

Prispelo/Received: april/April 1994

GDK: 302 : 323.12

OBREMENITVE SEKAČEV S TRESENJEM

Marjan LIPOGLAVŠEK*

Izvleček

Članek prikazuje rezultate pilotske raziskave obremenitev sekačev s tresenjem motorne žage Husqvarna 266 in 254 na vodilnem ročaju. Obremenitve - tehtane vsote pospeškov - ugotovljene na 3 sečiščih v 6 dneh s 4 delavci, znašajo v delovnem času od 6,6 do 10,8 m/s². Ker ima tresenje prekinitve in izpostavljenost ne traja ves delovnik, obremenitve niso tolikšne, da bi ogrožale zdravje sekačev. Med delovnimi postopki z motorno žago obremenitve sekačev namreč niso presegale dvakratne dopustne meje za osemurni delovnik.

Ključne besede: tresenje, obremenitev sekačev, motorna žaga

VIBRATION - LOAD OF LUMBERMEN

Abstract

The article presents the results of a pilot research of lumbermen's load caused by vibrations on a front handle of a Husqvarna 266 and 254 motorsaw. The load - weighed accelerations sum - established in 3 cutting places in 6 days with 4 lumbermen ranged within the working time from 6,6 to 10,8 m/s². Due to the fact that the vibrations are interrupted and the exposure does not last throughout the entire working day, the vibration-load does not reach a level which would be detrimental to lumbermen's health. Among the work elements performed by motorsaw, the load of lumbermen has not exceeded the double limit still permitted for a working day of 8 hours.

Key words: vibrations, lumbermen's load, motorsaw

* dr., dipl. inž. gozd., redni profesor, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Večna pot 83, 61000 Ljubljana, SLO

KAZALO

1	UVOD	151
2	METODE RAZISKAVE.....	151
3	REZULTATI	153
4	POVZETEK	163
	ZUSAMMENFASSUNG.....	164
	VIRI	166

1 UVOD

V preteklosti so motorne žage s svojim tresenjem povzročile številna poklicna obolenja in tudi invalidnost med gozdnimi delavci - sekači. Sedaj uporabljane motorne žage imajo še vedno tudi na antivibracijskih ročajih takšne vibracije, ki lahko povzročijo zdravstvene okvare delavcem, ki jih uporabljajo. Res je sicer, da se je jakost tresljajev na ročajih zmanjšala tudi na eno desetino tiste, ki so jo imele motorke ob začetku njihove uporabe, vendar se je trajanje izpostavljenosti sekačev tresenju zaradi sprememb tehnologije in vse manj ročnega dela v gozdu močno povečalo. Zato smo želeli s to prvo raziskavo ugotoviti, kolikšne so obremenitve sekačev s tresenjem pri uporabi motorne verižne žage Husqvarna v sedanji tehnologiji in slovenskih gozdnogospodarskih razmerah.

O tem, kolikšno je tresenje na ročajih motork med testiranjem lastnosti motork, je veliko podatkov. Prav tako so bile izdelane številne raziskave posledic (tudi metode za njihovo ugotavljanje) uporabe motork. Če pa hočemo preprečiti škodljivost tresenja, moramo poznati obremenitve delavcev z njimi pri konkretnem delu. Za ugotavljanje obremenitev pa doslej ne poznamo niti uporabne metode niti rezultatov raziskav. Zato smo v pilotski raziskavi ob terenskem pouku študentov gozdarstva merili jakost tresenja na vodilnem ročaju motorke v krajših obdobjih v delovnem dnevu. Skušamo določiti obremenitev sekačev s tresenjem. Raziskavo smo opravili na Gozdarskem oddelku BF v Ljubljani v okviru raziskovalnega projekta "Razvoj tehnologije pridobivanja gozdnih lesnih proizvodov", ki sta ga financirali ministrstva za znanost in tehnologijo in za kmetijstvo in gozdarstvo Republike Slovenije. Vodil jo je prof. dr. M. Lipoglavšek, pri njej pa je sodeloval še tehnični sodelavec Jure Pokorn. Gozdnim gospodarstvom Kočevje, Slovenj Gradec in Nazarje se zahvaljujemo za pomoč pri organiziranju in izvedbi raziskave.

2 METODE RAZISKAVE

Ker podatki za večino sodobnih motornih žag povedo, da je tresenje na vodilnem ročaju bistveno močnejše kot na nosilnem ročaju, smo

merili jakost tresenja ob mezinu sekačeve desne roke na vodilnem ročaju motorke. Z objemko smo pritrdili na ročaj kovinsko ploščico, ki je ležala približno vzporedno z zgornjo površino ročaja. Nanjo smo z magnetom pritrdili troosni akcelerometer Brüel at Kjaer 4321. Z-os akcelerometra je bila tako v isti smeri kot je pri večini prijemov vzdolžna os roke in samo približno v vertikalni smeri glede na motorno žago. Roke so enako občutljive na vse tri komponente vektorja vibracij. Zato položaj akcelerometra ni tako pomemben. Drugi dve smeri sta bili seveda pravokotni na z-os, vendar različno postavljeni glede na položaj rok in glede na motorke. Zaradi pogostega snemanja akcelerometra je bil položaj vsakokrat nekoliko drugačen, vendar na izračun obremenitev sekača s tresenjem to ne vpliva. Kadar je sekač odložil motorke, je moral sneti akcelerometer in ga je pritrdil na kovinsko ploščico, ki jo je imel na prsih. Če se je med delom zgodilo, da je magnet popustil in je tipalo padlo s ploščice na motorke, ga je moral sekač sam znova postaviti na ploščico. Akcelerometer je bil s tremi kabli povezan z merilnikom ropota in tresenja Brüel at Kjaer 2231 in dodatkom za merjenje vibracij Brüel at Kjaer 2522. Merilnik je sekač nosil v posebnem nahrbtniku, kjer je bilo skozi okence možno zaradi kontrole delovanja spremljati merjeno vrednost. Merilnik ima vgrajen pomnilnik, ki si lahko za 99 poljubno dolgih časovnih intervalov zapomni večje število merjenih podatkov. Mi smo ga programirali tako, da je bil merilni interval nastavljen ali na pol minute ali na celo minuto. Tako so meritve trajale od 45 do 94 minut v posameznem delovnem dnevu. Iz pomnilnika smo na poseben snemalni list (slika 1) z odčitavanjem po terenskem snemanju zapisali za vsako smer vibracij minimalno in maksimalno raven pospeškov (m/s^2), konice in kvadratično sredino pospeškov. Prav tako smo zapisali še vektorsko velikost ali tehtano vsoto tresenja in pa začetek trajanja vsakega časovnega intervala. Merilnik je programiran tako, da z vgrajenim frekvenčnim filtrom tresenje v vsaki od komponent (smeri) stehta z občutljivostjo človeških rok (HA:WT) in šele nato izračuna vektorsko velikost $\bar{a}_{hw} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$. To je merilo za obremenitev človeka s tresenjem, ki se prenaša prek rok. Merili smo torej obremenitev tako, kot predvideva ISO 5349 oziroma ISO 7505.

SNEMANJE VIBRACIJ

STROJ:	MESTO MERJENJA:
DATUM:	SNEMALEC:
TRAJANJE MERIL. OBDOBJA:	OBMOČJE MERJENJA:

ZAP. ŠT. n	ZAČETEK OBDOBJA (h:m:sn)	SMER MERJENJA													
		X				Y				Z				Σ	
		Min L	Max L	AEQ	Max P	Min L	Max L	AEQ	Max P	Min L	Max L	AEQ	Max P	AEQ	
1.															
2.															
3.															
4.															
5.															
6.															
7.															
8.															

Grafikon 1: Snemalni list

Graph 1: Vibration data recording formular

Ob merjenju jakosti tresenja smo časovno spremljali delo pri sečnji in izdelavi po kontinuirani metodi z ročno uro na 10 sekund natančno in to beležili na poseben snemalni list, ki smo ga izdelali že za druge meritve. Tako smo lahko za vsak posneti interval (1 ali 0,5 minute) določili, kateri delovni postopek (element dela) je v njem prevladoval oziroma približno pripisali vsakemu postopku jakost tresenja. Prav tako smo spremljali tudi delovni učinek delavca v času ugotavljanja obremenitev sekača s tresenjem. Pri obdelavi podatkov smo za vsak delovni postopek izračunali kvadratično sredino tehtane vsote pospeškov in obremenitev sekača v produktivnem času, v vsem posnetem času in v delovnem času. Za delovni čas smo predpostavili dnevno (v osmih urah) pet ur produktivnega in tri ure neproduktivnega časa brez izpostavljenosti vibracijam. Velika nihanja jakosti tresenja na ročajih smo analizirali z grafičnimi predstavitvami.

3 REZULTATI

Vibracije motornih žag - tudi iz proizvodnje Husqvarna - so bile pogosto ugotavljane pri testiranju motornih žag. Prikazano tresenje na testu med prežagovanjem (preglednica 1) kaže, da je tresenje

bistveno močnejše na vodilnem ročaju, zlasti če ga merimo prilagojeno občutljivosti človekovih rok (tehtano).

Preglednica 1: Jakost tresenja med prežagovanjem na testih motornih žag

Table 1: *Vibration level during sawing in the tests of motorsaws*

Motorka smer	Nosilni ročaj				Vodilni ročaj				Preiz- kuše- valec
	Vert.	Hor.	Aks.	Teht. Σ	Vert.	Hor.	Aks.	Teht. Σ	
	pospeški		m/s^2		pospeški		m/s^2		
Husqvarna 266 SE	20	16	19		30	18	24		IGLG
			(lin)				(lin)		
				4,3				12,0	KWF 82
Husqvarna 254				4,7				15,0	KWF 87

Preizkušanja tudi kažejo, da motorka Husqvarna 266 ni povzročala tresenja, ki bi presegalo dopustne meje, ki smo jih pred časom določili za znosne za poklicno rabo motornih žag ($50 m/s^2$ linearno na posameznem ročaju in smeri ali $12 m/s^2$ tehtana vsota). Husqvarna 254 po teh podatkih ne presega nekaterih tujih omejitev, vendar povzroča večje tresenje. Tresenje med prežagovanjem na testu je najtesneje povezano s sekačevo obremenitvijo med delom, tresenje med prostim tekom in med polnim plinom brez obremenitve motorke pa ima le manjši vpliv na delavčevo obremenitev s tresenjem.

Jakost tresenja med delom na vodilnem ročaju motorke se močno spreminja. Tako pestro, kot se časovno spreminjajo delovni postopki, se spreminja tudi jakost tresenja in sekačeva obremenjenost z njim. Tudi med posameznimi elementi dela so nihanja sekačeve obremenitve s tresenjem zelo velika, saj posamezni elementi dela niso homogeni in vsebujejo številne kratkotrajne prekinitve sekačeve izpostavljenosti tresenju. Tako na primer med podiranjem sekač izpusti motorke in naganja drevo ali med kleščenjem motorke premika po deblu in kroji sortimente. Tudi delovne razmere (debelina drevesa, vejnatost ipd.) se spreminjajo in vplivajo na jakost tresenja. Srednje kvadratične sredine pospeškov tresenja vsake pol ali eno minuto prikazujejo slike 2 - 4 za posamezne dneve snemanja tresenja. Vidna so velika nihanja znotraj snemanih dni pa tudi

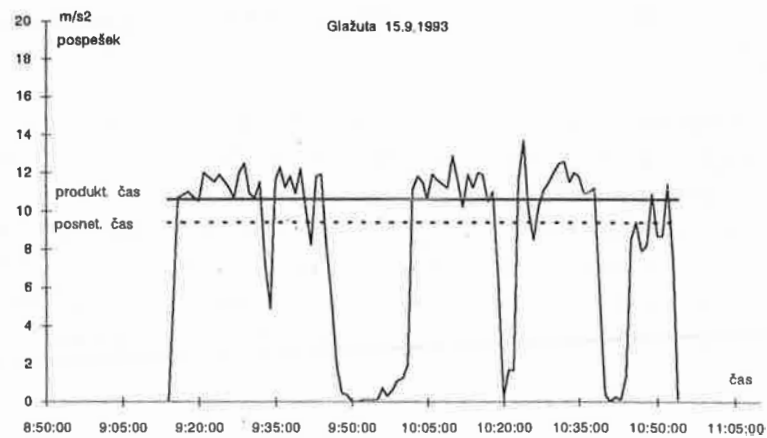
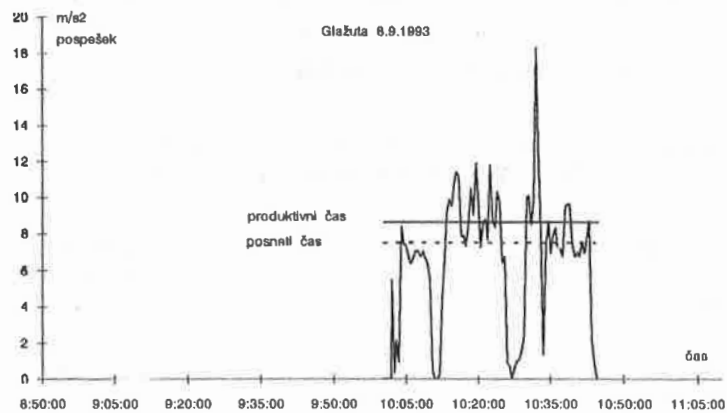
razlike med posameznimi snemanji, odvisne predvsem od delovnih razmer in načina (tehnike) dela posameznega sekača. Nekatere delovne razmere skušamo prikazati v preglednici 2.

Preglednica 2: Podatki o sečiščih med merjenjem tresenja

Table 2: Data about cutting places during vibration measurements

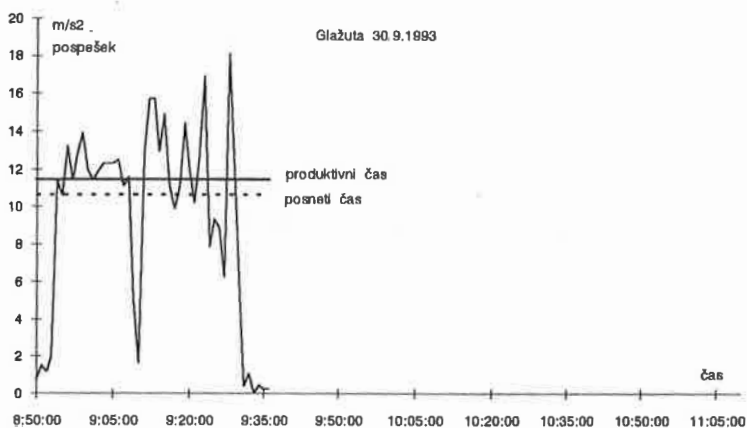
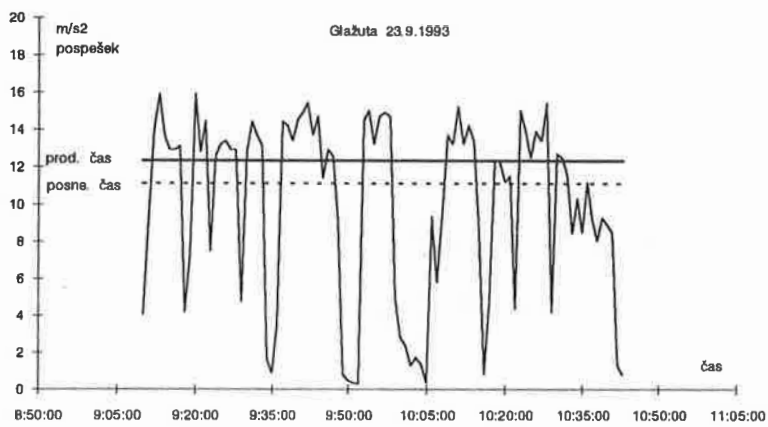
Motorna žaga	Husqvarna 266				Husq. 254	
Sečišče	Glažuta				Mislinja	G. grad
Sekač	I.B.	I.B.	B.R.	B.R.	J.T.	F.G.
Sestoj	je-bu debeljak				sm dg-db	je-sm db
Nagib ter.	vrtačast teren				20%	0%
Datum	8.9.93	15.9.93	23.9.93	30.9.93	9.12.93	4.2.94
Trajanje snem. min	45	91	94	47	47	48
Učinek m ³	4,40	4,90	?	7,50	3,11	3,10

Potek jakosti tresenja, prikazan na grafikonih, je zelo raznolik. V posameznih dneh so prekinitve tresenja med delom tudi daljše, odvisno od sestave posnetega delovnega časa. Druge dni pa med snemanjem praktično ni prišlo do prekinitve tresenja. Ker je bila sestava časa zelo neenotna in ker so snemanja trajala le krajši čas, iz povprečnih obremenitev v posnetem času ni mogoče neposredno sklepati na sekačeve obremenitve s tresenjem v delovnem dnevu.



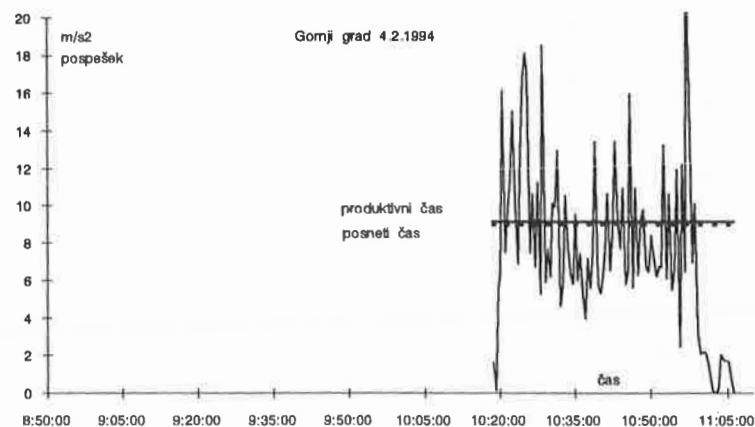
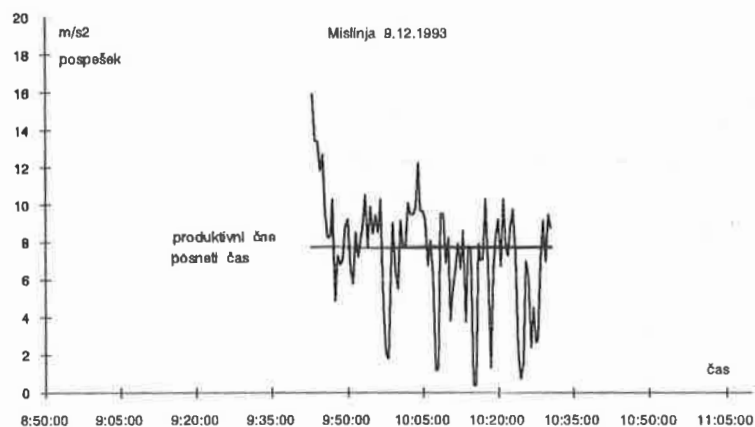
Grafikon 2: Pospeski tresenja na vodilnem ročaju motorke Husqvarna 266 na sečišču Glažuta

Graph 2: Accelerations on front handle of motorsaw Husqvarna 266 on cutting-place Glažuta



Grafikon 3: Pospeški tresenja na vodilnem ročaju motorke Husqvarna 266 na sečišču Glažuta

Graph 3: Accelerations on front handle of motorsaw Husqvarna 266 on cutting-place Glažuta



Slika 4: *Pospeški tresenja na vodilnem ročaju motork Husqvarna 266 (Mislinja) in Husqvarna 254 (Gornji Grad)*

Graph 4: *Accelerations on front handle of motorsaws Husqvarna 266 (Mislinja) and Husqvarna 254 (Gornji Grad)*

Za izhodišče ocene obremenjenosti smo zato vzeli povprečno jakost tresenja v produktivnem času in ob domnevi, da v neproduktivnem času ni izpostavljenosti tresenju, izračunali dnevno obremenjenost sekača s tresenjem. Na grafikonih sta vrisani tehtani kvadratični sredini jakosti tresenja (obremenitev) med produktivnim in med

posnetim časom. V preglednici 3 pa je prikazana izračunana sekačeva obremenitev s tresenjem v delovnem času ob dodatni podmeni, da traja produktivni čas $5/8$ delovnega dneva (37,5% dodatnega časa brez tresenja).

V preglednici 4 prikazujemo še sestavo produktivnega in posnetega časa v posameznih dnevih snemanja, ker ta poleg načina dela najpomembneje vpliva na sekačevo obremenitev s tresenjem. Med delovnimi postopki so namreč velike razlike v jakosti tresenja na vodilnem ročaju.

Jakost tresenja na vodilnem ročaju motork, ki mu je izpostavljena sekačeva roka, niha torej od nič pa do redkih konic prek 20 m/s^2 . Med produktivnim časom večinoma niha med 8 in 15 m/s^2 . Povprečna jakost tresenja med produktivnim časom (preglednica 3) izračunana kot tehtana kvadratična sredina pospeškov med delovnimi postopki (vektorska velikost) je bila izmerjena od $7,7$ do $12,3 \text{ m/s}^2$. Razlike med posameznimi snemanimi dnevi so zelo velike. Največje tresenje smo ugotovili pri sečnji v jelovo-bukovem debeljaku v dnevih, ko je sekal sekač, ki je bil zelo prizadeven, učinkovit in je zelo dobro izrabljaj delovni čas za produktivno delo oziroma je imel delež motornega žaganja velik. Zdi se, da je jakost tresenja najbolj odvisna od tega, koliko naslanja motorko na deblo. Čeprav je imela motorka Husqvarna 254 na testu močnejše tresenje kot Husqvarna 266, pa z enim samim merjenjem nismo mogli ugotoviti, da bi med delom povzročala močnejše tresenje. Tresenje je seveda največje med delovnimi postopki z motorno žago. Upošteva tudi krajše prekinitve je bila jakost tresenja največja med podiranjem drevja ($8,4 - 13,2 \text{ m/s}^2$). Zelo podobna je bila tudi med kleščanjem ($8,1 - 13,1 \text{ m/s}^2$), nekaj manjša pa med prežagovanjem, ki vsebuje tudi čas krojenja sortimentov ($7,5 - 12,1 \text{ m/s}^2$). Kleščanje, ki je med našimi snemanji trajalo $52 - 67\%$ (preglednica 4) produktivnega časa, največ prispeva k skupni sekačevi obremenitvi s tresenjem. Tresenje, izmerjeno med ostalimi elementi dela, je bistveno manjše in ne izvira od motorne žage ampak je akcelrometer zabeležil tudi delavčevo gibanje, ki pa ne pomeni obremenitve s tresenjem.

Preglednica 3: Tresaenje na vodilnem ročaju motorke - obremenitve sekača

Table 3: Lumbermen's vibration load on front handle of motorsaws

Motorna žaga	Husqvarna 266					Husq. 254
	Glažuta				Mislinja	Gor. Grad
Sečišče Datum Delovni postopek	8.9.93	15.9.93	23.9.93	30.9.93	9.12.93	4.2.94
	srednji pospešek m/s ²					
PREHOD	7,12	5,65	3,11		2,14	3,93
PODIRANJE	11,02	13,16	12,25		8,43	12,51
SPROŠČANJE					6,31	
KLEŠČENJE	11,02	13,14	12,50		8,12	9,22
PREŽAGOV.	9,99	11,11	12,07		7,54	10,45
OBRAČANJE					1,89	
VZDRŽ. MOT.			3,62			1,82
GOZDNI RED						12,20
PROD. ČAS	8,67	10,60	12,31	11,44	7,69	9,09
ZASTOJ	1,77	6,31	6,68	9,35		
ODMOR	1,77	0,90	0,59	4,50	3,70	2,44
POSNETI ČAS	7,52	9,40	11,10	10,62	7,66	8,93
DELOVNI ČAS	7,39	7,64	10,82	9,77	6,56	7,83

Obremenitve lahko nastanejo še med sproščanjem drevesa, če sekač tedaj uporablja motorko in med vzdrževanjem gozdnega reda, če z motorko razžaga veje, vrh ali beli panj. Pri naših snemanjih smo posneli nekaj tresaenja tudi med zastoji, ker deloma tudi tedaj motorka deluje. Posneli smo od 1-35% dodatnega časa. Ob navedenih podmenah izračuna dnevne osemurne sekačeve obremenitve s tresaenjem je v posnetih dneh znašala ta od 6,6-10,8 m/s². To je z občutljivostjo rok in s trajanjem izpostavljenosti po produktivnih delovnih postopkih stehtana kvadratična sredina pospeškov, ki nam po standardih najbolje predstavlja delavčevo obremenitev s tresaenjem.

Preglednica 4: Sestava časa med snemanjem tresenja v % produktivnega časa)

Table 4: Time structure during vibrations recording (in % of productive time)

SEČIŠČE DATUM POSTOPEK	Glažuta				Mislinja	G. grad
	8.9.93	15.9.93	23.9.93	30.9.93	9.12.93	4.2.94
PREHOD		7	10	8	8	2
PODIRANJE		14	24	21	15	12
SPROŠČANJE					4	
KLEŠČENJE		60	52	52	67	56
PREŽAGOV.		19	14	11	4	13
OBRAČANJE					2	
VZDRŽ. MOT.				8		16
GOZDNI RED						1
PROD. ČAS	100	100	100	100	100	100
ZASTOJ	35	14	10	5		4
ODMOR		16	21	18	1	1
POSNETI ČAS	135	130	131	123	101	105

Kolikšno obremenitev pa te številke pomenijo? Za sedaj še ni dogovorjene dopustne meje izpostavljenosti. ISO standard 5349 določa samo za 24 terčnih frekvenčnih pasov od 6,3 do 1250 Hz maksimalne jakosti dopustnega tresenja v osmih urah za posamezno smer tresenja. Če za celotno frekvenčno območje te dopustne meje seštejemo, kot predvideva standard za izračun frekvenčno tehtane obremenitve po obrazcu:

$$a_k = \sqrt{\sum (k_j \times a_j)^2} \quad \text{kjer je}$$

a_k = kumulativna dopustna meja

k_j = korekcijski faktor za posamezen frekvenčni pas po ISO

a_j = dopustni pospešek tresenja za roke v frekvenčnem pasu

dobimo za posamezno smer in območje od 6,3 do 1250 Hz dopustno mejo izpostavljenosti za 8 ur, ki je enaka $3,919 \text{ m/s}^2$. Iz tega izračunana vektorska velikost za tri enakovredne komponente pa znaša $6,788 \text{ m/s}^2$. To bi pomenilo, da so bili sekači, ki smo jih snemali skoraj vedno izpostavljeni tresenju, ki je večje od dnevno trajno dopustne meje. To velja za tresenje, ki neprekinjeno traja ves delovni dan. K sreči tresenje motornih žag ni takšno. Nekateri

standardi dopuščajo tudi do petkrat močnejše tresenje, če traja le krajši del delovnika in ima prekinitve. Tako so lahko npr. po nekdanjem čehoslovaškem standardu vibracije dvakrat močnejše, če trajajo s prekinitvami samo 1-2 uri dnevno ali po drugih, če trajajo prekinitve vsako uro do 20 minut in tresenje skupaj le 2-4 ure dnevno. Efektivni čas dela z motorko bi lahko torej primerjali z dopustno mejo ($2 \times 6,788$) $13,576 \text{ m/s}^2$. Tedaj za naša snemanja lahko ugotovimo, da tresenje med delovnimi postopki z motorno žago ne presega dopustne meje izpostavljenosti, če dnevno ne trajajo več kot 4 ure in imajo prekinitve. V večini primerov torej sekači niso obremenjeni s tresenjem, ki bi povzročalo zdravstvene okvare, vendar pa lahko vpliva na njihovo delovno sposobnost in zato na delovne učinke. Z podaljševanjem delovnega časa (npr. usluge) pa lahko tudi sedaj uporabljene motorke z antivibracijskimi ročaji, torej z dušenim tresenjem, povzročajo preobremenitve sekačev. Ugotovimo lahko tudi, da tresenje motork, ki so bile že nekaj časa v rabi med delovnimi postopki podiranja in kleščanja, nekoliko presega jakosti, ki so bile ugotovljene na testiranju novih motork med prežagovanjem. Razmere med delom so seveda različne od tistih v "laboratoriju" med testiranjem. Kot kaže namreč preglednica 5, so sekačeve obremenitve tudi v produktivnem času presegle dnevno dopustno mejo le od 1,13 do 1,81 krat, torej manj kot dvakrat.

Preglednica 5: Preseganje dopustnih obremenitev v 8 urah

Table 5: Overloading the 8 hour permitted vibration exposure limit

Sečišče Datum	Glažuta				Mislinja 9.12.93	G. grad 4.2.94
	8.9.93	15.9.93	23.9.93	30.12.93		
Preseganje dopustne meje za delovni čas	1,09	1,13	1,59	1,44	0,97	1,15
Preseganje dopustnega v produkt. času	1,28	1,56	1,81	1,69	1,13	1,34

4 POVZETEK

Tresenje motornih žag je nekdanj povzročalo številna vibracijska obolenja in invalidnost sekačev. Kljub temu, da so antivibracijski ročaji močno zmanjšali jakost tresenja, pa obremenitve sekačev z njim niso nepomembne. S povečanjem deleža motornega žaganja v sodobnih tehnologijah sečnje se je namreč povečalo trajanje sekačeve izpostavljenosti tresenju.

Obremenitev sekačev s tresenjem smo ugotavljali tako, da smo na vodilnem ročaju, kjer je tresenje tudi preko trikrat močnejše kot na nosilnem (preglednica 1), merili pospeške tresenja. Ob mezinu sekačeve roke smo na ročaj pritrdili troosni akcelerometer in spremljali tehtano vektorsko velikost (vsoto) pospeškov. Pomnilnik instrumenta jo je zabeležil vsake pol ali celo minuto. Za tak časovni interval smo ugotovili tudi prevladujoči delovni postopek in tako smo izračunali obremenitve sekačev kot kvadratične sredine med postopki, v produktivnem in v vsem posnetem času. Ob podmeni, da med neproduktivnim časom (3 ure dnevno) ni obremenitev sekačev s tresenjem, smo izračunali še dnevne obremenitve sekačev v delovnem času (preglednica 3). Snemanja jakosti tresenja so bila narejena na treh sečiščih v šestih delovnih dneh s štirimi sekači in so trajala od 45 do 94 minut (preglednica 2).

Tresenje je največje med delovnimi postopki z motorno žago. Jakost tresenja, upošteva tudi krajše prekinitve je bila največja med podiranjem drevja ($8,4-13,2 \text{ m/s}^2$), podobna je bila med kleščanjem ($8,1-13,1 \text{ m/s}^2$), nekaj manjša pa med prežagovanjem in krojenjem ($7,5-12,1 \text{ m/s}^2$). Tehtana kvadratična sredina pospeškov med vsem produktivnim časom je znašala od $7,7-12,3 \text{ m/s}^2$, preračunano na delovni čas pa je bila obremenitev sekačev od $6,6$ do $10,8 \text{ m/s}^2$. Okrog teh navedenih sredin pa obremenitve močno nihajo: v delovnem času od nič do konic prek 20 m/s^2 in v produktivnem času večinoma med 8 in 15 m/s^2 . Največ k skupnim obremenitvam prispeva tresenje med kleščanjem, ker je njegova jakost velika in ker je trajanje izpostavljenosti veliko: od $52-67\%$ produktivnega časa (preglednica 4). Obremenitve sekačev so v večini posnetih dni presegale izračunano, vendar še ne standardizirano dopustno mejo za

8 ur izpostavljenosti (0,97 do 1,59 krat - preglednica 5). Ker pa te obremenitve trajajo krajši čas v delovnem dnevu, ker imajo prekinitve in ker med delovnimi postopki z motorko ne prescigajo 2 kratne vrednosti dopustne meje, ne ogrožajo zdravja sekačev, kadar delo z motorko ne traja več kot 2-4 ure na dan. Da bi še zmanjšali škodljivost tresenja motork jih je treba redno vzdrževati (npr. zamenjava AV čepov), uporabljati rokavice, ki ohranijo roke tople in prav tako ni smotrno podaljševati delovnika oz. dnevnega časa uporabe motorke. Brez teh varstvenih ukrepov lahko tudi pri sodobnih motorkah še pričakujemo okvare zdravja sekačev.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Schwingungen der Motorsäge haben früher zahlreiche Vibrationserkrankungen und auch Invalidität der Waldarbeiter verursacht. Die AV-Griffen haben die Schwingungen der EMS sehr vermindert. Trotzdem sind die Schwingungsbelastungen der Huarbeiter noch immer bedeutend. Bei den neuen Arbeitsverfahren hat sich nämlich der Zeitanteil der Motorsägearbeit und damit die Dauer der schädlichen Schwingungseinflüsse auf den Arbeiter vergrößert.

Man hat die Belastungen der Arbeiter mittels der Messung der Beschleunigungen am hinteren Griff der EMS festgestellt. Dort sind die Beschleunigungen über dreimal grösser als am vorderen Griff (Tabelle 1). Neben dem kleinen Finger der Arbeitershand hat man am Griff einen dreiaxigen Beschleunigungsaufnehmer befestigt und die frequenzgewichtete Vectorsumme während der Arbeit aufgenommen. Der Messwertspeicher des Brüel et Kjaer Instruments 2231 hat sich die Daten für jede halbe oder für jede ganze Minute gemerkt. Für dieselben Zeitintervalle hat man auch das überwiegende Arbeitselement festgestellt. Die Arbeiterbelastungen wurden dann als quadratisches Mittel für alle Arbeitselemente, für RAZ und für die ganze aufgenommene Zeit berechnet. Mit der Voraussetzung, dass die unproduktive Zeit täglich 3 Stunden dauert und ohne Belastungen verläuft, wurden auch die täglichen Schwingungsbelastungen der Huarbeiter in der GAZ errechnet (Tabelle 3). Die Aufnahmen der

Schwingungsbeschleunigungen wurden an drei Arbeitsplätzen in sechs Arbeitstagen mit vier Arbeitern getan. Sie dauerten von 45 bis 94 Minuten (Tabelle 2). Die Schwingungen haben die grössten Beschleunigungen während der Motorsägearbeit. Sie haben die grössten Werte, auch kürzere Unterbrechungen einbezogen, während des Baumfällens ($8,4 - 13,2 \text{ ms}^{-2}$). Ähnlich sind sie auch während des Entastens ($8,1 - 13,1 \text{ ms}^{-2}$), etwas kleiner aber während des Durchsägens ($7,5 - 12,1 \text{ ms}^{-2}$). Die gewichtete quadratische Summe der Beschleunigungen war in gesammter RAZ $7,7 - 12,3 \text{ ms}^{-2}$, die Belastung der Arbeiter, berechnet für die ganze Arbeitszeit (GAZ) war aber von $6,6$ bis $10,8 \text{ ms}^{-2}$. Die Werten schwanken während der GAZ um diese Durchschnittswerte von Null bis zu den Spitzen von über 20 ms^{-2} und in der RAZ meistens von 8 bis 15 ms^{-2} . In den gesammten Belastungen hat das Entasten den grössten Anteil, weil die Schwingungen und auch die Dauer der Aussetzung gross sind (von 52 bis 67 Prozent der RAZ - Tabelle 4). In den meisten untersuchten Arbeitstagen waren die Belastungen grösser als eine berechnete, aber noch nicht standardisierte für 8 Stunden erlaubte Grenze (errechnet im Einklang mit ISO 5349, $0,97$ bis $1,59$ mal grösser, Tabelle 5). Weil aber diese Belastungen im Arbeitstag mit Unterbrechungen und nur eine kürzere Zeit auftreten, weil sie unter dem doppelten Wert der erlaubten Grenze liegen, wird die Gesundheit der Arbeiter nicht beeinträchtigt, aber nur, wenn die Motorsägearbeit täglich nicht länger als 2 bis 4 Stunden dauert.

Um die Schädlichkeit der Schwingungen noch weiter zu vermindern muss man die Motorsägen regelmässig unterhalten z.B. die Schwingungsdämpfer wechseln und die Handschuhe, die die Hände warm halten, sollten von den Arbeitern getragen werden. Auch die Verlängerungen des Arbeitstages oder der täglichen EMS-Zeit sind sinnlos. Ohne diese Arbeitsschutzmassnahmen kann bei den Huarbeitern auch beim Gebrauch der modernsten Motorsägen zu den Gesundheitsschäden kommen.

VIRI

- LIPOGLAVŠEK, M., 1991, Ergonomija v gozdarstvu, - Tehniška založba Ljubljana, 168 s.
- LIPOGLAVŠEK, M., 1990, Belastung der Waldarbeiter mit Lärm und Schwingungen, - 19. IUFRO World Congress, Montreal, Division 3, Proceedings, s. 243-251.
- RUPPERT, D., 1987, Aus der Arbeit des FPA - Motorsägen. - Forsttechnische Informationen 39, 8, KWF Mainz
- ISO 5349, 1986 Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration
- ISO 7505, 1986 Forestry machinery - Chain saws. Measurement of hand transmitted vibration