

Razina buke u odabranim industrijskim postrojenjima na području Istarske županije i mjere zaštite na radu

Dean Ivančić^a, Igor Kegalj^b

^a Mag. ing. mech., Istarsko veleučilište – Università Istriana di scienze applicate, Preradovićeva 9D, 52100 Pula, Hrvatska, divancic@iv.hr

^b Doc. dr. sc., dipl. ing., Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Tehnički fakultet u Puli, Zagrebačka 30, 52100 Pula, Hrvatska, igor.kegalj@unipu.hr

Sažetak

U ovom radu provedeno je istraživanje mjerenja buke u proizvodnim procesima u industrijskim pogonima kojim se analizira njezin utjecaj na zdravlje i radnu sposobnost radnika. Istraživanje se temelji na mjerenjima u trima različitim industrijskim postrojenjima: Tvornici stakla Pula, Tvornici duhana Rovinj i poduzeću TUBUS. Upotrijebljen je digitalni zvukomjer tvrtke Svantek (SVAN 959), a rezultati su uspoređeni s važećim zakonskim normama i pravilnicima. Na temelju dobivenih podataka analizirani su uzroci prekomjerne razine buke te su predložene tehničke, organizacijske i administrativne mjere zaštite, uključujući uporabu osobnih zaštitnih sredstava. Rad naglašava važnost periodičnih mjerenja buke i primjene suvremenih mjera zaštite kako bi se osigurao sigurniji radni okoliš.

Ključne riječi: buka, mjerenje buke, mjere zaštite od buke, zaštita na radu

1. Uvod

Problematika buke u industrijskim postrojenjima predstavlja značajan izazov s aspekta zdravlja radnika i sigurnosti na radu. Buka, definirana kao neželjeni zvuk visokog intenziteta, može uzrokovati ne samo gubitak sluha nego i druge zdravstvene komplikacije, uključujući kardiovaskularne i neurovegetativne poremećaje (Ingemansson, 1995; Klančnik, 2013). S obzirom na sve veću industrijalizaciju i tehnološki razvoj, pravilno mjerenje i kontrola razine buke postaju ključni elementi u zaštiti radnika.

Cilj ovog rada jest izmjeriti i analizirati razinu buke u odabranim industrijskim postrojenjima, usporediti ih s propisanim normama te predložiti konkretne mjere zaštite radnika. Rad se oslanja na empirijska mjerenja provedena u trima postrojenjima, a rezultati se interpretiraju prema relevantnoj literaturi i zakonskim odredbama.

2. Problem buke

2.1. Pojam zvuka i buke

Zvuk se definira kao mehaničko titranje čestica u mediju koje se širi u obliku longitudinalnih valova,

a njegova frekvencija kreće se u rasponu od 16 Hz do 20 kHz (Radanović, 1999). Buka se, s druge strane, smatra neželjenim zvukom koji ometa normalan rad i odmor, a dugotrajna izloženost visokim razinama buke može dovesti do trajnih oštećenja sluha (Ingemansson, 1995). Prag čujnosti predstavlja minimalnu razinu zvučnog tlaka koju ljudsko uho može percipirati, a područje najveće osjetljivosti kreće se između 3000 Hz i 4000 Hz (Bošnjaković, 1981). Dugotrajna izloženost buci ne samo da može uzrokovati gubitak sluha, već i pogoršati funkcije drugih organa, uzrokujući poremećaje u cirkulaciji, povišen krvni tlak, pa čak i kardiovaskularne probleme (Kirin i Lauš, 2011; Klančnik, 2013).

2.2. Zakonski okviri i mjere zaštite

Prema važećim zakonima i pravilnicima (Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14; Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08), poslodavci su obvezni osigurati radne uvjete u kojima razina buke ne prelazi propisane granice. Mjere zaštite

uključuju tehničke intervencije poput modernizacije opreme, kolektivne mjere zaštite (ugradnja fizičkih barijera) te organizacijske i administrativne pristupe koji uključuju raspoređivanje radnog vremena i uporabu osobnih zaštitnih sredstava (Varžić, 2010).

Granične vrijednosti koje propisuje pravilnik, a odnose se na izloženost buci tijekom jednog radnog dana koji traje osam sati su sljedeće:

- Granična vrijednost izloženosti $L(EX, 8h) = 87 \text{ dB(A)}$
- Gornja upozoravajuća granica izloženosti $L(EX, 8h) = 85 \text{ dB(A)}$
- Donja upozoravajuća granica izloženosti $L(EX, 8h) = 80 \text{ dB(A)}$

Postoji nekoliko kontrolnih mjera, prikazanih na slici 1, koje je moguće primijeniti kako bi se osigurala sigurnost radnika. Zaštita i sigurnost radnika traži kombiniranu primjenu tehničkih, tehnoloških, organizacijskih i medicinskih mjera.

Slika 1. Kontrolne mjere za sigurnost radnika

KOJE KONTROLNE MJERE PRIMIJENITI?



Izvor: interne prezentacije Tvornice stakla Pula

2.3. Osobna zaštitna oprema

Ušni štitnici su oprema koju radnik nosi preko ušiju, a pričvršćuju se na kacigu ili držačem na zatiljku. Upotreba ušnih štitnika se preporučuje na poslovima do kojih dolazi do kratkotrajne izloženosti

djelovanja prekomjerne buke i na poslovima na kojima dolazi do impulsne, povremene buke. Ušni čepovi izrađuju se od specijalne zaštitne vate ili poliuretanske pjene i silikona. Oni se stavljaju u ušni kanal ili ušnu šupljinu i koriste se na poslovima

kod kojih postoji trajna izloženost prekomjernoj buci (Varžić, 2010.).

3. Materijal i metode

Istraživanje je provedeno u tri industrijska postrojenja s različitim proizvodnim procesima. Za mjerenje razine buke korišten je digitalni zvukomjer tvrtke Svantek, model SVAN 959 (Slika 2), kalibriran prema normama HRN ISO 1996 i HRN EN ISO 9612:2010 (Jacobsen, Poulsen, Rindel, Gade i Ohlrich, 2009; Trbojević, 2011). Mjerenja su vršena na mjestima gdje radnici provode najviše vremena, a visina položaja uređaja za vrijeme mjerenja bila je usklađena s visinom uha radnika za vrijeme rada. Mjerenje se ponovilo dva puta te se uzela srednja vrijednost dobivenih rezultata. Dobiveni podaci su zabilježeni i uspoređeni s maksimalno dopuštenim vrijednostima propisanim za pojedine radne procese.

Analiza je obuhvatila:

- Identifikaciju područja s prekoračenjem zakonskih granica.
- Komparativnu analizu razina buke među postrojenjima.
- Procjenu učinkovitosti primijenjenih mjera zaštite.

Ekvivalentna razina buke, L_{Aeq} , je srednja energijska vrijednost koja se može izmjeriti. To je razina stalne buke koja bi tijekom određenog vremena jednako djelovala na čovjeka kao promatrana promjenjiva buka.

Zvukomjer je instrument za mjerenje razine zvučnog tlaka. Konstruiran je tako da prima zvuk na približan način kao i ljudsko uho i daje povratne informacije mjerenja zvučnog tlaka. Mikrofon pretvara zvuk u električni signal koji se širi i prolazi kroz različite filtere. Nakon toga signal se ujedinjuje i usrednjuje pomoću detektora, a rezultat se pretvara u decibele koji je vidljiv na zaslonu (Jacobsen i sur. 2009). Frekvencijsko vrednovanje zvučnog tlaka je postupak kojim se izmjerena vrijednost zvučnog tlaka približava subjektivnom osjetu i djelovanju zvuka i buke na osobu i njime se dobivaju vrednovane razine zvučnog tlaka (Trbojević, 2011.). Prije korištenja, zvukomjer se

kalibrira pomoću akustičnog kalibratora koji dolazi u paketu sa zvukomjerom.

Slika 2. Zvukomjer Svantek SVAN 959



Izvor: autorska fotografija

4. Rezultati

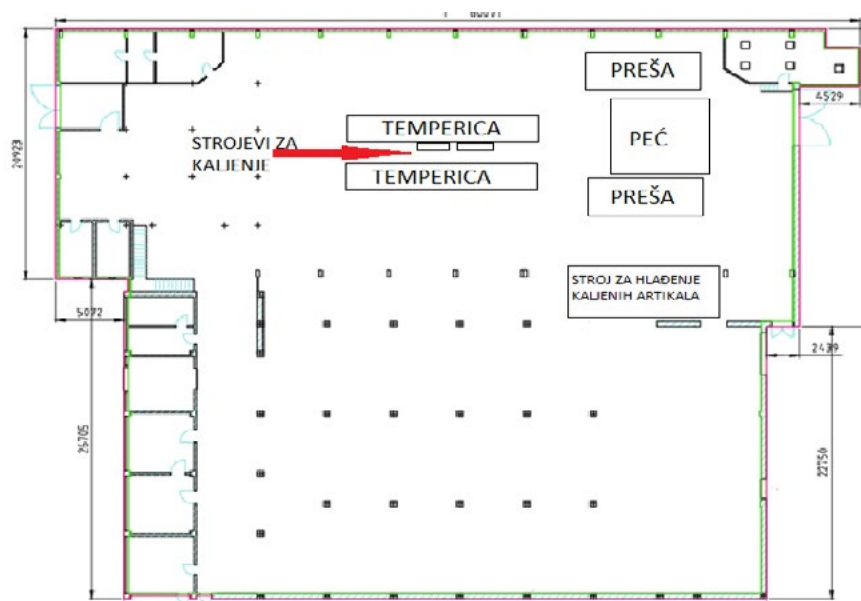
4.1. Tvornica stakla Pula

Tvornica stakla Pula je poslovna organizacija za proizvodnju i preradbu stakla sa sjedištem u Puli. Sljedbenik je Poduzeća za izradu laboratorijskog stakla – Pula, osnovanoga 1949 (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2021.). U tvornici stakla Pula mjerenje buke provedeno je u staklani. U njoj se nalaze dvije temperice, dvije preše, dva stroja za kaljenje te peći za staklo (Slika 3.). Peć je uvijek u pogonu, dok se ostali strojevi pale ovisno o procesu rada, odnosno o artiklima koji su na programu za izradu. U tempericama se užareni stakleni produkti postupno hlade radi uklanjanja napetosti. Koriste se za sve proizvode osim kaljenih proizvoda jer se oni moraju naglo "šokirati". Kaljenju prethodi

priprema stroja za grijanje, montaža odgovarajućih plamenika i kalupa za prihvati, postavljanje artikla na prihvat na stroju za grijanje te pokretanje stroja pritiskom na dugme. Artikel se grije u zadanom vremenskom periodu, zatim se skida sa prihvata i zaustavlja rad plamenika te se postavlja

u dio za hlađenje, na stroj za hlađenje kaljenih artikala. Uključuje se ventilator i hladi artikl u zadanom vremenskom periodu. Nakon završetka hlađenja, artikl se skida sa stroja i zaustavlja se rad ventilatora. Slijedi pregled kvalitete proizvoda i spremanje artikla na paletu ili prijenosna kolica.

Slika 3. Tlocrt staklane Pula



Izvor: autorska skica pogona staklane Pula

Slika 4. Prigušnice



Izvor: autorska fotografija

Mjerenja u Tvornici stakla Pula pokazala su da su u glavnom radnom prostoru, posebno u staklani, razine buke znatno veće od dopuštenih granica. Najviši intenzitet mjerio se kod uređaja za kaljenje, gdje su dizne za hlađenje stvarale zaglušujuću buku. Uvođenjem prigušnica prikazanih na slici 4 zabilježen je pad razine buke, no ukupni prosjek i dalje je ostao iznad propisanih normi. Kako je najviša dopuštena razina buke $L_{Aeq} = 80$ dB(A) premašena, rizik za oštećenje sluha je velik i moraju se poduzeti koraci kako bi se radnici zaštitili. Poslodavac je dužan osigurati da radnici za vrijeme rada obavezno koriste zaštitne čepiće za zaštitu

sluha u skladu s Pravilnikom o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08.

4.2. Tvornica duhana Rovinj (TDR)

Tvornica duhana Rovinj (TDR) je poslovna organizacija za proizvodnju duhana i duhanskih proizvoda sa sjedištem u Rovinju, osnovano 1872. godine. Od 2003. TDR je bio u sastavu Adris grupe, a od 2015. je u vlasništvu korporacije British American Tobacco. Godine 2007. proizvodni pogoni premješteni su u Kanfanar (Hrvatska tehnička enciklopedija, 2022.). U tablici 1 prikazana su mjerenja buke u proizvodnom pogonu tvornice.

Tablica 1. Mjerenja buke u proizvodnom pogonu tvornice TDR-a

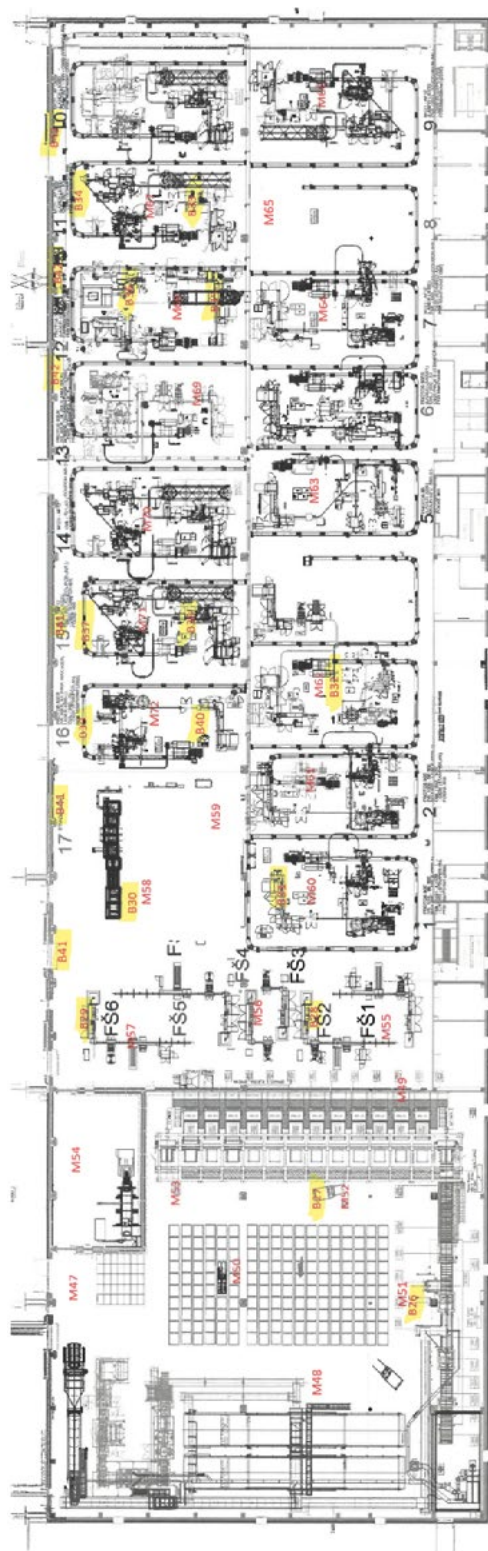
R.BR.	MJERNO MJESTO	NAJVIŠA DOPUŠTENNA RAZINA BUKE		ZADOVOLJAVJA
		IZMJERENA BUKA L_{Aeq} / dB(A)	L_{Aeq} / dB(A)	
B26	Mjerno mjesto 1	71,30	80	DA
B27	Mjerno mjesto 2	60,60	80	DA
B28	Linija za izradu filter štapića	83,33	80	NE
B29	Linija za izradu filter štapića	83,80	80	NE
B30	Magomat	82,40	80	NE
B31	Mjerno mjesto 3	83,58	80	NE
B32	Mjerno mjesto 4	83,58	80	NE
B33	Pakiranje	84,88	80	NE
B34	Izrada	82,62	80	NE
B35	Izrada	83,96	80	NE
B36	Pakiranje	80,66	80	NE
B37	Izrada	82,70	80	NE
B38	Pakiranje	80,56	80	NE
B39	Pakiranje	80,51	80	NE
B40	Izrada	84,28	80	NE
B41	Prolaz uz strojeve lijevo	77,60	80	DA
B42	Prolaz uz strojeve desno	79,80	80	DA

Istraživanje u TDR-u je otkrilo da, unatoč modernoj opremi, na određenim mjernim mjestima razina buke prelazi zakonom propisane vrijednosti. Primjerice, u proizvodnim halama, mjerenja su pokazala da je na nekoliko lokacija potrebno koristiti osobnu zaštitnu opremu, osobito u blizini

ventilacijskih sustava koji utječu na ukupnu buku. Na mjernim mjestima od B28 do B40 izmjerena buka viša je od najveće dopuštene buke s obzirom na vrstu djelatnosti koja se obavlja. S obzirom da na tim lokacijama razina buke prelazi donju upozoravajuću granicu izloženosti koja iznosi 80

dB(A) poslodavac je dužan staviti radnicima na raspolaganje osobnu opremu za zaštitu sluha u vidu ušnih čepova ili antifona, a radnicima se preporučuje korištenje osobne zaštitne opreme. Na slici 5. prikazana su mjerna mjesta u proizvodnom pogonu.

Slika 5. Mjerna mjesta u proizvodnom pogonu TDR-a

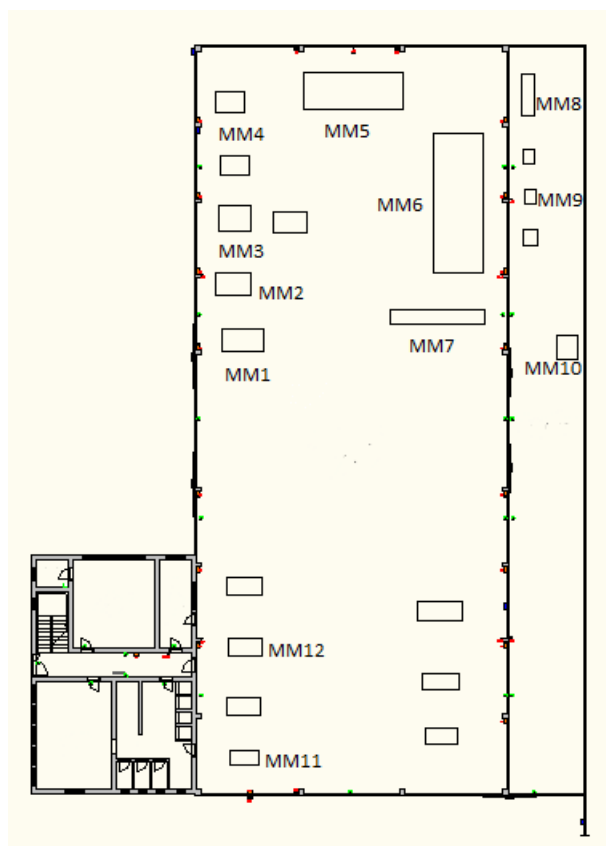


Izvor: interni dokumenti TDR-a

4.3. Tvrtka TUBUS d.o.o. - Galižana

Proizvodni pogon tvrtke TUBUS d.o.o. - Galižana, smješten je u jednoj proizvodnoj hali u Zoni male privrede u Galižani. Tamo se vrši obrada i montaža predmeta u manjim i većim serijama, odnosno pojedinačni komadi, te je takvoj djelatnosti prilagođen i pogon u kojem se na ulaznim strojevima vrši trasiranje, tokarenje, glodanje, varenje, rezanje, skošavanje i savijanje. Na slici 6. prikazan je tlocrt proizvodnog pogona sa razmještajem strojeva i mjernim mjestima za mjerenje razine buke.

Slika 6. Tlocrt proizvodnog pogona tvrtke TUBUS d.o.o. - Galižana s označenim mjernim mjestima za mjerenje razine buke



Izvor: autorska skica tvrtke TUBUS d.o.o.-Galižana

U postrojenju tvrtke TUBUS d.o.o., karakteriziranom obradom i montažom metalnih elemenata, najveći su izazivači buke strojevi za rezanje i varenje. Mjerenja su pokazala značajno prekoračenje dopuštenih granica na mjestima gdje se vrši ručna obrada, čime se naglašava potreba za dodatnim kolektivnim mjerama zaštite poput postavljanja apsorbera zvuka (Uredništvo, 2021).

Na mjernim mjestima MM1, MM5 i MM7 izmjerena ekvivalentna razina buke je ispod najviše dopuštene razine buke prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08. Na mjernim mjestima MM2, MM3, MM4 i MM6 izmjerena razina buke, prema istom pravilniku, je iznad dopuštene razine i radnicima se savjetuje korištenje osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha. Na pozicijama MM8 i MM10 razina izmjerene buke prelazi najvišu dopuštenu razinu, dok je na poziciji MM9 izmjerena razina buke ispod najviše

dozvoljene prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08. Radnicima se savjetuje korištenje osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha. Na posljednjim izmjerenim pozicijama, MM10 i MM11, gdje se obavljaju poslovi ručne obrade, izmjerena razina buke je prelazila najvišu dopuštenu razinu prema Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu, NN 46/08, te se stoga radnicima savjetuje korištenje osobne zaštitne opreme za zaštitu sluha od buke. U tablici 2 prikazani su izmjereni podaci za sve pozicije.

Tablica 2. Izmjerene razine buke u proizvodnom pogonu tvrtke TUBUS d.o.o.-Galižana

R.BR.	MJERNO MJESTO	IZMJERENA BUKA	NAJVIŠA DOPUŠTENA	ZADOVOLJAVJA
		L_{Aeq} / dB(A)	L_{Aeq} / dB(A)	
MM1	Valjci za savijanje limova	79,2	80	DA
MM2	Probijač lima	83,5	80	NE
MM3	Tračna pila	84,3	80	NE
MM4	Tračna pila	84,8	80	NE
MM5	Hidraulična preša	77,7	80	DA
MM6	Rezanje lima plazmom	99,1	80	NE
MM7	Hidraulične škare za rezanje lima	73,8	80	DA
MM8	Tokarski stroj	82,9	80	NE
MM9	Radijalna bušilica	78,5	80	DA
MM10	Tračna pila	83,1	80	NE
MM11	Ručna obrada (brušenje)	96,0	80	NE
MM12	Ručna obrada (rezanje)	103,2	80	NE

5. Diskusija

Analiza rezultata ukazuje na značajne razlike među postrojenjima, što je posljedica različitih tehnoloških procesa i stupnja modernizacije. U tvornici stakla Pula, starija oprema i nedostatak kolektivnih mjera rezultirali su visokim razinama buke, dok moderni pristupi u TDR-u omogućuju bolju kontrolu buke, premda su određene lokacije u pogonu i dalje problematične. Kod tvrtke TUBUS d.o.o.-Galižana, intenzivna ručna obrada dodatno povećava rizik od oštećenja sluha, čime se ističe nužnost implementacije svih dostupnih mjera zaštite. Važno je napomenuti da mjerenja

buke treba redovito provoditi, a rezultati trebaju biti transparentno komunicirani s radnicima kako bi se osigurala njihova sigurnost. Osim tehničkih rješenja, organizacijske i administrativne mjere igraju ključnu ulogu u minimiziranju štetnih utjecaja buke na zdravlje radnika (Kiran i Lauš, 2011). Osim provedbe zakonom propisanih izvida i mjerenja, kao i uvođenja zakonom propisanih mjera zaštite radnika od buke što rade u svim navedenim proizvodnim pogonima, tvrtke ulažu sredstva i u pogonsku opremu, kako bi se smanjila buka na izvoru.

6. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja može se zaključiti da sve tri analizirane industrijske jedinice pokazuju područja u kojima razina buke značajno prelazi zakonski propisane granice. Dok TDR, zahvaljujući modernoj opremi, pokazuje bolju usklađenost s propisima, tvornica stakla Pula i tvrtka TUBUS d.o.o.-Galižana zahtijevaju dodatne mjere zaštite.

Preporučuje se:

- Ulaganje u modernizaciju opreme i primjenu tehničkih mjera za smanjenje izvora buke.
- Implementacija kolektivnih mjera zaštite, poput postavljanja zvučnih barijera.
- Osiguranje redovite uporabe osobnih zaštitnih sredstava.
- Kontinuirano praćenje i evaluaciju razine buke u svim kritičnim radnim zonama.

Ove mjere doprinose stvaranju sigurnijeg radnog okruženja, smanjenju rizika od oštećenja sluha i poboljšanju cjelokupne radne učinkovitosti.

Citirani izvori

- Bošnjaković, R. (1981). *Redukcija buke*. Ljubljana: TOZD GOSPODARSKI VESTNIK.
- Ingemansson, S. (1995). *Zaštita od buke - Načela i primjena*. Zagreb: ZIRS.
- Jacobsen, F., Poulsen, T., Rindel, J. H., Gade, A. C., & Ohlrich, M. (2009). *Fundamentals of Acoustics and Noise Control*. Copenhagen: Technical University of Denmark.
- Kiran, S. i Lauš, K. (2011). Istraživanje razine buke u tehnološkom procesu šivanja. *Sigurnost*, 53(3), 243–250.
- Klančnik, M. (2013). Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost. *Časopis Nastavnog zavoda za javno zdravstvo*, 7(2).
- Radanović, B. (1999). *Fizikalne štetnosti – Buka* (2. izdanje). Zagreb: IPROZ.
- Trbojević, N. (2011). *Osnove zaštite od buke i vibracija*. Kalovac: Veleučilište u Karlovcu.
- Hrvatska tehnička enciklopedija (2021). Pojam "Duran d. d. (tvornica stakla u Puli)." Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Preuzeto s <https://tehnika.lzmk.hr/duran-d-d/> (pristupljeno 11. siječanj 2023).
- Interni dokumenti tvornice duhana Rovinj (TDR)
- Interne prezentacije tvornice stakla Pula
- Hrvatska tehnička enciklopedija (2022). Pojam "Tvornica duhana Rovinj d. o. o." Leksikografski zavod Miroslav Krleža. Preuzeto s <https://tehnika.lzmk.hr/tvornica-duhana-rovinj-d-d/> (pristupljeno 14. siječanj 2023).
- 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.
- Varžić, D. (2010). Primjena osobne opreme za zaštitu sluha. *Sigurnost*, 52(3), 263–274.
- Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14.

Noise levels in selected industrial facilities in the Istrian County and occupational safety measures

Summary

This study investigates the measurement of noise in industrial production processes and its impact on workers' health and performance. Measurements were carried out in three facilities: a glass factory in Pula, a tobacco factory in Rovinj, and the TUBUS company. A digital sound level meter Svantek (SVAN 959) was used, and the results were compared with legal noise exposure standards. The study highlights the need for technical, organizational, and administrative protective measures, including the use of personal protective equipment, to ensure a safer working environment.

Keywords: noise, noise measurement, noise protection, work safety