

UČINKOVITOST ANTIVIBRACIJSKIH RUKAVICA: II DIO

THE EFFECTIVENESS OF ANTI-VIBRATION GLOVES: PART II

Vlado GOGLIA*, Josip ŽGELA**, Igor ĐUKIĆ*

SAŽETAK: Zaštita rukovatelja mehaniziranim sredstvima rada od izlaganja vibracijama provodi se na različite načine. Jedna od mjera zaštite koja se primjenjuje je korištenje antivibracijskih rukavica. Različiti su stavovi o učinkovitosti primjene te zaštitne mjere. O tome se i danas vode mnoge rasprave. Mnogi stručnjaci s područja vibracija koje se prenose na tijelo osporavaju učinkovitost antivibracijskih rukavica. Ispitivanje prigušnih svojstava rukavica propisano je međunarodnim normama ISO 10819-1996 i EN ISO 10819-1996 te nacionalnom normom HRN ISO 10819-2000. Na postupak ispitivanja propisan spomenutim normama ima velik broj primjedbi, pa se mnogi istraživači pri ocjeni prigušnih svojstava rukavica priklanjaju ispitivanjima u pogonskim uvjetima. Takva su ispitivanja obavljena i na Šumarskom fakultetu u Zagrebu u suradnji s Hrvatskim šumama d.o.o. Rezultati ispitivanja iznose se u ovome radu.

Ključne riječi: ergonomija, vibracije, antivibracijske rukavice, ispitivanje

UVOD – Introduction

Problem mjerenja i vrednovanja vibracija koje se prenose na tijelo rukovatelja te na temelju toga procjena rizika, problem je s kojim se stručna javnost imala priliku često susretati (Goglia 1997, Goglia *et al.* 2002, Dong *et al.* 2006). Ograničavanje dnevnog izlaganja vibracijama na dopustivu razinu nastoji se provesti ponajprije prigušenjem intenziteta vibracija. Korištenje antivibracijskih rukavica jedan je od takvih pokušaja. Međutim, učinkovitost primjene antivibracijskih rukavica je dvojbena i još je uvijek predmet rasprave u znanstvenoj i stručnoj javnosti (Griffin 1998). Metoda

mjerenja prigušnih svojstava također je predmet rasprave (Dong *et al.* 2003). Poznato je da se učinkovitost antivibracijskih rukavica ispituje ili prema proceduri propisanoj u međunarodnim normama ISO 10819-1996, i EN ISO 10819-1996, ili tzv. ispitivanjima u pogonskim uvjetima izravno na ruci rukovatelja tijekom rukovanja onim mehaniziranim sredstvom rada na kojemu treba osigurati zaštitu. U ovome se radu iznose rezultati istraživanja prigušnih svojstava pet različitih tipova antivibracijskih rukavica u pogonskim uvjetima.

DEFINICIJA PROBLEMA – Problem definition

Učinkovitu zaštitu od prekomjernog izlaganja vibracijama, moguće je provesti tako da se priguši izvor vibracija. To podrazumijeva postavljanje prigušnih elemenata u lancu prijenosa vibracija na ruke rukovatelja. Prigušivači se u obliku tzv. amortizera redovito ugrađuju

u samom mehaniziranom sredstvu rada. Na taj se način razina vibracija koje se pojavljuju na prihvatnim ručkama značajno smanjuje. Smatralo se da bi uporaba antivibracijskih rukavica s ugrađenim prigušnim umetcima mogla polučiti daljnja prigušenja. Pojavio se velik broj proizvođača rukavica koji su svoje proizvode nudili pod nazivom “antivibracijske rukavice”, a da nikada nije provedeno mjerenje i ocjena njihove učinkovitosti. Pojedini tipovi rukavica nude se po prilično visokim cjenama te predstavljaju značajni izdatak. Stoga se

* Prof. dr. sc. dr. h. c. Vlado Goglia, mr. sc. Igor Đukić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska 25, pp. 422, HR-10000 Zagreb

** Mr. sp. Josip Žgela, Hrvatske šume d.o.o. Lj. F. Vukotinića 2, HR-10000 Zagreb

pristupilo razvoju takve metode mjerenja prigušnih svojstava rukavice koja bi bila primjenjiva u našim uvjetima, a mogla bi dati ocjenu učinkovitosti antivibracijskih rukavica. Smatralo se da prigušna svojstva rukavica koje se koriste kao zaštita pri rukovanju određenim mehaniziranim sredstvima rada moraju odgovarati frekvencijskoj karakteristici izvora vibracija. Najbo-

lja bi prigušna svojstva rukavice trebale pokazati u onom frekvencijskom području u kojemu je intenzitet vibracija najveći. Istovjetan se pristup primjenjuje i kod odabira osobnih zaštitnih sredstava za zaštitu od buke. Stoga je prevladao stav da će se mjerenjima u stvarnim – pogonskim uvjetima, dobiti objektivni uvid u kvalitetu pojedinih tipova antivibracijskih rukavica.

METODA MJERENJA I MJERNI INSTRUMENTARIJ Measuring method and measuring equipment

Mjerenje vibracija izravno na prihvatnoj ručki te potom mjerenje istih na ruci rukovatelja nakon što se između ručke i ruke postavio prigušni sloj rukavica, omogućuje uvid u učinkovitost prigušenja koje se rukavicama postiže. To se prigušenje može iskazati na razne načine:

1. Odnosom rezultatnih vektora vrednovanih ubrzanja izmjerenih na ručki i onih izravno na ruci rukovatelja:

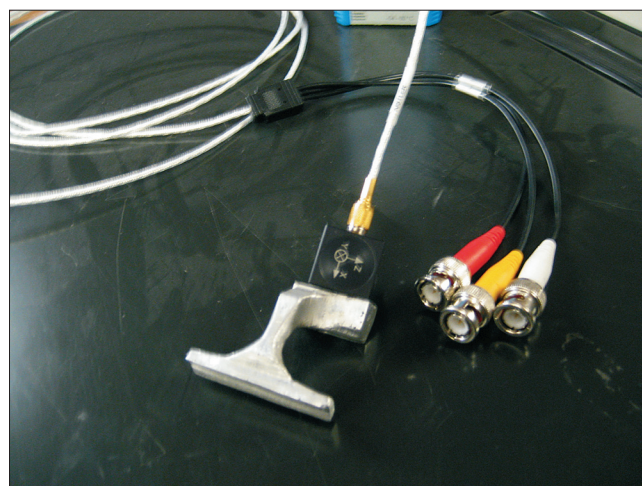
$$\alpha_p = \frac{WAS_2}{WAS_1} \quad (1)$$

- gdje je: α_p – faktor prigušenja za kojeg se očekuje da bude <1 ; WAS_1 – rezultatni vektor vrednovanog ubrzanja na prihvatnoj ručki (*Weighted Acceleration Sum*, m/s^2 ; WAS_2 – rezultatni vektor vrednovanog ubrzanja na ruci rukovatelja nakon umetanja prigušnog sloja, m/s^2 .
- 2. Prigušenje se može iskazati i u pojedinim osima, također odnosom vrednovanih ubrzanja u pripadajućoj osi na ruci rukovatelja i na prihvatnoj ručki:

$$\alpha_{x,y,z} = \frac{a_{hwx,y,z2}}{a_{hwx,y,z1}} \quad (2)$$

- gdje je $\alpha_{x,y,z}$ – faktori prigušenja po osima za koje se isto tako očekuje da budu <1 ; $\alpha_{hwx,y,z1}$ – vrednovana ubrzanja vibracija po osima na prihvatnoj ručki, m/s^2 ; $\alpha_{hwx,y,z2}$ – vrednovana ubrzanja vibracija po osima na ruci rukovatelja nakon umetanja prigušnog sloja, m/s^2 .
- 3. Za detaljniji uvid u prigušna svojstva antivibracijskih rukavica može se napraviti i frekvencijska analiza ubrzanja po osima po srednjim frekvencijama terci u frekvencijskom rasponu od 6,3 – 1250 Hz, kako to međunarodne norme i preporučuju.

Za potrebe mjerenja izrađen je poseban nosač troosnog akcelerometra s naslonom podlogom. Preko naslona podloge troosni se akcelerometar postavlja ili izravno na prihvatnu ručku, ili se na prihvatnu ručku oslanja posredstvom prigušnog sloja antivibracijskih rukavica (sl. 1). U prvom se slučaju vibracije mjere istodobno u sve tri osi izravno na prihvatnoj ručki, a u drugom se slučaju mjere vibracije koje se nakon prigušenja u prigušnom sloju prenose na ruku. Da bi se



Slika 1. Troosni akcelerometar s nosačem
Figure 1 Threeaxial accelerometer with the holder

nosač posredstvom prigušnog sloja rukavica mogao smjestiti između ruke i prihvatne ručke, na rukavicama su napravljene prorezi, kako to prikazuje sl. 2. Prihvat ručke motorne pile s tako umetnutim držačem prikazuje sl. 3. Za ova mjerenja korištena je motorna pila STIHL MS640, S/N 162619034. Sva su mjerenja obavljena na prednjoj prihvatnoj ručki.

Mjerenja su obavljena kod tri režima rada i to:

- u praznom hodu,
- u punome gasu i
- tijekom rezanja.

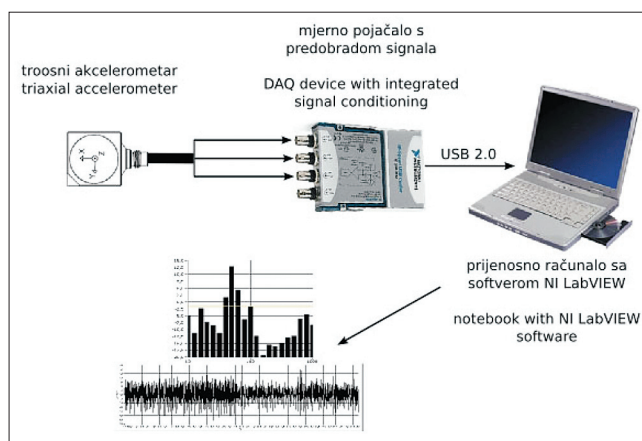


Slika 2. Rukavica pripremljena za mjerenja
Figure 2 Glove prepared for measurement



Slika 3. Prihvat prednje ručke motorne pile s rukavicom i akcelometrom

Figure 3 Holding the motor chain saw front handle with the glove and accelerometer



Slika 4. Shematski prikaz mjernog lanca

Figure 4 Measuring chain schematich representation

Režimi rada pri kojima su mjerenja obavljena s ciljem da se ocjene prigušna svojstva rukavica odabrani su u skladu ponajprije s onim režimima rada koji se očekuju tijekom rada motorne pile, a isto tako i u skladu s preporukama međunarodne norme ISO 7505.

Već je ranije spomenuto da je za mjerenja korišten troosni akcelometar, što podrazumijeva da su se ubrzanja vibracija mjerila istodobno u sve tri koordinatne osi. Položaj akcelometra bio je usklađen s biodinamičkim koordinatnim sustavom propisanim međunarodnom normom ISO 8725-1985. Tijekom mjerenja korišten je mjerni sustav prikazan na sl. 4. Za svaki režim rada uziman je reprezentativni vremenski uzorak

Tablica 1. Komponente mjernoga lanca
Table 1 Measuring chain components

No.	Oprema	Proizvođač	Tip	SN
1.	Troosni akcelometar	Kistler	8762A10	2042134
2.	Mjerno pojačalo s pred obradom signala	National Instruments	NI USB 9233	1232101
3.	Prijenosno računalo	Toshiba	Tecra S3	

na osnovi kojega je bilo moguće iskazati više rezultata. Vremena usrednjavanja su uzimana u skladu s preporukama. Za svaki se rezultat provodila i frekvencijska analiza ubrzanja vibracija po srednjim frekvencijama terci, izračunavane su vrijednosti vrednovanih ubrzanja po osima, te na kraju, izračunavani rezultatni vektori vrednovanih ubrzanja. Karakteristike pojedinih elemenata mjernoga lanca sadržane su u tablici 1.

MJERENJA I REZULTATI MJERENJA – Measurements and measurement results

Sva su mjerenja obavljena u krugu mehaničke radionice Šumarije Lepavina 14. studenog 2006. godine, po djelomično oblačnom vremenu. Vanjska je temperatura tijekom mjerenja bila 6 °C, relativna vlaga 65 %, a barometarski tlak iznosio je 1019 hPa. Za potrebe mjerenja pripravljena je prizma svježe posječene bukovine. Širina prizme bila je u skladu s preporukama međunarodne norme ISO 7505 (sl. 5). Prije mjerenja na svim su rukavicama napravljeni prorezi kako bi se nosač akcelometra mogao smjestiti izravno na ruku. Prigušni se sloj pritom nalazio između podnožja nosača troosnog akcelometra i ručke. Mjerenja su obavljena u sva tri smjera koordinatnih osi istodobno za tri režima rada i za svaki tip rukavica, te bez rukavica na prednjoj prihvatnoj ručki motorne pile. Za svako je mjerenje uzimano po pet uzoraka na osnovi kojih je izračunavana aritmetička sredina. Frekvencijska analiza



Slika 5. Svježe posječen trupac tvrdoga drva pripremljen za mjerenja

Figure 5 Freshly-felled hardwood test log shape prepared for measurement

obavljena je za sva mjerenja. Zbog ograničenosti prostora na ovome mjestu nije moguće iznijeti i rezultate frekvencijske analize. Za svaku je os pri svim režimima rada izračunavana vrijednost vrednovanog ubrzanja vibracija, te je na temelju tih vrijednosti potom izračunavan rezultatni vektor vrednovanog ubrzanja. Rezultati su prikazani u tablicama 2. do 4.

Tablica 2. Vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za osi x , y , z i WAS vrijednosti u praznome hodu, m/s^2

Table 2 Frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at idling, m/s^2

Tip zaštitnih rukavica	Os			WAS
	x	y	z	
Bez rukavica	3,02	3,48	1,69	4,91
Decade	3,31	1,18	1,81	3,95
Husqvarna	2,57	3,20	1,81	4,49
Santini	2,90	1,93	1,83	3,93
Venitex	1,85	4,63	1,73	5,27
Vibra Guard	3,25	1,22	1,23	2,92

Tablica 3. Vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za osi x , y , z i WAS vrijednosti u punome gasu, m/s^2

Table 3 Frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at full load, m/s^2

Tip zaštitnih rukavica	Os			WAS
	x	y	z	
Bez rukavica	3,02	3,48	1,69	4,91
Decade	3,31	1,18	1,81	3,95
Husqvarna	2,57	3,20	1,81	4,49
Santini	2,90	1,93	1,83	3,93
Venitex	1,85	4,63	1,73	5,27
Vibra Guard	3,25	1,22	1,23	2,92

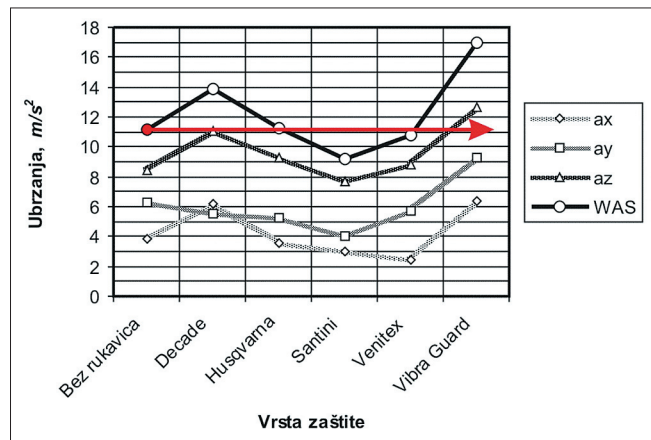
Tablica 4. Vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za osi x , y , z i WAS vrijednosti pri rezanju, m/s^2

Table 4 Frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at cutting, m/s^2

Tip zaštitnih rukavica	Os			WAS
	x	y	z	
Bez rukavica	4,26	3,05	2,92	6,00
Decade	3,63	1,97	4,10	5,82
Husqvarna	3,42	2,61	3,64	5,64
Santini	3,35	3,02	2,87	5,35
Venitex	3,63	3,25	2,95	5,69
Vibra Guard	3,76	2,90	3,57	5,94

Vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija po osima te WAS vrijednosti sadržane u tablicama 2–4, grafički su prikazane u dijagramima na sl. 6 do 9. Kako je jasno vidljivo na sl. 6, mjerenja u praznome hodu pokazala su da samo jedan tip ispitivanih rukavica pokazuje relativno dobra prigušna svojstva. Kod dva tipa rukavica gotovo da nema nikakve razlike, dok je kod dva tipa rukavica došlo do povećanja razine vibracija. Razmatranja se odnose na vrijednosti rezultatnih vektora vrednovanih ubrzanja. Slična su svojstva rukavice

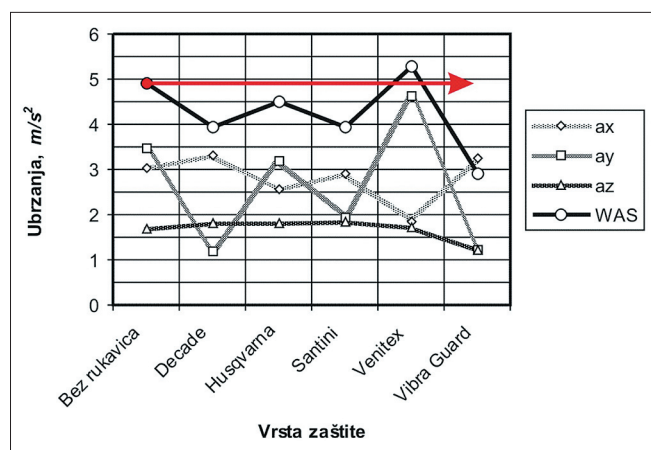
pokazale i u pojedinim osima, što je također jasno vidljivo na sl. 6.



Slika 6. Grafički prikaz vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za sve tri osi i WAS vrijednosti u praznome hodu

Figure 6 Graphical representation of the frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at idling

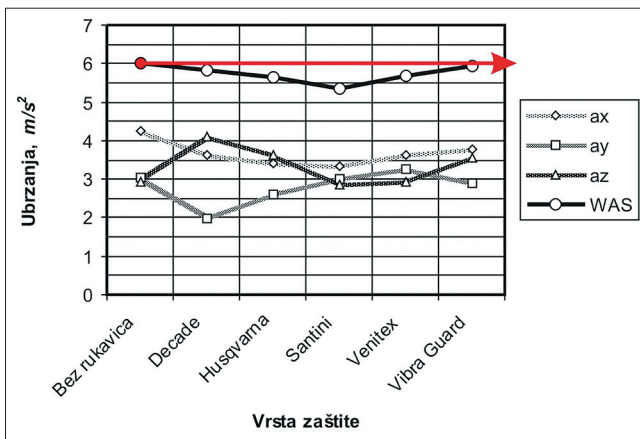
U punome gasu rukavice su pokazale puno bolja prigušna svojstva. To je vidljivo iz grafičkog prikaza WAS vrijednosti na sl. 7. Od pet ispitanih rukavica četiri su tipa pokazala dobra prigušna svojstva kod najvećeg broja okretaja, dok je kod jednog tipa rukavica izmjerena znatni porast razine vibracija. Ovi su rezultati u skladu s rezultatima drugih istraživanja istog problema. Ona su, naime, utvrdila da antivibracijske rukavice dobra prigušna svojstva pokazuju jedino kod viših frekvencija.



Slika 7. Grafički prikaz vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za sve tri osi i WAS vrijednosti u punom gasu

Figure 7 Graphical representation of the frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at full load

Na sl. 8 grafički su prikazane razine vibracija po osima, kao i WAS vrijednosti dobivene mjerenjima tijekom rezanja. Iz grafičkog je prikaza vidljivo da je od pet ispitanih tipova rukavica jedan pokazao dobra svojstva, dva tipa neznatna te dva tipa zanemariva prigušna svojstva. Kod rezanja nije ni na jednom tipu ru-

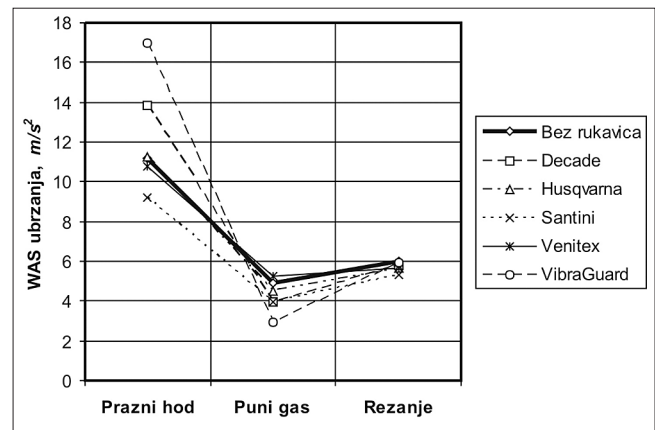


Slika 8. Grafički prikaz vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija za sve tri osi i WAS vrijednosti pri rezanju

Figure 8 Graphical representation of the frequency-weighted acceleration values in all three axes and WAS values at cutting

kavica uočen porast WAS vrijednosti u odnosu na razinu vibracija izmjerenu bez uporabe rukavica.

Zbirni grafički prikaz WAS vrijednosti za sva tri režima rada prikazan je na sl. 9. Iz slike je očito da su kod rezanja izmjerene zanemarive razlike razina vibracija bez rukavica i uz njihovu uporabu. Te su razlike takve da mogu biti i posljedica uobičajenih i prihvatljivih pogrešaka mjerenja. Nasuprot tomu, na istoj se sli-



Slika 9. Ukupan grafički prikaz WAS vrijednosti

Figure 9 Graphical representation of cumulative WAS values

ci vidi da su tijekom punoga gasa svi tipovi rukavica pokazali dobra prigušna svojstva. Posebno je dobra svojstva prigušenja pokazao jedan tip rukavica. Za razliku od rezultata mjerenja dobivenih pri rezanju i kod punoga gasa, u praznome hodu dva tipa rukavica ne samo da ne pokazuju svojstva prigušenja, već naprotiv, povećavaju ukupnu razinu vibracija.

ZAKLJUČAK – Conclusion

Mjerenjima je pokazano da postoje značajne razlike u prigušnim karakteristikama pojedinih tipova antivibracijskih rukavica. U praznome hodu neke od ispitanih rukavica ne samo da ne prigušuju vibracije, već i povećavaju njihovu ukupnu razinu. Iz tabličnih i grafičkih prikaza vidi se da su vrijednosti vrednovanih ubrzanja vibracija u praznome hodu znatno većeg intenziteta od onih u punome gasu i tijekom rezanja. Uz to, vrijeme rada pile u praznome hodu dosta je zastupljeno tijekom rukovanja pilom, pa su prigušna svojstva rukavica u tom režimu rada itekako značajna. Tijekom rezanja mjerenja nisu pokazala značajne razlike sveukupne razine vibracija sa zaštitnim rukavicama i bez njih. Najbolja su prigušna svojstva rukavice pokazale

kod najvećeg broja okretaja. To je ujedno i režim u kojemu pila najmanje radi tijekom korištenja, pa su nam u usporedbi s prethodna dva, prigušna svojstva u tom režimu rada i manje važna. Ovi rezultati ne predstavljaju usamljeni slučaj. Slični su rezultati dobiveni i u drugim nezavisnim istraživanjima. Na temelju svega ranije navedenog, može se zaključiti da postoje značajne razlike u prigušnim karakteristikama pojedinih tipova antivibracijskih rukavica. Stoga je za ispravan odabir rukavica nužno provesti prethodna mjerenja njihovih prigušnih svojstava.

LITERATURA – References

- Goglia, V. 1997. Ergonomske značajke šumarske mehanizacije – problemi njihova mjerenja i vrednovanja. *Mehanizacija šumarstva*, 22(4), 209–217
- Goglia, V., Z. Gospodarić, R. Beljo, I. Đukić, I. Kovačev, 2004. Izloženost vozača malog poljoprivrednog traktora vibracijama. *Zbornik radova Actual tasks on agricultural engineering*, Opatija
- Dong, R. G., D. E. Welcome, T. W. McDowell, Y. Z. Wu, 2006. Measurement of biodynamic response of human Hand-arm system. *Journal of Sound and Vibration*, 294, 807–827
- Griffn, M. J. 1998. Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of hand-transmitted vibration. *Occupational and Environmental Medicine*, 55, 340–348

- Dong, R. G., T. W. McDowell, D. E. Welkome, W. P. Smutz, A. W. Schopper, C. Warren, J. Z. Wu, S. Rakheja, 2003. On-the hand measurement methods for assessing effectiveness of anti-vibration gloves. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32, 283–298.
- ISO 10819-1996. Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand. International Standard Organization, Geneva.
- ISO 7505-1986. Forestry machinery – Chain saws – Measurement of hand-transmitted vibration. International Standard Organization, Geneva.
- ISO 8727-1985. Mechanical vibration and shock – Human exposure – Biodinamic coordinate system. International Standard Organization, Geneva.

SUMMARY: There are various ways of reducing the health-hazards of hand-transmitted vibration. One of the possible protective measures is the use of the anti-vibration gloves, but their effectiveness is still subject to discussion and many experts are questioning it. The procedure for measurement and evaluation of the vibration transmissibility of the anti-vibration gloves is given in ISO 10819-1996 and EN ISO 10819-1996 as well as in the National Standard HRN ISO 10819-2000. Due to the numerous objections on the testing procedure recommended by the above standards many researchers prefer field-testing. In order to assess the effectiveness of anti-vibration gloves of five different manufactureres the Faculty of Forestry – University of Zagreb in co-operation with the public enterprise Hrvatske šume Ltd. carried out a field-testing. The paper reports on the testing results.

Key words: ergonomics, vibration, anti-vibration gloves, testing