

M. Bačić, M. Šušnjar, Ž. Zečić, S. Koren, M. Kolarić, Z. Pandur*

DNEVNA IZLOŽENOST VIBRACIJAMA U ŠUMARSTVU: RAZLIKA IZMEĐU RUČNE I RUČNO-STROJNE METODE ČIŠĆENJA

UDK 630*3:613.644
PRIMLJENO: 22.11.2019.
PRIHVAĆENO: 17.2.2020.

Ovo djelo je dano na korištenje pod Creative Commons Attribution 4.0 International License



SAŽETAK: Problem izloženosti štetnim vibracijama u šumarstvu javlja se s primjenom prvih motornih pila u sječi i izradi. Iako je rad s motornim pilama bio višestruko brži, produktivniji te fizički manje zahtjevan od ručnog obaranja, motorne pile emitirale su velike količine vibracija i s vremenom je došlo do negativnog utjecaja na zdravlje šumskih radnika. Bolest bijelih prstiju (Raynaudov sindrom) postala je stvaran problem s velikim potencijalom za smanjenje radne sposobnosti radnika. Uz primjenu motornih pila, u šumarstvu se za neke radove i dalje upotrebljavaju ručni alati. Glavna tema ovog rada je usporedba dnevne izloženosti vibracijama u uzgojnim radovima čišćenja pri radu s motornom pilom i kosirom. EU Direktiva 2002/44/EC nedvosmisleno propisuje granične vrijednosti za dnevnu izloženost vibracijama, $A(8)$ koje služe kao mjera protiv pretjeranog izlaganja vibracijama. U ovome radu procijenjene su $A(8)$ vrijednosti za rad s motornom pilom i rad s kosirom u čišćenju. Vremenski udjeli pojedinih radnih zahvata u radu čišćenja dobiveni su korištenjem metoda studije rada i vremena na videosnimkama efektivnog rada. Rezultat vremenske analize rada je da radnik pri radu s motornom pilom 46,7 % vremena provede u radu rezanja, dok se ostatak vremena odnosi na različite načine nošenja upaljene motorne pile. U radu s kosirom radnik prosječno napravi 27 sjekova u minuti. Razine vibracija su snimljene vibrometrom Brüel & Kjaer 4447 i izračunate prema uputama ISO 5349 norme. Dobivene su $A(8)$ vrijednosti od $4,9 \text{ m/s}^2$ na desnoj ruci i $3,4 \text{ m/s}^2$ na lijevoj ruci pri radu s motornom pilom te $13,7 \text{ m/s}^2$ na desnoj ruci pri radu s kosirom. Rezultati upućuju na ozbiljnu zablude pri organiziranju rada i korištenju ljudskih resursa. Uvriježeno mišljenje da je rad s kosirom, na koji se radnici s narušenim zdravljem većinom alociraju, "lakši" od rada s motornom pilom, može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih posljedica za zdravlje radnika. Rezultati ovoga istraživanja indiciraju na smjer kojim se šumarska struka treba voditi pri organiziranju uzgojnih radova čišćenja koji će biti u skladu s važećim propisima zaštite zdravlja radnika.

Ključne riječi: motorna pila, kosir, dnevna izloženost vibracijama, $A(8)$ vrijednosti

UVOD

Čišćenje je šumsko-uzgojni postupak unutar šireg pojma – njega šuma. U tradicionalnom i modernom šumarstvu to je nužan korak pri ko-

jem se negativno selektira i osigurava zdrava i visoko kvalitetna sastojina. Uporabom alata poput motorne pile, kosira, mačete, srpa, iz sastojine se uklanjaju nepoželjna mlada stabla koja se odabiru prema zakonitostima koje propisuje šumarska struka. Budući da se radi o šumsko-uzgojnom postupku koji ne donosi direktan financijski prihod, metode i alati koji se upotrebljavaju u tim radovima su zastarjeli (Bačić et al., 2019.). Uvelike se upotrebljavaju ručni alati koji su se koristili od početaka organiziranog gospodarenja šumama (slika 1); (Bačić, 2017.).

*Marin Bačić, mag. ing. silv., (mbacic1@sumfak.hr), prof. dr. sc. Marijan Šušnjar, (msusnjar@sumfak.hr), prof. dr. sc. Željko Zečić, (zzecic@sumfak.hr), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Snježana Koren, mag. ing. silv., (skorenif@gmail.com), Kelemen, Vinogradska 14, 42203 Jalžabet, Manuela Kolarić, mag. ing. silv., (manuela.kolaric@gmail.com), Koprivnička 65, 48306 Sokolovac, doc. dr. sc. Zdravko Pandur, (zpandur@sumfak.hr), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb.



Slika 1. Rad s kosirom

Figure 1. Work with a billhook

Iznimku čine motorne pile koje su kroz svoju povijest tehnički i ergonomski usavršene. Čišćenje se izvodi većinom u vegetacijskom razdoblju, a uvjeti rada su vrlo teški: visoke temperature i vlažnost, gusta vegetacija, rad u pretklonu, rad s oštrim alatima, insekti itd. (Bačić et al., 2018.). Radovi u šumi oduvijek su se smatrali fizički teškim i opasnim sa sigurnosnog stajališta. Nakon izuma prvih modernih motornih pila fizička zahtjevnost u sječi i izradi je smanjena, dok je učinkovitost porasla što je slučaj i u ostalim šumarskim radovima koji su prošli postupak mehaniziranja. Međutim, s pojavom motornih pila javlja se i novi problem za zdravlje radnika – prekomjerna izloženost vibracijama. Prva suvremena profesionalna motorna pila proizvedena je 1959. godine - Stihl Contra (Kranjec, Poršinsky, 2011.). Iako se smatra suvremenom, ta motorna pila nije imala antivibracijski sustav koji je patentiran tek 1964. godine. To znači da su prednja i stražnja ručka bile fiksno vezane s kućištem pile, što je omogućilo lakše prenošenje vibracija iz njihovog izvora na ruke radnika. Prolaškom vremena, u kojem su šumski radnici sjekači izloženi vibracijama motornih pila, dolazi do prvih simptoma vibracijskih bolesti. Postoji puno sinonima za bolesti uzrokovane vibracijama, međutim u hrvatskom govornom području to je tzv. "bolest bijelih prstiju" ili sekundarni Raynaudov sindrom (Tambić Bukovac, Šenjug Perica, 2017.); (slika 2); (izvor: http://www.stmichaelshospital.com/pdf/programs/occupationalhealth_havs_advice.pdf).



Slika 2. Raynaudov sindrom

Figure 2. Raynaud's syndrome

Dok je u engleskom govornom području to skup raznih zdravstvenih tegoba, koje imaju negativan utjecaj na živčani, krvožilni i mišićno-koštani sustav šake i ruke, pod nazivom HAVS (*hand-arm vibration syndrome*). Razna tehnička i tehnološka rješenja dana su u svrhu smanjenja negativnog utjecaja vibracija, između ostalog to su: unaprijeđen antivibracijski sustav motornih pila (amortizeri), ograničeno radno vrijeme, grijanje prednje i stražnje ručke itd. Današnje moderne motorne pile emitiraju značajno manje razine vibracija od svojih početaka, ali je negativan utjecaj i dalje prisutan. Od svih korištenih alata u šumarstvu, motorna pila najviše se povezuje s problemom izloženosti vibracijama. S pojavom prvih obolijevanja radnika kojima je zbog prekomjerne izloženosti vibracijama smanjena radna sposobnost, javlja se i interes šumarske i medicinske struke za taj problem. Na području današnje Uprave šuma Delnice provedeno je prvo takvo opsežno istraživanje u kojem je na uzorku od 135 šumskih radnika sjekača u razdoblju od 1965. do 1981. promatran i evaluiran štetan utjecaj vibracija motornih pila (Rački, 1984.).

U današnje vrijeme, uz uporabu modernije mjerne opreme, provedena su brojna istraživanja na temu štetnih vibracija motorne pile (Bovenzi, 2008., Goglia et al., 2008a, 2008b, 2012a, 2012b, Rottensteiner et al., 2012., Neri et al., 2018., Poje et al., 2018.). Suština tih istraživanja je procijeniti je li dnevna izloženost vibracijama A(8) pri uporabi motornih pila pri raznim šumskim radovima

ispod granica ili iznad granica koje propisuje EU Direktiva 2002/44/EC. Granice su nedvosmisleno propisane kao upozoravajuća vrijednost od 2,5 m/s² iznad koje se moraju primijeniti mjere zaštite radnika i granična vrijednost od 5 m/s² iznad koje se rad obustavlja.

Cilj ovog rada je istražiti i utvrditi dnevnu izloženost vibracijama u radovima čišćenja. U istraživanju su ispitane dvije metode rada: ručno-strojna metoda uz pomoć tzv. "uzgojne motorne pile" Stihl MS 260 te ručna metoda rada gdje se upotrebljava kosir kao glavni alat rada. Budući da na dnevnu izloženost vibracijama može utjecati nebrojeno mnogo čimbenika (alat, starost šume, vrste drveća, oštrina alata, kut sječe itd.), u ovom radu je stavljeno težište na tip alata (metodu rada) kao glavni utjecajni čimbenik.

MATERIJALI I METODE

Predmet istraživanja predstavlja nepostojanje podataka u literaturi o dnevnoj izloženosti vibracijama prilikom korištenja ručnih alata u uzgojnim radovima čišćenja. Problematika ovog rada je usko povezana s radno-organizacijskim odlukama poduzeća koja se bave šumarskim radovima. Uvriježena je praksa da radnici sjekači sa smanjenom radnom sposobnošću zbog prekomjernog izlaganja vibracijama, te zabranom korištenja vibrirajućih alata od strane medicine rada, izvode radove čišćenja s ručnim alatima. Ti radovi smatraju se "lakšima", a ručni alati s kojima se izvode ti radovi ne smatraju se vibrirajućima. Radnici su uglavnom starije životne dobi te redovito sa simptomima HAVS-a.

Radnik, čiji je efektivni rad sniman videokamerom bio je muškarac od 41 godinu, tjelesne mase 105 kg, visine 180 cm i, u trenutku istraživanja, sa 16 godina radnog iskustva u šumarstvu. Radnik je u ručnoj metodi čišćenja koristio jednoručni kosir duljine 65 cm i mase 800 g. U ručno-strojnoj metodi rada koristio je motornu pilu Stihl MS 260 mase 4,8 kg, zapremnine 50,2 cm³ te prema deklariranim razinama vibracija od 3,6 m/s² na prednjoj ručki i 4,1 m/s² na stražnjoj ručki.

Kosir je zamišljen kao jeftin i jednostavan ručni alat kojim se odsijecaju nepoželjne biljne vrste i potpomaže razvoj hrasta. Radnik u jednoj ruci

drži kosir, a s drugom rukom savija stablo koje će posjeći radi lakšeg odsijecanja. Nakon odsijecanja radnik posječeno stablo spušta iz zone krošnja i polaže ga minimalno jedan metar ispod krošnje vrste koja se njeguje. Postupak rada s motornom pilom je takav da radnik mora krošnju označenog stabla spustiti ispod krošnje vrste koja se njeguje. Obično prvi rez bude kosi i u visini ramena radnika, tako da gornji dio stabla može „skliznuti“ s donjeg. Nakon toga, ako je potrebno, radnik napravi još jedan ili dva reza na isti način dok se krošnja nije spustila na zadovoljavajuću visinu. Kada je krošnja spuštena, radnik pravi još jedan rez u panju preostalog dijela stabla.

Istraživanje je provedeno u dvije faze. Prva faza bila je analiziranje snimaka efektivnog rada s motornom pilom i kosirom u čišćenju jednodobnih sastojina. Snimke su prikupljene u sklopu projekta "Ergonomska pogodnost i ekonomska isplativost primjene akumulatorske motorne pile i akumulatorskih škara u radovima njege i čišćenja sastojina hrasta lužnjaka" (Šušnjarić, Bačić, 2017.). Svrha analize bila je definiranje radnih zahvata te njihov relativni udio u efektivnom vremenu radnika. Nakon kraćeg pregledavanja videosnimaka, utvrđeno je pet radnih zahvata pri radu s motornom pilom te samo jedan pri radu s kosirom – sijek desnom rukom. Pri radu s motornom pilom definirani su sljedeći radni zahvati: rezanje, nošenje s obje ruke, nošenje desnom rukom za prednju ručku, nošenje lijevom rukom za prednju ručku i nošenje desnom rukom za stražnju ručku s napomenom da se motorna pila nije gasila prilikom nošenja. Bilježen je broj zamaha/sjekova s kosirom u minuti kako bi se isti rad mogao simulirati prilikom mjerenja razine vibracija te je procijenjeno da radnik unutar četverosatnog efektivnog rada napravi više od 6000 zamaha/sjekova s kosirom. Analiziranje videosnimaka čišćenja s motornom pilom provelo se pomoću metode trenutačnih opažanja. Postupku definiranja intervala opažanja prethodilo je vizualno utvrđivanje postotnog udjela predmetnih radnih zahvata na videomaterijalu u trajanju od 5 min. Nakon utvrđenog postotnog udjela radnih zahvata pomoću metode trenutačnih opažanja, za interval pouzdanosti 95 %, izračunat je potrebni broj opažanja za predmetne radne zahvate. Interval opažanja izračunat je iz omjera ukupnog trajanja videozapisa u sekundama i potrebnog broja opažanja.

Prema određenom intervalu od 12 sekundi, video-snimka se pauzirala i bilježio se zatečeni radni zahvat. Stavljanjem u odnos sume opažanja jednog radnog zahvata s ukupnim brojem opažanja dolazi se do relativnog udjela pojedinog radnog zahvata u efektivnom radnom vremenu. Ukupno je analizirano po 4 sata efektivnog rada s motornom pilom i 4 sata efektivnog rada s kosirom.

Druga faza istraživanja odnosila se na mjerenje vibracija u simuliranim uvjetima koji predstavljaju stvarne sastojinske uvjete. Prilikom mjerenja razine vibracija po pojedinim zahvatima, u onim zahvatima gdje su se koristile obje ruke, razina vibracija snimala se na obje ručke. Zbog kompliciranosti mjerenja vibracija u stvarnim uvjetima (šumska vegetacija, problem trajanja baterije vibrometra, nezaštićeni kabeli, nužnost fiksiranja akcelerometra za mjerenu ručku, mogući prekidi u mjerenju itd.), odlučeno je pristupiti mjerenju u dvije veće navedene faze. Kombiniranjem podataka iz prve i druge faze aproksimirana je dnevna izloženost vibracijama A(8). Razina vibracija mjerila se u definiranim zahvatima na kosiru i motornoj pili Stihl MS 260. Oba alata bila su naoštrena i spremna za rad. Vibrometar koji se koristio u mjerenju bio je Brüel & Kjaer 4447 u kombinaciji s troosnim akcelerometrom tip 4520-002 i nosačima UA 3015 i UA 3017. Vibrometar bio je kalibriran od strane akreditiranog poduzeća, a mjerenje se provelo prema preporukama ISO 5349 norme. Razina vibracija mjerena je u UŠP Zagreb, šumarija Velika Gorica u mladoj sastojini hrasta lužnjaka i običnog graba s primjesama grmolikih vrsta. Razine vibracija na kosiru mjerene su u jednom definiranom radnom zahvatu u 3 navrata po 1 minutu. Prosječan broj rezova po minuti iznosio je 27, što je utvrđeno u prvoj fazi istraživanja. Rezovi su bili ravnomjerno raspoređeni u jednoj minuti mjerenja, dok su vrste i promjeri stabala također bili raznoliki da bi se obuhvatila što veća varijabilnost unutar mjerenja. Akcelerometar bio je montiran na dršku kosira uz pomoć nosača UA 3015 koji je bio učvršćen plastičnim vezicama (slika 3); (Bačić, 2019.).



Slika 3. Montaža akcelerometra na kosir

Figure 3. Mounting an accelerometer onto a billhook

Razine vibracija na motornoj pili mjerene su u 5 spomenutih radnih zahvata, s tim da su se na radnim zahvatima u kojima je motorna pila držana s obje ruke razine vibracija mjerile na obje ručke, što je rezultiralo s ukupno 7 mjernih kombinacija na motornoj pili (Tablica 1).

Tablica 1. Mjerne kombinacije na motornoj pili

Table 1. Measuring combinations on a chainsaw

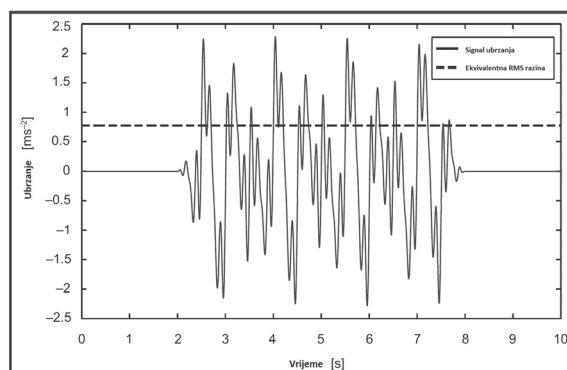
Broj kombinacije	Radni zahvat		Ruka		Ručka	
	Rezanje	Nošenje	Lijeva	Desna	Prednja	Stražnja
1	X		X		X	
2	X			X		X
3		X	X		X	
4		X		X		X
5		X		X	X	
6		X	X		X	
7		X		X		X

Mjerenje je napravljeno u 3 navrata po 20 sekundi. Radni zahvati rezanja motornom pilom mjereni su pri konstantnom radu rezanja unutar 20 sekundi. Rezanje se provodilo naizmjenično s gornjom i donjom stranom vodilice da bi se izbjeglo snimanje razine vibracija u praznom hodu koje je obuhvaćeno u ostalim radnim zahvatima. Prilikom mjerenja akcelerometar je na ručke motorne pile bio montiran pomoću nosača UA 3017 (slika 4); (Bačić, 2019.).



Slika 4. Montaža akcelerometra na motornu pilu
Figure 4. Mounting an accelerometer on a chainsaw

Za obradu videosnimaka koristio se besplatni videoplejer MPC-HC, a opažanja su se bilježila u softveru Microsoft Excel 2019. Prilikom izmjere razine vibracija, za svaku mjernu kombinaciju dobivene su po 3 vrijednosti VTV (*vibration total value*). VTV označava korijen iz zbroja kvadrata RMS (*root mean square*) vrijednosti za sve tri osi. RMS vrijednost predstavlja vremenski uprosječenu i ponderiranu vrijednost ubrzanja za pojedinu os (slika 5); (izvor: <https://www.bksv.com/downloads/4447/be1772.pdf>).



Slika 5. Odnos signala ubrzanja i njegove ekvivalentne RMS vrijednosti

Figure 5. Relationship between the acceleration signal and its equivalent RMS value

Kod mjerenja vibracija na sustavu šaka – ruka pri računanju RMS vrijednosti koristi se jednaki ponder za sve tri osi, njegov iznos je 1. Za izračun dnevne izloženosti vibracijama A(8) korištena je aritmetička sredina 3 dobivene VTV vrijednosti po mjernoj kombinaciji. Vrijednosti mjerenja su eksportirane s vibrometra uz pomoć dodijeljenog softvera Vibration Explorer. Zbog lakšeg računanja i prikaza korišten je kalkulator za računanje dnevne izloženosti vibracijama sustava šaka-ruka koji je dostupan kao besplatan excel alat na službenim stranicama Health and Safety Executive (HSE). Kalkulator u sebi ima integriranu formulu za računanje A(8) vrijednosti [1] te procjenjuje vrijeme potrebno za dosezanje graničnih vrijednosti. Formula 1 daje izračun A(8) vrijednosti

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^N \alpha_{hvi}^2 \cdot T_i} \quad [1]$$

gdje je:

T_0 - raspoloživo vrijeme od 8 h odnosno 28800 s,

α_{hvi} - sveukupna izloženost vibracijama za i -ti zahvat,

T_i - vrijeme trajanja tog istog zahvata

N - ukupan broj zahvata.

Dnevna izloženost vibracijama A(8) izražena je po rukama operatera. Kod rada s kosirom to je samo jedan zahvat (sijek desnom rukom), dok je kod rada s motornom pilom A(8) vrijednost izražena za lijevu i desnu ruku. Dnevno efektivno vrijeme rada s alatom postavljeno je na 4 sata. Pretpostavljeno efektivno radno vrijeme od 4 sata proizlazi iz odluke Pravilnika o zaštiti na radu u šumarstvu o ograničenju trajanja rada, stoga se oba alata, radi usporedbe, promatraju kroz prizmu četverosatnog efektivnog rada. Ova procjena dnevne izloženosti vibracijama A(8) pretpostavlja da radnik ostatak radnog vremena ne radi s vibrirajućim alatima.

REZULTATI I RASPRAVA

Struktura efektivnog radnog vremena prema radnim zahvatima

U prvoj fazi istraživanja, osim što je utvrđeno da radnik s kosirom prosječno radi 27 rezova po minuti, određeni su i vremenski udjeli radnih zahvata u četverosatnom efektivnom vremenu pri radu s motornom pilom (Tablica 2). Radnik je gotovo polovicu efektivnog vremena proveo u rezanju. Ostatak vremena proveo je u raznim načinima nošenja motorne pile. Udio vremena nošenja pile dakako može varirati i ovisi o sastojinskim značajkama, tj. razmaku između označenih stabala za sječu. Također i način nošenja motorne pile može varirati, što ovisi o preferencijama samog radnika ili činjenici je li on ljevak ili dešnjak. Budući da pri radu s motornom pilom značajan dio vremena protječe u nošenju upaljene motorne pile, za određivanje dnevne izloženosti vibracijama iznimno je važno poznavati način i vremensku strukturu tog dijela rukovanja motornom pilom.

Tablica 2. Struktura efektivnog radnog vremena prema radnim zahvatima

Table 2. Effective work time structure for different tasks

Radni zahvat	Relativni udio radnog zahvata	Apsolutni udio radnog zahvata
Rezanje	46,37 %	1 sat 51 minuta
Nošenje – obje ruke	22,90 %	55 minuta
Nošenje – desna ruka, prednja ručka	12,41 %	30 minuta
Nošenje – lijeva ruka, prednja ručka	17,13 %	41 minuta
Nošenje – desna ruka, stražnja ručka	1,19 %	3 minute

Razine vibracija po mjernim kombinacijama

Rezultati (Tablica 3) upućuju da se najviše razine razine vibracija kod rada s motornom pilom događaju u radnom zahvatu rezanja. Takav rezultat uvelike ovisi o gustoći drva koje se reže. Promatrajući razine vibracija između prednje i stražnje ručke uočavaju se značajno više razine na stražnjoj ručki i pri rezanju i pri nošenju motorne pile. Rezultat koincidira s deklariranim razinama vibracija za predmetnu motornu pilu od $3,6 \text{ m/s}^2$ na prednjoj ručki i $4,1 \text{ m/s}^2$ na stražnjoj ručki. Mogući razlog tome je čvršća veza stražnje ručke i kućišta motorne pile. Iako na modernim pilama antivibracijski sustav postoji na prednjoj i stražnjoj ručki, vibracije koje se dovode na prednju ručku su učinkovitije prigušene. Zanimljiva je razlika između razina vibracija prilikom dvoručnog i jednoručnog nošenja. Na obje ručke su razine vibracija niže prilikom dvoručnog nošenja motorne pile. Razlog tome je najvjerojatnije činjenica

da prilikom dvoručnog nošenja motorna pila ima dva oslonca na koje se vibracije mogu prenijeti. U tom smislu se ruke radnika mogu promatrati kao amortizeri od kojih su dva učinkovitija u ublažavanju vibracija od jednog. Razine vibracija izmjerene na ručki kosira dosežu višestruko veće razine nego kod bilo koje mjerne kombinacije na motornoj pili. Vibracije koje se događaju pri radu s kosirom imaju udarni efekt, tj. u određenom vremenskom intervalu događaju se velike amplitude (udari) između kojih nema vibracija. Kosir kao alat nema antivibracijski sustav koji bi ublažio razine vibracija pa se stoga one lakše prenose na ruke radnika.

Tablica 3. Razine vibracija po mjernim kombinacijama

Table 3. Vibration levels according to measuring combinations

Alat	Ruka	Radni zahvat	Mjerna pozicija	Prosječna VTV
Motorna pila	Desna	Rezanje	Stražnja ručka	8,28 m/s ²
Motorna pila	Desna	Nošenje obje ruke	Stražnja ručka	7,16 m/s ²
Motorna pila	Desna	Nošenje	Prednja ručka	5,01 m/s ²
Motorna pila	Desna	Nošenje	Stražnja ručka	8,25 m/s ²
Motorna pila	Lijeva	Rezanje	Prednja ručka	5,42 m/s ²
Motorna pila	Lijeva	Nošenje obje ruke	Prednja ručka	4,82 m/s ²
Motorna pila	Lijeva	Nošenje	Prednja ručka	5,07 m/s ²
Kosir	Desna	Sijek	Ručka	19,34 m/s ²

Prema prikazanim rezultatima dnevne izloženosti vibracijama A(8) na motornoj pili pri radu čišćenja (slike 6 i 7), može se uvidjeti da je desna ruka referentna, tj. da su prenesene dnevne razine vibracija na desnoj ruci više nego na lijevoj ruci. Do takvog rezultata vjerojatno je došlo zbog činjenice da se desna ruka u 3 od 4 mjerne kombinacije nalazi na stražnjoj ručki gdje su zabilježene veće razine vibracija (Tablica 3). Vrijednost A(8) na desnoj ruci od 4,9 m/s² je vrlo blizu graničnoj vrijednosti od 5 m/s² iznad koje se rad mora obustaviti. Treba napomenuti da na dnevnu izloženost vibracijama utječe dugi niz različitih

čimbenika (gustoća drva, oštrina lanca, tehnička ispravnost motorne pile, čvrstina hvata ručki motorne pile, položaj rada motorne pile itd.) koji su sve više tema raznih istraživanja te da ovo mjerenje ne daje vrijednost kojom se mogu opisati svi radovi čišćenja motornom pilom. Istraživanje dnevne razine vibracija je kompleksan postupak i smatra se procjenom na temelju koje se mogu poduzeti mjere zaštite. S obzirom na metodu koja se koristi pri procjeni A(8) vrijednosti, bilo to cjelodnevno mjerenje, korištenje studije rada i vremena u kombinaciji s izmjerenim razinama vibracija po radnim zahvatima ili procjena uz pomoć objavljenih i deklariranih podataka, A(8) vrijednost može značajno odstupati između navedenih metoda i stvarne vrijednosti (Pitts, 2004.). Na tragu toga, izmjerena razina od 4,9 m/s² može biti iznad ili ispod granične vrijednosti od 5 m/s². Unatoč svemu, provedena procjena je dobar temelj za usporedbu utjecaja tipa alata na dnevnu izloženost vibracijama, što je i cilj ovog istraživanja.

The screenshot shows the 'HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE CALCULATOR' interface. It includes input fields for company name, employee ID, and task name. The main table displays vibration magnitudes and exposure durations for various tasks. The 'Daily exposure m/s² A(8)' is 4.9, and the 'Total exposure points' is 380. A warning indicates that the exposure is potentially above the 5 m/s² A(8) limit.

Tool or process name	Vibration magnitude m/s ²	Exposure points per hour	Time to reach EAV 2.5 m/s ² A(8) hours	Time to reach ELV 5 m/s ² A(8) hours	Exposure duration hours	Partial exposure m/s ² A(8)	Partial exposure points
Rezanje - D	8,28	137	44	2	55	1	51
Nošenje OR - D	7,16	103	59	3	54	55	2,4
Nošenje DP - D	5,01	50	1	60	7	58	30
Nošenje DS - D	8,25	130	44	2	56	3	0,7

Slika 6. A(8) vrijednosti za desnu ruku - motorna pila
Figure 6. A(8) values for the right hand – chainsaw

The screenshot shows the 'HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE CALCULATOR' interface. It includes input fields for company name, employee ID, and task name. The main table displays vibration magnitudes and exposure durations for various tasks. The 'Daily exposure m/s² A(8)' is 3.4, and the 'Total exposure points' is 187. A warning indicates that the exposure is potentially above the 2.5 m/s² A(8) limit.

Tool or process name	Vibration magnitude m/s ²	Exposure points per hour	Time to reach EAV 2.5 m/s ² A(8) hours	Time to reach ELV 5 m/s ² A(8) hours	Exposure duration hours	Partial exposure m/s ² A(8)	Partial exposure points
Rezanje - L	5,42	56	1	42	6	48	1
Nošenje OR - L	4,82	46	2	9	8	37	55
Nošenje LP - L	5,07	51	1	57	7	47	41

Slika 7. A(8) vrijednosti za lijevu ruku - motorna pila
Figure 7. A(8) values for the left hand – chainsaw

Pojašnjenje kratica:

OR/S – obje ruke, stražnja ručka; OR/P – obje ruke, prednja ručka; D/P – desna ruka, prednja ručka; D/S – desna ruka, stražnja ručka; L/P – lijeva ruka, prednja ručka

Slika 8 ukazuje na smislenost provedenog istraživanja, dnevna izloženost vibracijama A(8) u četverosatnom radu čišćenja kosirom iznosi $13,7 \text{ m/s}^2$ što je daleko iznad granične vrijednosti. Zanimljiva je i projekcija vremena potrebnog za dosezanje granične vrijednosti od otprilike pola sata. Dakle, prema dobivenim rezultatima rad s kosirom ne bi se smio obavljati više od pola sata dnevno. Iako se ne radi o "tipičnom" vibrirajućem alatu, razine vibracija su višestruko veće nego pri radu s motornom pilom. Jasno je da je rad čišćenja s kosirom fizički zahtjevan (Bačić, 2018.), međutim u literaturi ne postoje podaci o razini štetnih vibracija prilikom tih radova na koje bi se ovo istraživanje moglo referirati. Najvjerojatni razlog tome je specifičnost radova čišćenja i kosira kao alata te uvriježeno mišljenje da je u sektoru šumarstva motorna pila najčešći vibrirajući alat.

Tool or process name	Vibration magnitude m/s^2	Exposure points per hour	Time to reach ELV $2,5 \text{ m/s}^2 \text{ A(8)}$ hours: minutes	Time to reach ELV $5 \text{ m/s}^2 \text{ A(8)}$ hours: minutes	Exposure duration hours: minutes	Partial exposure $\text{m/s}^2 \text{ A(8)}$	Partial exposure points
Kosir (desna ruka)	19,341	748	8	32	4	13,7	2995

Slika 8. A(8) vrijednost za desnu ruku – kosir
Figure 8. A(8) value for the right hand - billhook

ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati istraživanja upućuju na ozbiljnu zabludu prilikom organiziranja radova čišćenja. Uporaba motorne pile i kosira pri radovima čišćenja u istim sastojinskim uvjetima nije usporediva sa stajališta učinkovitosti. Motorna pila se u praksi koristi tamo gdje su stabla prevelikog promjera za odsijecanje kosirom, dok se u manjim promjerima koristi kosir. Svrha njihovog uspoređivanja ima težište na ergonomiji, humanizaciji, organizaciji rada i zaštiti na radu. Kako je već spomenuto, radnici koji imaju simptome HAVS-a, uzrokovane dugim radnim stažom na motornoj pili u sječi i izradi, preusmjeravaju se na uzgojne radove, tj. radove njege čišćenjem kosirom pod motom zaštite njihovog zdravlja. Postoji velika mogućnost da su ti radnici izloženi više-

struko većim razinama vibracija nego pri radu s motornim pilama za koje, zbog svojeg zdravstvenog stanja, imaju zabranu rada. Potrebna su daljnja istraživanja ove tematike s proširenim promatranjem čimbenika koji utječu na razinu vibracija. Kao potencijalno rješenje ovog problema preporuča je korištenje baterijskih škara (Šušnjar, Bačić, 2017.) koje se mogu primijeniti u sastojinskim uvjetima gdje se upotrebljava kosir. Takav alat radi na načelu elektromotora i pužnog prijenosa te ne emitira nikakve značajne vibracije (Kolarić, 2019.). Rad s takvim alatom je fizički lakši i uz nužnu poduku radnika – sigurniji (Nutto et al., 2013.).

LITERATURA

Bačić, M., Landekić, M., Šušnjar, M., Šporčić, M., Pandur, Z.: Movement analysis of a worker in the forest cleaning activities. U: *FORMEC 2019 Proceedings*, University of Sopron Press, Sopron, 2019., 56-71.

Bačić, M., Šušnjar, M., Pandur, Z., Šporčić, M., Landekić, M.: Physical workload while working with hedging bill and battery cutter in tending of pedunculate oak. U: *Ergonomics 2018 Proceedings*, Croatian Ergonomics Society, Zadar, 2018., 59-64.

Bovenzi, M.: A follow up study of vascular disorders in vibration exposed forestry workers, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 2008., 4, 401-408.

Directive 2002/44/EC, dostupno na: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/19>, pristupljeno: 15.10.2019.

Goglia, V., Suchomel, J., Žgela, J., Dukić, I.: Forestry workers' exposure to vibration in the context of Directive 2002/44/EC, *Šumarski List*, 136, 2012b, 5–6, 283–289.

Goglia, V., Suchomel, J., Žgela, J., Dukić, I.: The effectiveness of forest pre-commercial thinning in the context of Directive 2002/44/EC, *Šumarski List*, 136, 2012a, 9–10, 471–478.

Goglia, V., Žgela, J., Dukić, I.: The effectiveness of antivibration gloves: Part I, *Šumarski List*, 132, 2008a, 3–4, 115–119.

Goglia, V., Žgela, J., Dukić, I.: The effectiveness of anti-vibration gloves: Part II, *Šumarski List* 132, 2008b, 5–6, 239–244.

Kolarić, M.: *Određivanje dnevne izloženosti vibracijama prilikom radova čišćenja jednodobnih sastojina ručnim alatima i baterijskim škarama (diplomski rad)*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2019., 1-23.

Kranjec, J., Poršinsky, T.: Povijest razvoja motorne pile lančanice, *Nova mehanizacija šumarstva*, 32, 2011., 1, 23-37.

Neri, F., Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Bertuzzi, Lucia., Marchi, E.: Determining noise and vibration exposure in conifer crosscutting operations by using li-ion batteries and electric chainsaws, *Forests*, 9, 2018, 1, 1-13.

Nutto, L., Malinovski, R. A., Brunsmeier, M., Schumacher Sant'Anna, F.: Ergonomic aspects and productivity of different pruning tools for a first pruning lift of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Silva Fennica*, 47, 2013., 4, 1-14.

Occupational health, dostupno na: https://www.stmichaelshospital.com/pdf/programs/occupationalhealth_havs_advice.pdf, pristupljeno: 15.10.2019.

Pitts, P.: Hand-arm vibration emissions of chainsaws – comparison with vibration exposure, *HSE*, 2004., 1-60.

Poje, A., Potočnik, I., Mihelič, M.: Comparison of Electric and Petrol Chainsaws in Terms of Effi-

ciency and Safety When Used in Young Spruce Stands in Small-Scale Private Forests, *Small-Scale Forestry*, 2018., 1–12. DOI:10.1007/s11842-018-9395-4.

Pravilnik o zaštiti na radu u šumarstvu, N.N., br. 10/86.

Rački, Z.: Odnos između bljedila prstiju, testa hladnoćom i digitalne pletizmografije u sjekača šume koji su radili različitim vrstama motornih pila, *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 35, 1984., 4, 343-353.

RMS vrijednosti, dostupno na: <https://www.bksv.com/downloads/4447/be1772.pdf>, pristupljeno: 15.10.2019.

Rottensteiner, C., Tsioras, P., Stampfer, K.: Wood density impact on hand-arm vibration, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33, 2012., 2, 303–312.

Šušnjar, M., Bačić, M.: *Ergonomska pogodnost i ekonomska isplativost primjene akumulatorske motorne pile i akumulatorskih škara u radovima njege i čišćenja sastojina hrasta lužnjaka (izvješće sa projekta)*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2017., 1-24.

Tambić Bukovac, L., Šenjug Perica, M.: Raynaudov sindrom, *Paediatr Croat.*, 61, 2017., 1, 38-42.

Vibration, dostupno na: <https://www.hse.gov.uk/vibration/hav/vibrationcalc.htm>, pristupljeno: 15.10.2019.

DAILY VIBRATION EXPOSURE IN FORESTRY: THE DIFFERENCE BETWEEN MANUAL AND MOTOR-MANUAL CLEANING METHODS

SUMMARY: The problem of exposure to harmful vibrations in forestry arises with the use of the first chainsaws in logging and construction. Although working with chainsaws was many times faster, more productive, and physically less demanding than manual felling, chainsaws emitted large amounts of vibration and over time had a negative impact on the health of forest workers. White finger disease (Raynaud's syndrome) has become a real problem with great potential for reducing workers' working ability. Along with the use of chainsaws, some operations still require hand tools in forestry. The main theme of this paper is to compare daily vibration exposure in cleaning operations when operating a chainsaw and billhook. EU Directive 2002/44/EC clearly establishes limit values for daily vibration exposure, A(8), which serve as a measure against excessive vibration exposure. In this paper, the A(8) values for working with a chainsaw and working with a billhook in cleaning are estimated. The timeshares of individual cleaning operations were obtained using time study methods on videos of effective work. The result of the time analysis indicates that the worker spends 46.7% of his time in cutting, while the rest of the time is spent in different ways of carrying a chainsaw. In working with the billhook, the worker makes an average of 27 cuts per minute. Vibration levels were recorded with a Brüel & Kjaer 4447 vibrometer and calculated according to ISO 5349 standards. A(8) values of 4.9 m/s² on the right hand and 3.4 m/s² on the left hand when operating the chainsaw were obtained, and 13.7 m/s² on the right hand when operating the billhook. The results point to a serious misconception when organizing work and using human resources. The common belief that working with a billhook, to which workers with disabilities are mostly allocated, is "easier" than working with a chainsaw and can have serious health consequences for the health of workers. The results of this study indicate the direction in which the forestry profession should be guided in organizing cleaning operations that will comply with the applicable regulations for the protection of the health of workers.

Key words: chainsaw, billhook, daily vibration exposure, A(8) values

Original scientific paper

Received: 2019-11-22

Accepted: 2020-02-17