

Igor Đukić, Vlado Goglia¹

Buka i vibracije pri radu jarmača i tračnih pila trupčara*

Noise and vibration in using framesaws and bandsaws

Prethodno priopćenje • Preliminary paper

Prispjelo – received: 10. 11. 2006.

Prihvaćeno – accepted: 12. 3. 2007.

UDK: 630*822.326; 630*822.341.6

SAŽETAK • U radu se iznose mjerni rezultati istraživanja utjecaja vibracija koje se s jarmače prenose na tijelo rukovatelja jarmače, te buka pri radu jarmača i tračnih pila trupčara. Mjerenja su obavljena u pogonskim uvjetima, pri piljenju jelovine (*Abies alba Mill.*) i u skladu s važećim normama vezanima za način mjerenja i potrebni instrumentarij za svaku od navedenih mjernih veličina. Mjerenjima vibracija koje se prenose na tijelo rukovatelja jarmače ustanovljeno je da u promatranim uvjetima ne postoji opasnost za zdravlje rukovatelja jarmače ni tijekom 8-satnog izlaganja utvrđenim razinama ubrzanja. Mjerenjima buke ustanovljena je razina buke od 92 dB(A) pri uhu rukovatelja jarmače, što je za 7 dB(A) više od dopuštene razine. U kabini rukovatelja tračne pile trupčare izmjerena je razina buke od 75 dB(A), a na mjestu pomoćnog radnika uz tračnu pilu trupčaru izmjerena je razina buke od 100 dB(A). Općenito, buka je jedan od najvećih ergonomskih problema u pilanskoj preradi drva.

Ključne riječi: jarmača, tračna pila trupčara, buka, vibracije

ABSTRACT • This paper presents the results of measurement of the influence of the whole-body vibration transmitted from the framesaw to the operator and noise emission in using framesaws and bandsaws. Measurements were conducted under factory conditions during sawing of Silver Fir (*Abies alba Mill.*) and in accordance with the applicable measurement standards for the given values. Based on measurement results of the whole-body vibration transmitted to the framesaw operator, it can be concluded that there is no health risk for the operator during an 8-hour working day. Noise level measured at the ear of the framesaw operator was 92 dB(A). That is 7 dB(A) more than allowed. Noise level measured in the cabin of the bandsaw operator was 75 dB(A) and noise level measured at the bandsaw workplace was 100 dB(A). Generally, noise is one of the biggest ergonomic problems in sawmills.

Key words: framesaw, bandsaw, noise, vibration

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Cilj svakoga proizvodnog procesa jest optimalan rad, odnosno najbolji mogući rad u danim uvjetima, uz zadane kriterije koje treba ostvariti i odgovarajuća ograničenja vezana za sam proizvodni proces. Tako je u me-

haničkoj obradi drva potrebno, kao uostalom i u mnogim drugim procesima, promatrati jedinstvo četiriju osnovnih činitelja koji u tome sudjeluju, a to su materijal (drvo), alat kojim se drvo obrađuje, stroj na kojemu se obrađuje i čovjek koji sudjeluje u radu (Goglia, 1994). Za proces piljenja, kao i za većinu mehaničkih obrada u preradi drva, možemo reći da su ciljevi optimizacije pro-

¹Autori su asistent i redoviti profesor na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

¹The authors are assistant and professor at the Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

* Dijelovi ovog rada objavljeni su u znanstvenome magistarskom radu Đukić, I. (2005) Usporedba ergonomskih i energetske značajki jarmača i tračnih pila trupčara.

cesa (Göttlober i Fischer, 2003) maksimizacija količine ispiljene građe i efektivnog vremena rada alata između dva oštrenja, minimizacija potrošnje električne energije i neželjenih emisija prašine, buke i vibracija, uz zadane obratke (trupce), količine, dimenzije, potrebnu kvalitetu, vrstu drva, opremu, strojeve i alate. Utjecaj većine tehničko-tehnoloških parametara koji utječu na iskoristivost procesa mehaničke obrade drva relativno je dobro istražen, a u posljednje je vrijeme sve veća potreba proučavanja i smanjenja štetnih utjecaja emisije buke, prašine i vibracija kao faktora koji utječu na rad samih strojeva, kao i na rad operatera na strojevima, a samim time mogu utjecati i na njihovu produktivnost, zdravlje i dr., odnosno, u konačnici, i na iskoristivost cijeloga obradnog procesa (Göttlober i Hemmila, 2003; Hemmila i dr., 2003). Prema nekim istraživanjima (Magnusson, 1970), radnici u pilanama smatraju buku u pogonima najuznemiravajućim činiteljem u njihovu radu. Osim što utječe na sluh radnika, visoka razina buke u pogonima utječe i na osjećaj socijalne izoliranosti radnika, povećanje stresa te smanjenje učinka radnika. Kao razlozi mjerenja buke mogu se navesti provjera ispunjenja graničnih uvjeta (maksimalnih dopuštenih razina buke) na pojedinome radnome mjestu, određivanje zvučne emisije strojeva i uređaja, kontrola graničnih uvjeta novoisporučeni strojeva i opreme te razrada mjera sprečavanja buke (Ingemansson i Elvhammar, 1995). Uz rad većine strojeva vezana je i pojava vibracija koje nastaju tijekom rada i u praksi ih je teško izbjeći njih. One se obično pojavljuju zbog promjenjivog djelovanja proizvodnih tolerancija, zazora, kontakata među dijelovima strojeva pri kotrljanju i trenju te zbog neuravnoteženih sila u rotirajućim i povratnim dijelovima. Njihov je utjecaj uglavnom bitan za praćenje stanja strojeva (održavanje strojeva prema stanju), zbog njihovoga utjecaja na kvalitetu obrade (pogotovo je važan utjecaj samouzbudnih vibracija alata, zbog čega nastaju značajna odstupanja kvalitete od predviđene; u tračnih pila trupčara i jarmača taj je fenomen poznat kao tzv. *washboarding*). Ako su rukovatelji strojeva u izravnom dodiru s vibrirajućim dijelovima strojeva, izuzetno važan može biti i utjecaj vibracija na rukovatelja. Ako razine vibracija prelaze određene granice, mogu utjecati na komfor, ali i na zdravlje radnika na strojevima.

2. MATERIJAL I METODE

2 MATERIALS AND METHODS

Ispitivanja su obavljena u pogonskim uvjetima pilanskog postrojenja na liniji s tračnim pilama trupčarama proizvođača Primultini tip SHC s kolicima za pomak tipa CEG, te u pilanskom postrojenju na liniji vertikalnih jarmača s njišućim (oscilatornim) jarmom proizvođača Wurster Dietz, tipa GDZGE. U oba ispitivanja piljena je jelovina (*Abies alba* Mill.).

2.1. Mjerenje i analiza buke

2.1 Noise measurement and analysis

Mjerena je buka na radnim mjestima rukovatelja na jarmači, pomoćnog radnika na tračnoj pili trupčari i u

kabini rukovatelja tračne pile trupčare. Mjerenja buke obavljena su zvukomjerom Bruel&Kjaer, tip 2209, s preciznim kondenzatorskim mikrofonom Bruel&Kjaer, tip 4145. Mikrofon i zvukomjer udovoljavaju zahtjevima iz IEC publikacije 651 i IEC publikacije 123 za instrumente tipa 1. Mjerenjem razine buke vrednovane A-tipom filtra za vrednovanje te je dobivena vrijednost u dB(A) (Hassal i Zaveri, 1979). Rezultati mjerenja razine buke uspoređivani su s dopuštenim razinama buke danim u *Pravilniku o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave* – NN 145/2004.

2.2. Mjerenje i analiza vibracija

2.2 Vibration measurement and analysis

Mjerene su vibracije koje se s kolica za pomicanje u jarmače prenose na tijelo rukovatelja. Mjerenja su obavljena u skladu s preporukama norme HRN ISO 2631-1997. Istodobno su mjerena ubrzanja u sve tri osi koordinatnog sustava postavljenoga prema slici 1, i to pomoću troosnog akcelerometra proizvođača Bruel&Kjaer, tip 4321, koji je bio smješten u odgovarajuće kućište na kojemu rukovatelj sjedi. Mjerni se lanac sastojao od troosnog akcelerometra, nabojnih pojačala Bruel&Kjaer, tip 2635, i magnetofona Bruel&Kjaer, tip 7003, na koji je istodobno sniman vremenski zapis ubrzanja u sve tri osi. Za analizu mjernih podataka upotrijebljen je frekventni analizator Bruel&Kjaer, tip 2131, spojen na računalo s odgovarajućim programima za analizu.

Pomoću frekventnog analizatora obavljena je terena analiza, a iz tih su rezultata izračunane vrednovane razine ubrzanja u pojedinim osima (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) prema jednadžbi:

$$a_w = \left[\sum_i (W_i \cdot a_i)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

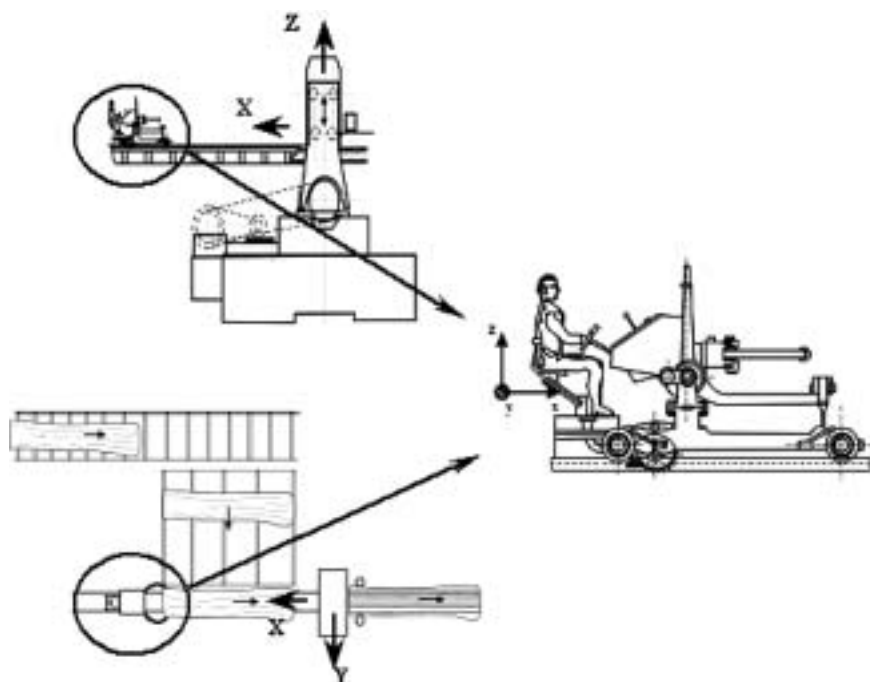
gdje je a_w – vrednovana razina ubrzanja (m/s^2), W_i – faktor vrednovanja pojedinih terci za odgovarajuću os prema ISO 2631-1997, a_i – efektivna vrijednost ubrzanja u pojedinoj terci (m/s^2).

Kako se radni ciklus jarmače sastoji od više karakterističnih perioda različitog intenziteta i trajanja, prema normi je određena ekvivalentna energetska razina ubrzanja ($a_{w,e}$) prema jednadžbi:

$$a_{w,e} = \left[\frac{\sum a_{wi}^2 \cdot T_i}{\sum T_i} \right]^{1/2} \quad (2)$$

gdje je $a_{w,e}$ – ekvivalentna energetska razina ubrzanja (m/s^2), a_{wi} – vrednovana razina ubrzanja u osi s najvećim iznosom ubrzanja za period T_i (m/s^2), T_i – period izloženosti vibracijama (s).

Jedan radni ciklus jarmače podijeljen je na pet karakterističnih perioda, i to na: nabacivanje trupca na poprečni transporter, nabacivanje i manipulaciju trupca s poprečnog transportera na kolica jarmače, ulazak kolica s trupcem u zahvat, piljenje i povrat kolica. Izračunana ekvivalentna razina ubrzanja uspoređena je s granicama dopuštenoga dnevnog izlaganja vibracijama koje se prenose na cijelo tijelo navedenim u HRN ISO 2631 –1:1997(E), Annex B.



Slika 1. Položaj koordinatnog sustava za mjerenje vibracija koje se prenose na tijelo
Figure 1 Coordinate system for whole-body vibration measurement

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Rezultati mjerenja razine buke

3.1 Results of noise measurement

Mjerenjima razine buke kojoj je izložen rukovatelj jarmače pri radu ustanovljena je razina buke $L_{A,eq} = 92$ dB(A), što je za 7 dB(A) više od dopuštenoga. Stoga bi se radnik trebao koristiti sredstvima za zaštitu od buke ili provoditi najviše šest sati u takvoj radnoj okolini kako njegova dnevna izloženost ne bi prelazila dopuštene vrijednosti te da bi se izbjeglo oštećenja sluha. Takva razina buke ujedno utječe i na zamor i na prosudbe radnika, ako znamo da je prema propisima čak i za lakši mentalni rad te za fizički rad koji zahtijeva pozornost i koncentraciju dopuštena ekvivalentna razina buke od 65 dB(A), te utječe i na mogućnost međusobne komunikacije radnika tijekom radnog procesa. Izmjerena razina buke u kabini rukovatelja tračne pile kada su vrata kabine zatvorena iznosila je $L_{A,eq} = 75$ dB(A), a kako je ustanovljeno da oni često rade uz otvorena vrata, izmjerena je razina buke i u tom slučaju. Iznosila je 82 dB(A). Izmjerena razina buke ne prelazi dopuštene vrijednosti, ali s obzirom na to da rukovatelj tračne pile trupčare odlučuje o mnogim parametrima kako bi se dobilo optimalno iskorištenje sirovine, što zahtijeva pozornost i koncentraciju, može se zaključiti da bi bilo dobro smanjiti razinu buke u kabini rukovatelja. Prema važećim propisima najviša dopuštena ekvivalentna razina buke za lakši mentalni rad jest 65 dB(A), pa se stoga može preporučiti dodatna zvučna izolacija kabine radi osiguranja kvalitetnijih uvjeta rada s obzirom na poslove koje radnik na takvome radnom mjestu mora obavljati. Na radnome mjestu pomoćnog radnika uz samu tračnu pilu trupčaru ustanovljena je razina buke $L_{A,eq} = 100$ dB(A). U tim je uvjetima obvezna upotreba

zaštitnih sredstava, i to antifona koji smanjuju razinu buke za 20 – 30 dB kako ne bi nastala trajna oštećenja sluha tih radnika. Tolika razina buke može nepovoljno djelovati i na raspoloženje odnosno na radnu sposobnost radnika, a svaka komunikacija ili alarmiranje u takvim uvjetima znatno je otežano.

3.2. Rezultati mjerenja vibracija

3.2 Results of vibration measurements

Rezultati mjerenja vibracija koje se s kolica jarmače prenose na tijelo rukovatelja prikazani su u tablici 1.

Na temelju vrijednosti iz tablice 1. izračunana je ekvivalentna energetska razina ubrzanja prema (2) i iznosila je $a_{w,e} = 0,39$ m/s². Prema preporukama norme HRN ISO 2631 –1:1997(E), Annex B, utvrđeno je da izmjerena razina ubrzanja ne utječe na zdravlje radnika na kolicima jarmače ni nakon 8-satnog dnevnog izlaganja, ali nakon jednosatnog izlaganja smanjuje se komfor rada, što može utjecati na udobnost radnika, te na njegov radni učinak. Prema nekim istraživanjima (Goglia i Grbac, 2004), pokazalo se da je ekvivalentna razina ubrzanja veća od preporučenih razina za 4-satno izlaganje.

4. ZAKLJUČAK

4 CONCLUSION

Iz iznesenoga se može zaključiti da je buka jedan od većih problema u pilanskoj preradi drva, ali iz obavljenih se mjerenja može vidjeti kako se odgovarajućim zahvatima (udaljavanjem radnika od izvora buke, zvučnom izolacijom stroja i dr.) može znatno utjecati na smanjenje opterećenja radnog mjesta bukom. Mjerenjima vibracija koje se prenose na tijelo rukovatelja jarmače utvrđeno je da u danim uvjetima nema opasno-

Tablica 1. Rezultati mjerenja vibracija koje se prenose na tijelo rukovatelja jarmače i pripadajuća trajanja pojedinih radnih operacija

Table 1 Results of whole-body vibration measurement and corresponding work cycle times

Radna operacija - <i>Work operation</i>	a_{wib} , m/s^2	T_i , s
nabacivanje trupca na poprečni transporter <i>Log manipulation to the cross conveyor</i>	0,822	3
nabacivanje trupca na kolica jarmače <i>Log manipulation to the framesaw carriage</i>	1,006	5
ulazak kolica s trupcem u zahvat <i>Log entering the procedure</i>	0,335	6
piljenje – <i>Cutting</i>	0,276	60
povrat kolica – <i>Return of the framesaw carriage</i>	0,267	9

sti za zdravlje rukovatelja, ali takav se rezultat ne može poopćiti pa nije moguće tvrditi da pri radu na jarmačama ne postoji opasnost za zdravlje radnika na kolicima. U obzir treba uzeti činjenicu da su pri mjerenju vibracija piljene meke vrste drva, s malim brojem pila u zahvatu, te se može pretpostaviti da su i opterećenja, a time i vibracije manje nego pri piljenju tvrdih vrsta drva, s većim brojem pila u zahvatu. Radi dobivanja potpunije slike opterećenosti radnika bukom i vibracijama u pilanskim postrojenjima bilo bi ih nužno detaljnije istražiti u više različitih pilanskih postrojenja i u različitim uvjetima rada.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Ager, B., 1974: A review of the ergonomic problems in sawmills and wood-working industries, Proceedings of IUFRO Joint Meeting, Sweden, 1-9.
2. Goglia, V., 1994: Strojevi i alati za obradu drva, I. dio, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
3. Goglia, V.; Grbac, I., 2004: Whole-body vibration transmitted to the framesaw operator, Applied Ergonomics 36; 43-48.
4. Göttlober, C.; Fischer, R., 2003: Basics in optimization of wood cutting using the example of peripheral milling, Proceedings of the 16th IWMS, Part 2:Poster presentation, Matsue, Japan.
5. Göttlober, C.; Hemmila, P., 2003: Analysis and modeling of human and environmental aspects on the example of peripheral planing, Proceedings of the 16th IWMS, Part 2, Matsue, Japan, 742-754.

6. Hassal, J. R.; Zaveri, K., 1979: Acoustic Noise Measurements, Bruel & Kjaer, Denmark.
7. Hemmila, P.; Gottlober, C.; Welling, I., 2003: Effect of cutting parameters to dust and noise in wood cutting, laboratory and industrial tests, Proceedings of the 16th IWMS, Part 1, Matsue, Japan, 375-384.
8. Ingemansson, S.; Elvhammar, H., 1995: Zaštita od buke – načela i primjena. ZIRS, Zagreb.
9. Magnusson, E., 1970: Risker i jobbet, Tra, Prisma, Lund.
10. *** HRN EN ISO 2631, 1997: Evaluation of human exposure to whole body vibration.
11. *** HRN ISO 1996 –1 –2 –3: Akustika – opis, mjerenje i utvrđivanje buke okoline.
12. *** HRN ISO 9612: Akustika – smjernice za mjerenje i utvrđivanje izloženosti buci u radnoj okolini.
13. *** IEC 651 1979: Sound level meters.
14. *** IEC 123: Recommendations for Sound Level Meters
15. *** NN 145/2004: Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave.

Corresponding address:

MSc IGOR ĐUKIĆ

Department of process techniques
Faculty of Forestry
Svetošimunska 25
HR-10002 Zagreb
Croatia
e-mail: dukic@sumfak.hr