367 | 90,891 | 109,576 | 89,548 | 100,156 | 88,563 | 98,178 | 90,231 | 81,801 |
| 85,528 | 98,547 | 87,064 | 101,981 | 89,775 | 99,784 | 90,811 | 106,557 | 89,457 | 99,342 |
| 85,926 | 105,826 | 88,200 | 97,181 | 87,549 | 105,604 | 88,401 | 98,259 | 86,282 | 99,314 |
| 92,276 | 107,621 | 82,317 | 92,214 | 89,611 | 105,933 | 89,655 | 109,363 | 89,459 | 101,861 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 88,923 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 20. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Jela 13 m/min

Graf na slici 20. prikazuje izmjerenu razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 20 s mjerenja. Iz grafičkog prikaza vidimo veću oscilaciju razine zvuka kod prva dva ciklusa mjerenja nego kod zadnja tri. Uzrok toga je prerano uključanje ili prekasno isključenje zvukomjera. Svako mjerenje je trajalo 4 s zbog velike posmične brzine obratka.

5.2. Rezultati mjerenja buke na kružnoj pili

U tablici 6. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka u dB(A) pri praznom hodu kružne pile. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja izračunata prema formuli (1) iznosi 85,671 dB(A).

Tablica 6. Izmjerene razine buke u praznom hodu kružne pile u dB(A)

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 85,770 | 95,228 | 85,390 | 93,763 | 85,688 | 94,683 | 85,618 | 94,250 | 85,590 | 95,617 |
| 85,465 | 93,391 | 85,408 | 94,626 | 85,544 | 93,997 | 85,730 | 94,522 | 85,411 | 96,303 |
| 86,117 | 95,469 | 85,404 | 95,243 | 85,623 | 93,339 | 85,847 | 94,433 | 85,621 | 95,273 |
| 85,910 | 93,775 | 85,620 | 95,055 | 85,601 | 96,660 | 86,081 | 96,251 | 85,569 | 94,720 |
| 85,611 | 94,726 | 85,237 | 93,713 | 85,685 | 93,525 | 85,896 | 93,908 | 85,547 | 93,878 |
| 85,467 | 98,572 | 85,383 | 96,138 | 85,556 | 93,150 | 85,837 | 96,053 | 85,520 | 93,500 |
| 85,835 | 94,825 | 85,758 | 96,012 | 85,612 | 94,941 | 86,205 | 94,685 | 85,621 | 94,688 |
| 85,753 | 95,197 | 85,494 | 93,736 | 85,625 | 95,745 | 85,745 | 95,396 | 85,267 | 94,833 |
| 85,690 | 93,755 | 85,585 | 94,585 | 85,491 | 93,661 | 86,365 | 95,992 | 85,703 | 94,377 |
| 85,603 | 93,875 | 85,734 | 95,804 | 85,697 | 94,002 | 86,118 | 94,875 | 85,607 | 97,273 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 85,671 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 21. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Prazan hod

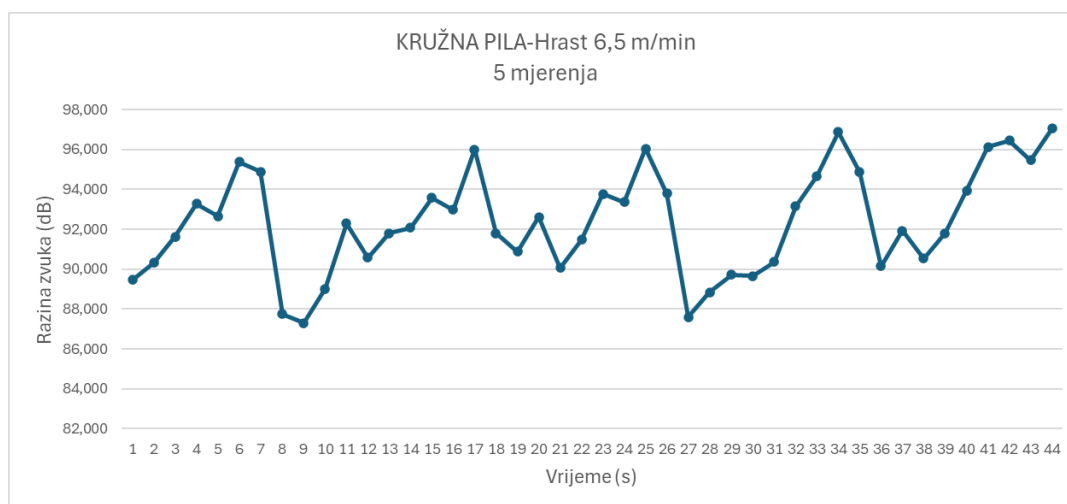
Graf na slici 21. prikazuje izmjerenu razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 50 s mjerenja. Iz grafičkog prikaza vidimo dosta kontinuiranu razinu zvuka uz minimalna odstupanja. Raspon u kojem se nalazi razina zvuka je od 85,237 dB(A) do 86,365 dB(A).

U tablici 7. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od hrastovine uz posmičnu brzinu 6,5 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 93,157 dB(A).

Tablica 7, Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min -

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 89,470 | 98,106 | 89,018 | 98,229 | 90,879 | 97,079 | 88,832 | 96,072 | 91,924 | 98,699 |
| 90,330 | 98,379 | 92,296 | 100,464 | 92,621 | 100,287 | 89,726 | 97,514 | 90,538 | 99,799 |
| 91,625 | 96,032 | 90,582 | 99,685 | 90,058 | 98,887 | 89,660 | 98,357 | 91,810 | 101,214 |
| 93,283 | 102,320 | 91,802 | 99,840 | 91,488 | 99,836 | 90,373 | 99,817 | 93,941 | 102,097 |
| 92,654 | 102,042 | 92,070 | 101,965 | 93,766 | 102,140 | 93,158 | 101,650 | 96,123 | 106,360 |
| 95,386 | 103,503 | 93,571 | 101,775 | 93,369 | 102,331 | 94,674 | 103,591 | 96,464 | 104,388 |
| 94,893 | 104,443 | 92,975 | 103,248 | 96,047 | 102,722 | 96,889 | 103,536 | 95,478 | 103,093 |
| 87,757 | 96,367 | 95,994 | 103,937 | 93,794 | 103,260 | 94,862 | 104,138 | 97,047 | 105,095 |
| 87,291 | 96,557 | 91,807 | 97,227 | 87,601 | 95,581 | 90,158 | 97,136 | | |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 93,157 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 22. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Hrast 6,5 m/min

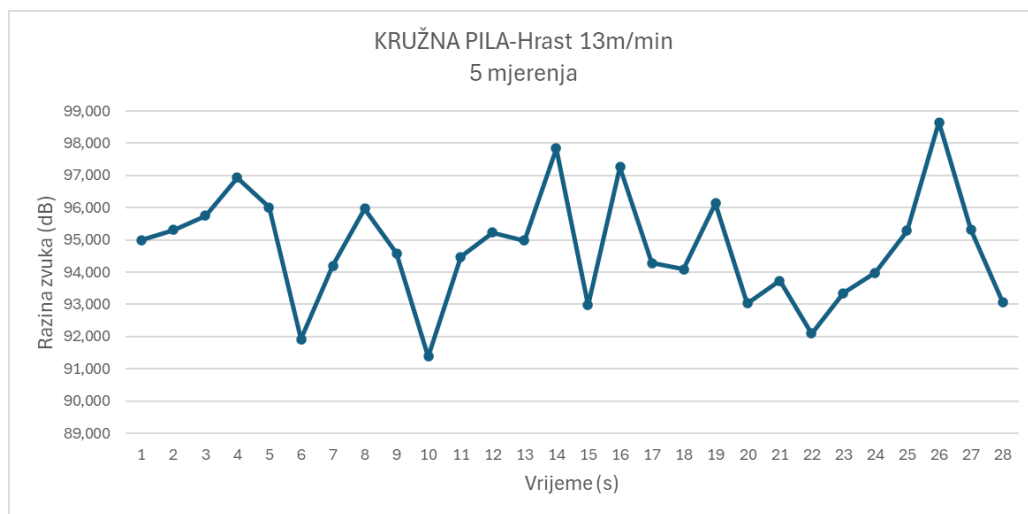
Graf na slici 22. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 44 s. Iz grafičkog prikaza vidimo kako se razina zvuka postupno povećava, te zatim naglo snižava sa završetkom mjerenja.

U tablici 8. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od hrastovine uz posmičnu brzinu 13 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 95,069 dB(A).

Tablica 8. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|---------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 94,993 | 100,859 | 94,198 | 106,0926 | 95,231 | 103,573 | 94,287 | 104,228 | 93,353 | 100,343 |
| 95,311 | 104,361 | 95,968 | 104,577 | 94,984 | 104,118 | 94,092 | 101,291 | 93,983 | 100,741 |
| 95,748 | 102,152 | 94,585 | 102,9954 | 97,839 | 110,461 | 96,137 | 103,181 | 95,290 | 103,162 |
| 96,930 | 105,632 | 91,391 | 100,7838 | 92,981 | 100,693 | 93,034 | 100,193 | 98,646 | 105,749 |
| 96,019 | 105,169 | 94,475 | 100,9363 | 97,267 | 105,374 | 93,728 | 103,031 | 95,325 | 106,762 |
| 91,921 | 100,370 | | | | | 92,103 | 98,458 | 93,074 | 101,518 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 95,069 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 23. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Hrast 13 m/min

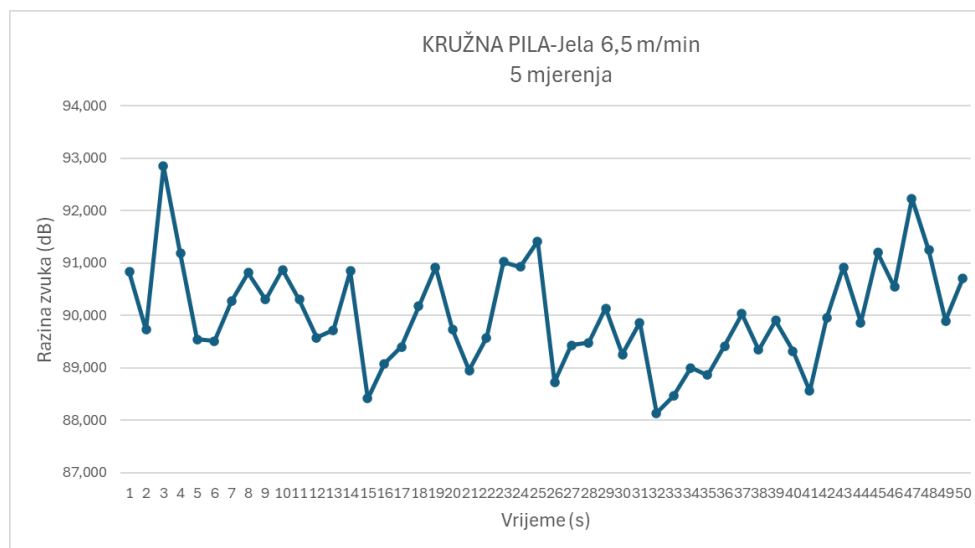
Graf na slici 23. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 28 s. Iz grafičkog prikaza vidimo dosta veliku oscilaciju razine zvuka čak i u svakom ciklusu mjerenja. Takvi rezultati posljedica su vjerojatno prijelaza između dva uzorka i veće posmične brzine.

U tablici 9. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od jelovine uz posmičnu brzinu 6,5 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 90,121 dB(A).

Tablica 9. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|---------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 90,834 | 97,924 | 90,305 | 101,8502 | 88,949 | 96,88064 | 89,864 | 97,27784 | 88,559 | 98,16817 |
| 89,725 | 96,665 | 89,579 | 97,49049 | 89,577 | 99,061 | 88,134 | 98,13545 | 89,949 | 99,08353 |
| 92,847 | 103,678 | 89,717 | 99,3273 | 91,024 | 99,45023 | 88,465 | 97,40571 | 90,914 | 101,4946 |
| 91,182 | 101,359 | 90,847 | 100,4016 | 90,925 | 99,81284 | 89,003 | 97,1948 | 89,861 | 97,51063 |
| 89,546 | 97,936 | 88,413 | 98,79047 | 91,414 | 102,2374 | 88,867 | 98,75868 | 91,202 | 99,33124 |
| 89,509 | 100,015 | 89,081 | 99,41415 | 88,728 | 98,65444 | 89,416 | 99,62401 | 90,540 | 100,2736 |
| 90,267 | 98,144 | 89,399 | 100,8356 | 89,432 | 99,0942 | 90,028 | 98,21741 | 92,227 | 100,0649 |
| 90,815 | 101,694 | 90,174 | 99,22338 | 89,483 | 99,0068 | 89,339 | 100,5479 | 91,247 | 99,36399 |
| 90,302 | 100,262 | 90,917 | 100,7168 | 90,131 | 101,3577 | 89,901 | 97,62746 | 89,896 | 98,28402 |
| 90,872 | 98,103 | 89,736 | 99,70072 | 89,254 | 98,0794 | 89,317 | 97,92255 | 90,709 | 99,82265 |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 90,121 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 24. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Jela 6,5 m/min

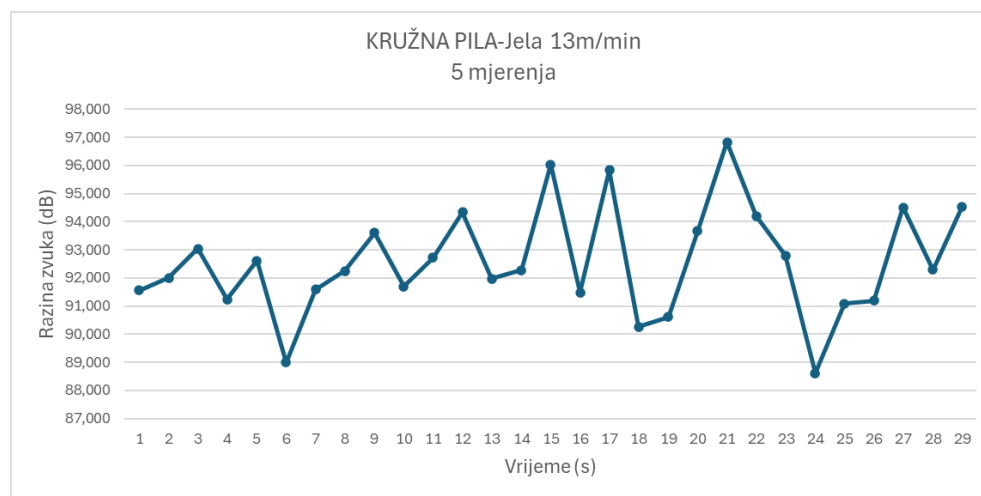
Graf na slici 24. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 50 s Iz grafičkog prikaza vidimo male skokove i padove razine zvuka, nešto veće na početku ili na kraju mjerenja.

U tablici 10. prikazani su rezultati mjerenja razine zvuka izražene u dB(A) pri obradi uzoraka od jelovine uz posmičnu brzinu 13 m/min. Srednja vrijednost svih rezultata mjerenja iznosi 92,974 dB(A).

Tablica 10. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min

| 1. MJERENJE | | 2. MJERENJE | | 3. MJERENJE | | 4. MJERENJE | | 5. MJERENJE | |
|-------------|---------|-------------|---------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|----------|
| LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk | LA | LCpk |
| 91,563 | 97,925 | 91,591 | 98,674 | 91,969 | 99,59016 | 90,619 | 100,009 | 91,079 | 100,3915 |
| 92,001 | 99,446 | 92,243 | 100,838 | 92,278 | 102,0428 | 93,667 | 102,459 | 91,189 | 98,93794 |
| 93,038 | 102,918 | 93,603 | 102,244 | 96,023 | 102,9101 | 96,825 | 106,041 | 94,498 | 100,4533 |
| 91,234 | 102,209 | 91,695 | 100,561 | 91,481 | 98,9107 | 94,206 | 104,782 | 92,294 | 100,739 |
| 92,615 | 100,716 | 92,724 | 102,581 | 95,825 | 106,8054 | 92,789 | 101,358 | 94,533 | 103,9277 |
| 88,987 | 97,975 | 94,335 | 104,979 | 90,258 | 100,6748 | 88,611 | 96,969 | | |

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Srednja vrijednost svih mjerenja | 92,974 dB(A) |
|----------------------------------|--------------|



Slika 25. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Jela 13 m/min

Graf na slici 25. prikazuje razinu zvuka pojedinog mjerenja za svaku sekundu tijekom 29 s. Iz grafičkog prikaza vidimo nagla povećanja i smanjenja razine zvuka, pogotovo kod 3. i 4. mjerenja. Uzrok tomu su dva uzorka koja su se pilila jedan za drugim, te je zahvat uzorka pilom rezultirao višom razinom buke, a sama obrada nižom razinom buke. U 1. i 4. mjerenju zadnje vrijednosti su niže zbog prekasnog završetka mjerenja, te je tako snimljena razina buke u praznom hodu stroja.

5.3. Analiza i usporedba rezultata mjerenja razine buke

U tablici 11. dana je deskriptivna statistika rezultata razine zvuka na stolnoj glodalici a u tablici 12. na kružnoj pili.

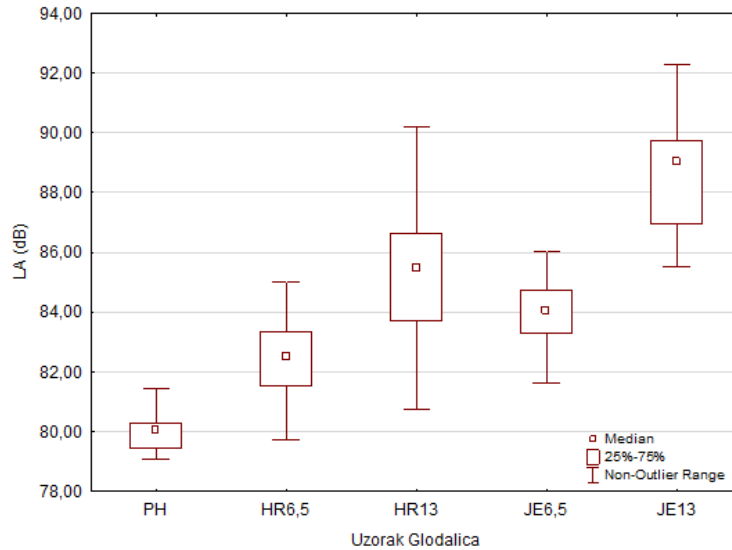
Tablica 11. Deskriptivna statistika rezultata mjerenja buke na stolnoj glodalici Rojek

| Effect | Descriptive Statistics (Glodalica in Workbook1_(Recovered).stw) | | | | | | | |
|---------------|---|-----------------|-----|--------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Level of Factor | Level of Factor | N | La (dB) Mean | La (dB) Std.Dev. | La (dB) Std.Err | La (dB) -95,00% | La (dB) +95,00% |
| Total | | | 147 | 84,49 | 2,51 | 0,21 | 84,09 | 84,90 |
| Vp | 6,5 | | 96 | 83,37 | 1,59 | 0,16 | 83,05 | 83,69 |
| Vp | 13 | | 51 | 86,61 | 2,55 | 0,36 | 85,89 | 87,33 |
| Vrsta drva | HR | | 79 | 83,77 | 2,24 | 0,25 | 83,27 | 84,27 |
| Vrsta drva | JE | | 68 | 85,34 | 2,55 | 0,31 | 84,72 | 85,96 |
| Vp*Vrsta drva | 6,5 | HR | 48 | 82,68 | 1,65 | 0,24 | 82,20 | 83,16 |
| Vp*Vrsta drva | 6,5 | JE | 48 | 84,06 | 1,20 | 0,17 | 83,71 | 84,40 |
| Vp*Vrsta drva | 13 | HR | 31 | 85,45 | 1,99 | 0,36 | 84,72 | 86,18 |
| Vp*Vrsta drva | 13 | JE | 20 | 88,42 | 2,29 | 0,51 | 87,34 | 89,49 |

Tablica 12: Deskriptivna statistika rezultata mjerenja buke na kružnoj pili Bratstvo SC10

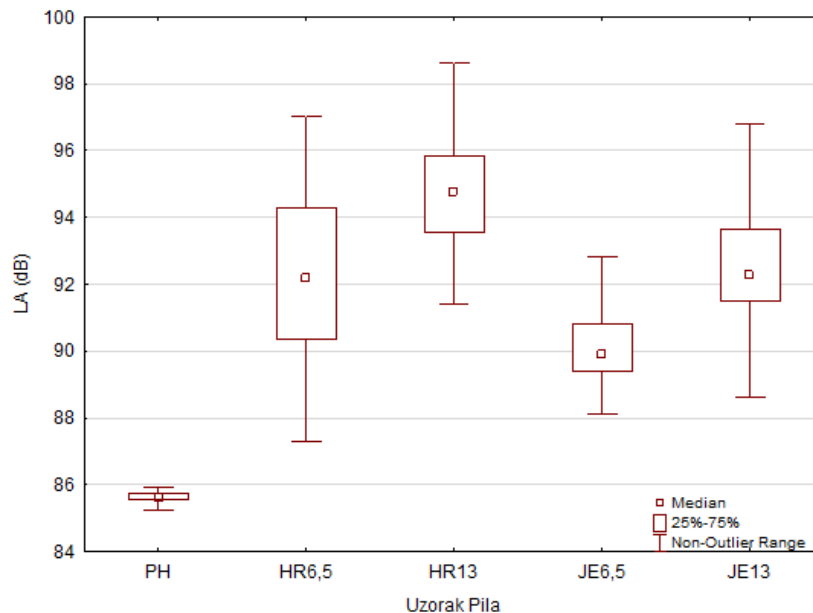
| Effect | Descriptive Statistics (Pila in Workbook1_(Recovered).stw) | | | | | | | |
|---------------|--|-----------------|-----|--------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Level of Factor | Level of Factor | N | La (dB) Mean | La (dB) Std.Dev. | La (dB) Std.Err | La (dB) -95,00% | La (dB) +95,00% |
| Total | | | 151 | 92,06 | 2,52 | 0,20 | 91,65 | 92,46 |
| Vp | 6,5 | | 94 | 91,11 | 2,25 | 0,23 | 90,65 | 91,57 |
| Vp | 13 | | 57 | 93,62 | 2,14 | 0,28 | 93,05 | 94,19 |
| Vrsta drva | HR | | 72 | 93,29 | 2,58 | 0,30 | 92,68 | 93,89 |
| Vrsta drva | JE | | 79 | 90,93 | 1,86 | 0,21 | 90,52 | 91,35 |
| Vp*Vrsta drva | 6,5 | HR | 44 | 92,36 | 2,61 | 0,39 | 91,57 | 93,15 |
| Vp*Vrsta drva | 6,5 | JE | 50 | 90,00 | 0,98 | 0,14 | 89,72 | 90,28 |
| Vp*Vrsta drva | 13 | HR | 28 | 94,74 | 1,75 | 0,33 | 94,06 | 95,42 |
| Vp*Vrsta drva | 13 | JE | 29 | 92,54 | 1,94 | 0,36 | 91,80 | 93,28 |

Na slikama 26. i 27. nalazi se Box&Whiskers dijagram rezultata mjerenja buke na stolnoj glodalici i kružnoj pili.



Slika 26. Box&Whiskers dijagram za rezultate mjerenja buke na stolnoj glodalici

Iz dijagram na slici 26. može se uočiti da je rasipanje podataka izmjerene razine zvuka pri obradi uzoraka od hrastovine i jelovine pri posmičnoj brzini 13 m/min veće negoli pri posmičnoj brzini 6,5 m/min. Rasipanje podataka je veće pri obradi materijala nego kod praznog hoda stroja, što je i očekivano s obzirom na nehomogenost drva i zahvat drva oštricom alata.



Slika 27. Box&Whiskers dijagram za rezultate mjerenja buke na kružnoj pili

Dijagram na slici 27. nam prikazuje relativno velika rasipanja podataka i za hrastove i za jelove uzorke pri obje posmične brzine. Rasipanje podataka u praznom hodu stroja je značajno manje nego pri obradi drva.

Svi rezultati su obrađeni u programskom paketu TIBCO STATISTICA 14 primjenom faktorske ANOVA analize. Za analizu je korišten interval pouzdanosti od 95 %, s razinom značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$).

U tablicama 13. i 14. prikazani su rezultati provedene faktorske ANOVA analize za rezultate razine buke izmjerene na stolnoj glodalici i kružnoj pili i proveden je post-hoc Tukey HSD test te su rezultati prikazani u tablicama 15. i 16.

Tablica 13. Faktorska ANOVA analiza za rezultate razine buke izmjerene na stolnoj glodalici

| Univariate Tests of Significance for La (dB) (Glodalica in Workbook1_(Recovered).stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | | |
|--|----------|------------------|----------|----------|-------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 936136,0 | 1 | 936136,0 | 322791,7 | 0,000 |
| Vp | 410,0 | 1 | 410,0 | 141,4 | 0,000 |
| Vrsta drva | 151,9 | 1 | 151,9 | 52,4 | 0,000 |
| Vp*Vrsta drva | 20,4 | 1 | 20,4 | 7,0 | 0,009 |
| Error | 414,7 | 143 | 2,9 | | |

Tablica 14. Faktorska ANOVA analiza za rezultate razine buke izmjerene na kružnoj pili

| Univariate Tests of Significance for La (dB) (Pila in Workbook1_(Recovered).stw) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition | | | | | |
|---|---------|------------------|---------|----------|-------|
| Effect | SS | Degr. of Freedom | MS | F | p |
| Intercept | 1209985 | 1 | 1209985 | 336743,5 | 0,000 |
| Vp | 214 | 1 | 214 | 59,6 | 0,000 |
| Vrsta drva | 184 | 1 | 184 | 51,3 | 0,000 |
| Vp*Vrsta drva | 0 | 1 | 0 | 0,1 | 0,809 |
| Error | 528 | 147 | 4 | | |

Faktorskom ANOVA analizom rezultata razine buke izmjerene na stolnoj glodalici (tablica 13.) utvrdili smo statistički značajnu razliku za sve promatrane razine utjecajnih parametara. Međusobne interakcije između grupa možemo pogledati u rezultatima provedenog post-hoc Tukey HSD testa (tablica 15.).

Za rezultate razine buke izmjerene na kružnoj pili, faktorskom ANOVA analizom (tablica 14.) nije utvrđena statistički značajna razlika utjecaja kombinacije parametara vrste drva i posmične brzine. Ako se analiziraju rezultati post-hoc testa (tablica 16.) vidimo da se rezultati svih skupina značajno razlikuju osim za uzorke hrastovine piljene pri posmičnoj brzini 6,5 m/min i uzorke jelovine pri posmičnoj brzini 13 m/min. Međutim, te dvije skupine nisu predmet usporedbe jer se radi i o različitim vrstama drva i različitim posmičnim brzinama.

Ideja iza post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) testa je usredotočiti se na najveću vrijednost razlike između dviju grupnih srednjih vrijednosti.

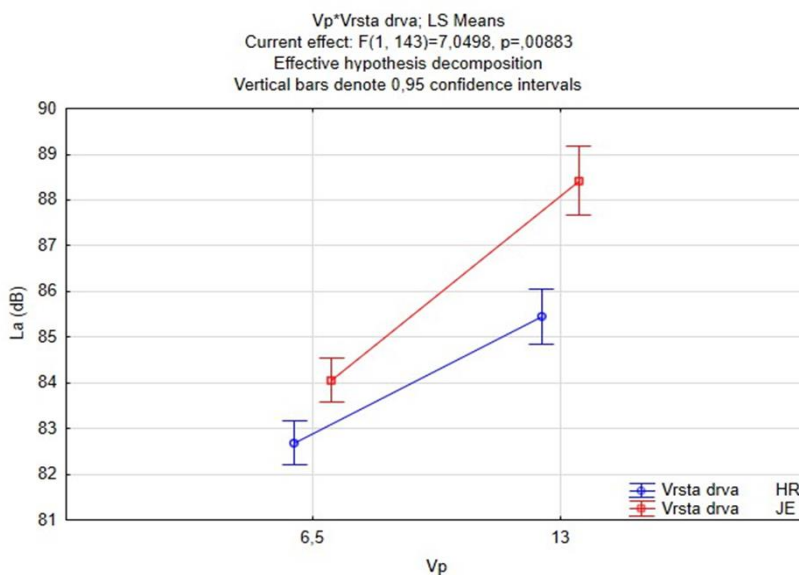
Tablica 15. Rezultati post-hoc Tukey HSD testa za razine buke izmjerene na stolnoj glodalici

| Tukey HSD test; variable La (dB) (Glodalica in Workbook1_(Recovered).stw) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,9001, df = 143,00 | | | | | | |
|--|-----|------------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Vp | Vrsta drva | {1} | {2} | {3} | {4} |
| | | | 82,682 | 84,056 | 85,450 | 88,415 |
| 1 | 6,5 | HR | | 0,000473 | 0,000008 | 0,000008 |
| 2 | 6,5 | JE | 0,000473 | | 0,002164 | 0,000008 |
| 3 | 13 | HR | 0,000008 | 0,002164 | | 0,000008 |
| 4 | 13 | JE | 0,000008 | 0,000008 | 0,000008 | |

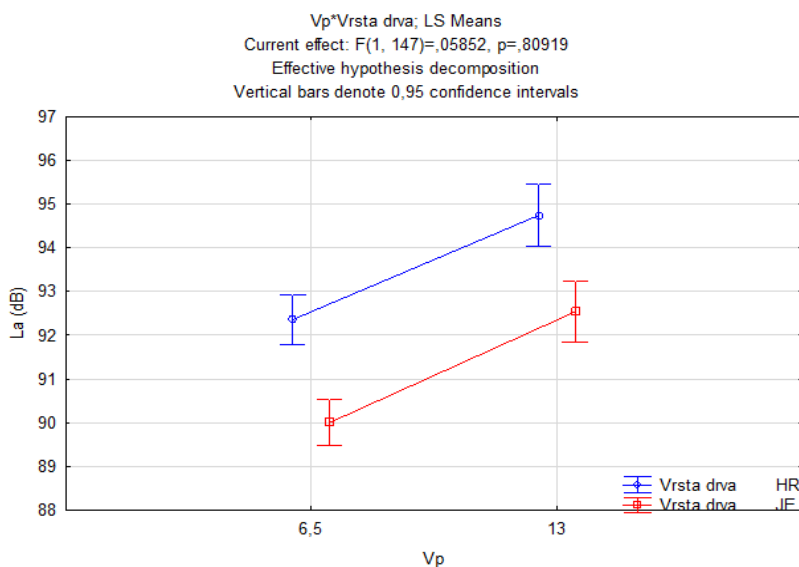
Tablica 16. Rezultati post-hoc Tukey HSD testa za razine buke izmjerene na kružnoj pili

| Tukey HSD test; variable La (dB) (Pila in Workbook1_(Recovered).stw) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 3,5932, df = 147,00 | | | | | | |
|---|-----|------------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Vp | Vrsta drva | {1} | {2} | {3} | {4} |
| | | | 92,360 | 90,003 | 94,742 | 92,539 |
| 1 | 6,5 | HR | | 0,000008 | 0,000009 | 0,979429 |
| 2 | 6,5 | JE | 0,000008 | | 0,000008 | 0,000008 |
| 3 | 13 | HR | 0,000009 | 0,000008 | | 0,000074 |
| 4 | 13 | JE | 0,979429 | 0,000008 | 0,000074 | |

Na slikama 28. i 29. prikazan je utjecaj vrste drva i posmične brzine na buku pri obradi na stolnoj glodalici i kružnoj pili. Pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici zabilježena je veća razina buke u odnosu na obradu uzoraka od hrastovine. Također, pri povećanju posmične brzine od 6,5 m/min na 13 m/min veći porast razine buke zabilježen je pri obradi uzoraka jelovine nego pri obradi uzoraka hrastovine. Ovaj je rezultat iznenađujući s obzirom na to da je poznato da za obradu drva veće gustoće treba u pravilu veća prosječna snaga te da se u pravilu pri obradama koje zahtjevaju veću snagu emitira i veća razina buke. Pri piljenju uzoraka jelovine na kružnoj pili zabilježena je manja razine buke nego pri piljenju uzoraka hrastovine pri obje posmične brzine.

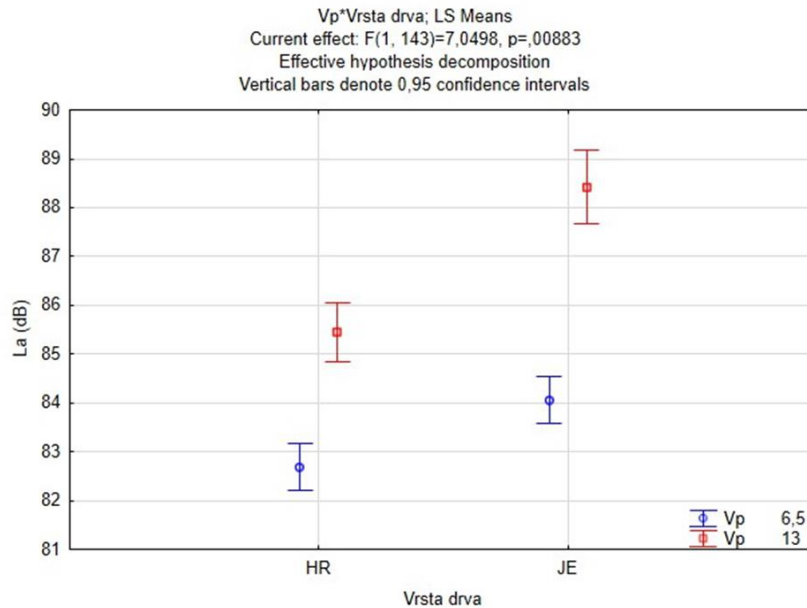


Slika 28. Prikaz utjecaja vrste drva i posmične brzine na razinu zvuka pri obradi na stolnoj glodalici (vertikalni stupci označavaju interval pouzdanosti od 95 %)

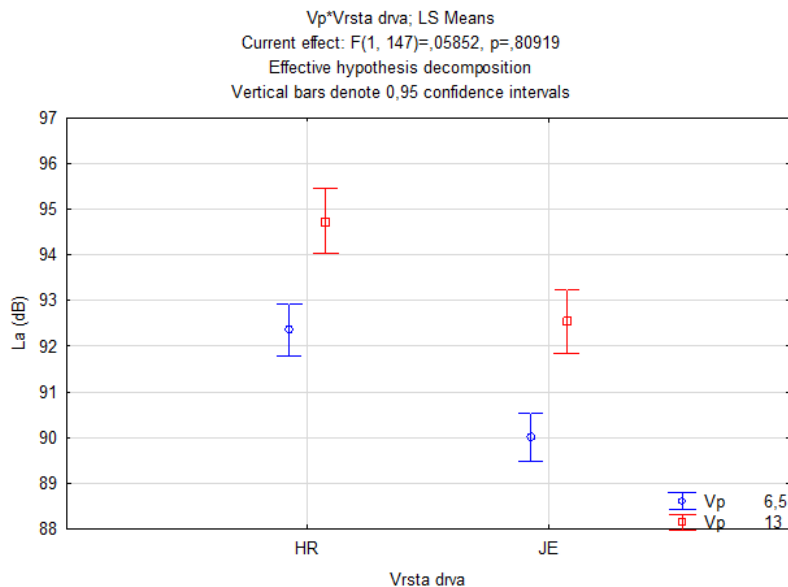


Slika 29. Prikaz utjecaja vrste drva i posmične brzine na razinu zvuka pri obradi na kružnoj pili (vertikalni stupci označavaju interval pouzdanosti od 95 %)

Na slikama 30. i 31. prikazan je utjecaj posmične brzine i vrste drva na razinu zvuka pri obradi uzoraka na stolnoj glodalici i kružnoj pili. Pri obradi uzoraka s većom posmičnom brzinom 13 m/min raste i razina zvuka. Pogotovo na stolnoj glodalici pri obradi uzoraka od jelovine zabilježeno je povećanje razine buke s povećanjem posmične brzine. Utjecaj povećanja posmične brzine na razinu buke pri piljenju uzoraka kružnom pilom podjednak je za uzorke hrastovine i uzorke jelovine.



Slika 30. Prikaz utjecaja posmične brzine i vrste drva na razinu zvuka pri obradi na stolnoj glodalici



Slika 31. Prikaz utjecaja posmične brzine i vrste drva na razinu zvuka pri obradi na kružnoj pili

Na temelju dobivenih rezultata vidljivo je da razina buke pri obradi hrastovine i jelovine na stolnoj glodalici i kružnoj pili premašuje granične vrijednosti buke u osmosatnom radnom vremenu. Prazan hod stolne glodalice iznosi 80,106 dB(A) što je na granici s donjom upozoravajućom granicom izloženosti radnika za vrijeme osmosatnog rada koja iznosi 80 dB(A). Prazan hod kružne pile iznosi nešto više 85,671 dB(A), što je malo iznad gornje upozoravajuće granice izloženosti radnika za vrijeme rada od 8 sati koja iznosi 85 dB(A). Buka pri obradi stolnom glodalicom i kružnom pilom s posmičnim brzinama 6.5 m/min i 13 m/min iznosi preko gornjih upozoravajućih granica. Najviša izmjerena razina buke je pri obradi hrastovine kružnom pilom koja je iznosila 95,069 dB(A), što je za 15 dB(A) više od donje upozoravajuće granice.

Ovi podaci ukazuju nam na potencijalne opasnosti od dugotrajne izloženosti radnika tokom osmosatnog rukovanja strojevima. Stoga je od iznimne važnosti provoditi preventivne mjere za zaštitu zdravlja od prekomjerne izloženosti buci a to su: češće mjerenje intenziteta buke, primjena suvremene tehnologije u svim infrastrukturnim sektorima, izrada akcijskih planova i strategija, te provođenje raznih zakonskih mjera. Isto tako potrebno je provoditi i određene tehničke mjere zaštite na radu kao što su: obavezno korištenje zaštitne opreme poput slušalica (antifoni), ušnih uložaka, čepova i vata, izmjena rukovatelja strojeva radi smanjenja dugotrajne izloženosti radnika buci, udaljavanjem radnika od izvora buke, te zvučne izolacija stroja.

6. ZAKLJUČAK

Drvoprerađivačka industrija suočava se s brojim opasnostima od izloženosti radnika na radnom mjestu, stoga je od iznimne važnosti da svaki pojedinac odgovorno i svjesno pristupi ovom problemu. Jedan od tih problema upravo je i opasnost od buke i njenog štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje. Izloženost buci, osobito tijekom dugotrajne mehaničke obrade drva, može uzrokovati niz kratkotrajnih i dugotrajnih zdravstvenih problema, uključujući oštećenje sluha, povećan stres, nesanicu i smanjenje koncentracije. Zbog toga tehničke i preventivne mjere zaštite, poput nošenja zaštitne opreme, implementacije zvučne izolacije, udaljavanje radnika od strojeva postaju nužne za očuvanje zdravlja radnika. Od iznimne je važnosti provoditi mjerenja i analize buke te ostati unutar graničnih vrijednosti, čime se ne samo poboljšava sigurnost i dobrobit radnika, već se i unapređuje opća produktivnost i učinkovitost drvne industrije.

U ovom diplomskom radu mjerena je razina buke pri obradi hrastovine i jelovine na stolnoj glodalici i kružnoj pili s dvije posmične brzine 6 m/min i 13 m/min. Pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici zabilježena je veća razina buke u odnosu na obradu uzoraka od hrastovine. Najveća razine buke pri obradi jelovine na stolnoj glodalici izmjerena posmičnom brzinom od 13 m/min iznosi 88,923 dB(A), dok najveća razine buke pri obradi hrastovine na stolnoj glodalici izmjerena istom posmičnom brzinom iznosi 85,921 dB(A). Suprotno tome pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili zabilježena je veća razina buke u odnosu na obradu uzoraka od jelovine. Najveća razina buke pri obradi hrastovine na kružnoj pili izmjerena pri posmičnoj brzini 13 m/min iznosi 95,069 dB(A), dok najveća razina buke pri obradi jelovine istom posmičnom brzinom iznosi 92,974 dB(A). Buka u praznom hodu strojeva nije zanemariva s obzirom da je na granici s donjom i gornjom upozoravajućom granicom. Buka pri obradi hrastovine i jelovine na stolnoj glodalici i kružnoj pili znatno prelazi propisane granične vrijednosti osmosatnog izlaganja buci.

Na temelju izmjerene razine buke na stolnoj glodalici i kružnoj pili preporučeno je rješenje u vidu preventivnih i tehničkih mjera zaštite. Preventivne mjere zaštite uključuju redovito mjerenje razine buke na strojevima, unaprijeđivanje tehnoloških procesa i samih strojeva, udaljavanje radnika od strojeva kao i gašenje strojeva tijekom pauza. Konkretno u ovom primjeru neophodna su i sredstva za zaštitu sluha u vidu ušnih čepića ili zaštitne slušalice (antifoni) koje mogu smanjiti intenzitet buke za 5-30 dB(A), što bi smanjilo razinu buke ispod propisanih graničnih vrijednosti.

7. LITERATURA

- [1] Anon., 2012. *Zaštita na radu*. [Mrežno]
Available at: <https://zastitanaradu.com.hr/osobna-zastitna-sredstva/>
[Pokušaj pristupa 10. 8. 2024].
- [2] Anon., 2016. *wikipedija*. [Mrežno]
Available at: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Buka>
[Pokušaj pristupa 10. 8. 2024].
- [3] Anon., n.d. *Preventa*. [Mrežno]
Available at: <https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu>
[Pokušaj pristupa 15. 3. 2024.].
- [4] Beljo Lučić, R. & Goglia, V., 2000. Some possibilities for reducing circular saw idling noise. *J Wood Sci*, Svezak 47:389-393.
- [5] Beljo-Lučić, R. & Goglia, V., 1998. Prilog istraživanju bočne stabilnosti lista krušne pile II. *Drvna industrija*, 07. 26., pp. 49 (3) 151-163.
- [6] Beljo, R. & Goglia, V., 1995.. Istraživanje razine buke u okolini dvovretenih stolnih glodalica. *Drvna industrija Journal*, 06. 04., pp. 46 (2) 69-74.
- [7] Đukić, I. & Goglia, V., 2007. Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara. *Drvna industrija*, 12 03, pp. 58 (1) 19-22.
- [8] Kreševljak, I., 2023. *Zaštita radnika pri uporabi srojeva u drvnoj industriji*. Završni rad. Veleučilište u Karlovcu, stručni studij sigurnosti i zaštite.
- [9] Krilek, J. i dr., 2016. THE INFLUENCE OF CHOSEN FACTORS OF A CIRCULAR. *wood research*, 01., pp. 61(3):475-486.
- [10] Miholjević, L., 2016. *Utjecaj buke na ljudsko zdravlje i metode zaštite od buke*. Završni rad. Veleučilište u Karlovcu, Stručni studij sigurnosti i zaštite.
- [11] PRAVILNIK O ZAŠTITI RADNIKA OD IZLOŽENOSTI BUCI NA RADU. 2008. (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18 i 14/21).
- [12] Trbojević, N., 2011. *Osnove zaštite od buke i vibracija*. Veleučilište u Karlovcu

8. POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Ilustracija vrijednosti razine buke (dB) raznih izvora u svakodnevnom životu | 3 |
| Slika 2. Zaštitna oprema https://preventa.hr/zastita-na-radu-upit/buka-na-radu | 6 |
| Slika 3. Uzorci od drva hrasta (Quercus robur) Slika 4. Uzorci od drva jele (Abies Alba)..... | 8 |
| Slika 5. Uzorci drva hrasta i jele u sušioniku | 10 |
| Slika 6. Izmjera dimenzija uzoraka pomičnim mjerilom..... | 10 |
| Slika 7. Mjerenje mase uzorka tehničkom vagom..... | 10 |
| Slika 8. Stolna glodalica Rojek Slika 9. Glava glodala | 11 |
| Slika 10. Parametri obrade..... | 11 |
| Slika 11. Kružna pila Bratstvo SC-10..... | 12 |
| Slika 12. Mjerač razine zvuka Kimo DB200..... | 13 |
| Slika 13. Mjerenje razine buke u praznom hoda stolne glodalice | 14 |
| Slika 14. Kalibrator zvuka Bruel&Kjaer tip 4231 | 15 |
| Slika 15. Primjer podataka u softveru LDB200 | 17 |
| Slika 16. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Prazan hod | 18 |
| Slika 17. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Hrast 6,5 m/min..... | 19 |
| Slika 18. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - SG Hrast 13 m/min..... | 20 |
| Slika 19. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Jela 6.5 m/min..... | 21 |
| Slika 20. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja – SG Jela 13 m/min..... | 22 |
| Slika 21. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Prazan hod | 23 |
| Slika 22. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Hrast 6,5 m/min..... | 24 |
| Slika 23. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Hrast 13 m/min..... | 25 |
| Slika 24. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Jela 6,5 m/min..... | 26 |
| Slika 25. Grafički prikaz izmjerenih razina zvuka tijekom pet ciklusa mjerenja - KP Jela 13 m/min..... | 27 |
| Slika 26. Box&Whiskers dijagram za rezultate mjerenja buke na stolnoj glodalici | 29 |
| Slika 27. Box&Whiskers dijagram za rezultate mjerenja buke na kružnoj pili..... | 29 |
| Slika 28. Prikaz utjecaja vrste drva i posmične brzine na razinu zvuka pri obradi na stolnoj glodalici (vertikalni stupci označavaju interval pouzdanosti od 95 %) | 32 |
| Slika 29. Prikaz utjecaja vrste drva i posmične brzine na razinu zvuka pri obradi na kružnoj pili (vertikalni stupci označavaju interval pouzdanosti od 95 %)..... | 32 |
| Slika 30. Prikaz utjecaja posmične brzine i vrste drva na razinu zvuka pri obradi na stolnoj glodalici..... | 33 |
| Slika 31. Prikaz utjecaja posmične brzine i vrste drva na razinu zvuka pri obradi na kružnoj pili..... | 33 |

9. POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Izmjerene razine buke u praznom hodu stolne glodalice u dB(A) | 18 |
| Tablica 2. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min..... | 19 |
| Tablica 3. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min..... | 20 |
| Tablica 4. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min..... | 21 |
| Tablica 5. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na stolnoj glodalici uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min..... | 22 |
| Tablica 6. Izmjerene razine buke u praznom hodu kružne pile u dB(A) | 23 |
| Tablica 7. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min - | 24 |
| Tablica 8. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min..... | 25 |
| Tablica 9. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od jelovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 6,5 m/min..... | 26 |
| Tablica 10. Izmjerene razine buke pri obradi uzoraka od hrastovine na kružnoj pili uz posmičnu brzinu obratka 13 m/min..... | 27 |
| Tablica 11. Deskriptivna statistika rezultata mjerenja buke na stolnoj glodalici Rojek | 28 |
| Tablica 12: Deskriptivna statistika rezultata mjerenja buke na kružnoj pili Bratstvo SC10..... | 28 |
| Tablica 13. Faktorska ANOVA analiza za rezultate razine buke izmjerene na stolnoj glodalici ... | 30 |
| Tablica 14. Faktorska ANOVA analiza za rezultate razine buke izmjerene na kružnoj pili | 30 |
| Tablica 15. Rezultati post-hoc Tukey HSD testa za razine buke izmjerene na stolnoj glodalici | 31 |
| Tablica 16. Rezultati post-hoc Tukey HSD testa za razine buke izmjerene na kružnoj pili | 31 |