

## Vplivi na obremenitev sekačev s tresenjem

### Factors Influencing the Vibration-load of Lumbermen

Marjan LIPOGLAVŠEK\*

#### Izvleček

Lipoglavšek, M.: Vpliv obremenitev sekačev s tresenjem. Gozdarski vestnik, št. 7-8/1995. V slovensščini s povzetkom v angleščini, cit. lit. 6.

V načrtovanem poskusu je bila z enim sekačem ugotovljena obremenitev s tresenjem na vodilnem ročaju pri sečni iglavcev in pri sečni bukovine z rabljeno in novejšo motorno žago Husqvarna 266. Rezultati so primerjani s tresenjem na nosilnem ročaju in z obremenitvami sekačev na sečiščih po vsej Sloveniji (11 dni). Ugotovljene povprečne obremenitve na vodilnem ročaju med produktivnim časom ( $6,2 - 12,3 \text{ ms}^{-2}$ ) ne presegajo dopustne meje za več kot dvakrat. Pri delu z motorno žago, ki traja le 2-4 ure na dan s prekinitvami, ni ogroženo zdravje sekačev. Obremenitve sekačev s tresenjem so večje, kadar delajo s starejšo, rabljeno motorno žago, kadar seka bukovino in kadar je med delom manj ročnega dela.

**Ključne besede:** tresenje, obremenitev sekačev, motorna žaga, delovne razmere

#### Synopsis

Lipoglavšek, M.: Factors Influencing the Vibration-load of Lumbermen. Gozdarski vestnik, No. 7-8/1995. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 6.

In a planned experiment with one lumberman the vibration-load from the rear handle during felling of conifer and beech trees by new and older Husqvarna 266 motorsaws was investigated. The results were compared to the vibrations on the front handle and the vibration loads in other cutting places in Slovenia. The average vibration-load of lumbermen on the rear handle during productive time ( $6,2 - 12,3 \text{ ms}^{-2}$ ) has not exceeded the double limit permitted for a working day. If the work with a motorsaw doesn't last more than 2-4 hours daily and is interrupted, the vibrations are not detrimental to lumbermen's health. The vibration-load is higher, when lumbermen use an older, used motorsaw, when they cut beech-trees and when there is less manual work.

**Keywords:** vibrations, lumbermen's load, motor-saw, working condition

#### 1 UVOD

##### 1 INTRODUCTION

Potem ko smo v letu 1993 opravili prvo pilotsko raziskavo o tresenju motornih žag in o obremenitvah sekačev (LIPOGLAVŠEK 1994), smo v letu 1994 zastavili raziskavo oziroma poskus, da bi ugotovili, kaj lahko vpliva na višino obremenitev sekačev s tresenjem. En sekač je s starejšo in novejšo motorno žago sekal (6 dni) v različnih delovnih razmerah, v sečiščih listavcev in iglavcev. Jakost tresenja smo ugotavljali predvsem na vodilnem, pa tudi na nosilnem ročaju motorne žage Husqvarna 266. V raziskavo smo vključili še sečišča iz pilotske raziskave (6 dni) in sečišča, kjer smo v letu

1994 izvajali meritve med študentskim terevenskim poukom (5 dni).

Raziskavo obremenitev sekačev s tresenjem smo opravili na Gozdarskem oddelku BF v Ljubljani v okviru raziskovalnega projekta "Razvoj tehnologije pridobivanja gozdnih lesnih proizvodov" (financiranje MZT in MKGP). Raziskavo je vodil prof. dr. M. Lipoglavšek, pri njej je sodeloval tehnični sodelavec Jure Pokorn. Planirani poskus smo izvedli na gozdnem obratu Bukovje, GG Postojna. Meritve je potrpežljivo prenašal sekač B.S., pri organizaciji merjenja pa je sodelovalo tehnično osebje obrata, zlasti vodja ing. J. Zadnik. Druga snemanja so nam omogočila gozdna gospodarstva Kočevje, Slovenj Gradec, Nazarje, Novo mesto in Postojna. Vsem sodelujočim, zlasti pa sekačem najlepša hvala, da so pripomogli k izvedbi raziskave.

Čeprav sodobne motorne žage povzročajo mnogo manjše tresenje kot nekdanje,

\* Prof. dr. M. L., dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, Večna pot 83, Ljubljana, SLO

lahko zaradi daljše izpostavljenosti še vedno pride do obremenitev, ki povzročijo zdravstvene okvare. Zagotovo pa tresenje še vedno zmanjšuje delovno sposobnost in udobje delavca, kar pomeni zmanjšanje delovnega učinka. Torej je še vedno z varstvenimi ukrepi potrebno zmanjševati obremenitve sekačev. Da bi to lahko uspešno storili, je treba poznati tiste dejavnike, ki vplivajo na obremenitve. Namen naše raziskave pa je spoznati nekatere med njimi: drevesna vrsta, starost motorke, način dela, delovne operacije.

## 2 METODE RAZISKAVE

### 2 INVESTIGATION METHODS

Ker testi motornih žag ugotavljajo na vodilnem ročaju bistveno večjo jakost tresenja, smo tudi obremenitve ugotavljali pretežno z merjenjem jakosti tresenja na vodilnem ročaju. Kot je že bilo podrobno opisano (LIPOGLAVŠEK 1994), smo na ročaj motorne žage prek kovinske ploščice z magnetom pritrdili triosni akcelerator Brüel et Kjaer 4321 in ga s tremi kablji povezali z merilnikom B et K 2231 z dodatkom za merjenje vibracij B et K 2522. Merilnik, ki ga je sekač nosil na hrbtu, smo programirali tako, da je vsakih 30 sekund beležil za vsako komponento vektorja minimalno in maksimalno raven pospeškov, konice in kvadratično sredino pospeškov. Ker lahko zabeleži le 99 intervalov, smo vsak dan snemali dvakrat po okrog 48 minut. Vmes, med dvema snemanji, smo odčitali podatke na poseben snemalni list, oziroma zadnji dan meritev prenesli na prenosni računalnik.

Meritve jakosti tresenja zunaj planiranega poskusa pri študentskem terenskem pouku so trajale le eno časovno obdobje okrog 48 minut z intervali po 30 sekund. Pilotna snemanja v Glažuti pa smo naredili še z intervali, ki so trajali po eno minuto in je bilo tako trajanje meritev spet daljše. Merilnik je bil naravnano tako, da je tresenje v posamezni smeri stal na občutljivostjo človekovih rok (HA:WT) in izračunal tudi vektorsko velikost pospeškov ali tehtano vsoto tresenja  $a_{hw}$  ( $ms^{-2}$ ). Obremenitev sekača smo izrazili z  $a_{hw}$  tako, kot predvidevata standarda ISO 5349 in ISO 7505.

Tudi pritrditev akceleratorja je bila v skladu s standardi, vendar je bila stalna samo vertikalna Z os: vzporedno z vzdolžno osjo roke. Zaradi pogostega snemanja in vno-vičnega pritrjevanja akceleratorja se je spreminjal položaj drugih dveh smeri (X in Y). To pa za rezultat obremenitve ni pomembno, saj so roke za vse smeri tresenja enako občutljive. Kadar sekač odloži motorke, pritrdi akcelerator na prsi in s tresenjem ni obremenjen. Merilnik pa tudi beleži nihanja zaradi njegovega gibanja, vendar so vrednosti tako majhne, da na ugotovljene obremenitve s tresenjem praktično ne vplivajo. Na vodilnem ročaju je bil akcelerator pritrjen ob mezinu leve roke na ravnem delu ročaja. Z os je bila obkraj samo približno vzporedna z vertikalno smerjo na motorki (valj).

Med meritvami obremenitev s tresenjem smo dejavnost sekača, operacije in gibe spremljali z video kamero SONY CCD TR 305E z vgrajeno uro s sekundami. Čas v merilniku vibracij (pomnilniku) in v kameri je moral biti točno usklajen. S poznejšim spremljanjem video posnetka smo za vsak časovni interval (30 sekund) posnetih podatkov o vibracijah ugotovili prevladujoči element dela. Pri nadaljnji obdelavi so tako izpadla prav kratka časovna obdobja posameznih operacij ali celo operacije v celoti, če vedno trajajo manj kot 15 sekund (npr. krojenje) oziroma jih nismo mogli ločeno obdelati. Spremljanje dela z video kamero bi lahko odkrilo tudi vzroke za spreminjanje obremenitev s tresenjem, npr. tehnika dela z naslanjanjem motorke na deblo, vendar se teh analiz še nismo lotili. Med meritvami jakosti tresenja pri terenskem pouku s študenti (na vseh deloviščih, razen pri načrtovanem poskusu), pa smo potek dela časovno spremljali po kontinuirani metodi z ročno uro na 10 sekund natančno in to beležili na snemalni list, ki smo ga izdelali že za druge raziskave (težavnost dela, obremenitve z ropotom). Spremljali smo tudi učinek dela sekača z merjenjem izdelanih sortimentov med merjenjem jakosti ropota. Podatke o drevesu in sortimentih smo spet beležili na poseben snemalni list. Za povezavo z meritvami tresenja smo zapisovali točen čas začetka dela pri posameznem drevesu.

Pri obdelavi zbranih podatkov smo vse zbrane podatke o jakosti tresenja za posamezne smeri in tehtano vsoto pospeškov (vektorske velikosti) ter čas in prevladujoči element dela (operacija, ob pomoči dvoštevilskih kod) vnesli v računalnik s programom Microsoft Excel 5.0.

Najprej smo izrisali časovni potek jakosti tresenja v posameznih obdobjih snemanja: dvakrat po okrog 48 minut na dan. Za vse podatke smo za ta obdobja izračunali tudi srednje vrednosti - kvadratične sredine za posamezne elemente dela, za produktivni, za neproduktivni in za ves posneti čas. Med seboj smo jih primerjali tabelarično in z grafičnimi prikazi. Srednje vrednosti obremenitev smo izračunali tudi za posamezne dneve snemanja oziroma posamezna sečišča. Razlike med njimi smo ali za vsa sečišča ali pa za delovne operacije z motorno žago, predvsem kleščenje v posameznih sečiščih, testirali z neparametričnimi metodami: Kruskal-Wallisovim testom.

### 3 REZULTATI RAZISKAVE

#### 3 INVESTIGATION RESULTS

#### 3.1 Delovne razmere med snemanjem tresenja

##### 3.1 Working conditions

Jakosti tresenja smo snemali na 11 sečiščih po Sloveniji v skupno 17 delovnih dneh. V načrtovanem poskusu na GG Postojna smo od tega 6 dni snemali na 3 sečiščih. Na GG Kočevje smo snemali 7

dni na 4 sečiščih, sicer pa po en dan na gozdnih gospodarstvih Slovenj Gradec, Nazarje in Novo mesto. Razen dveh dni v poskusu, smo ves čas merili jakost tresenja na vodilnem ročaju motorne žage. Prevladovala je sečnja iglavcev razen na enem sečišču v poskusu. Ponekod je bilo pri sečnji v mešanih sestojih posekanih tudi nekaj drobnejših bukovih dreves. V posameznem delovnem dnevu so snemanja trajala od 39 (Grčarice) do 99 minut (Glažuta). Sestoji dreves so bili različni, zato tudi delovni učinki. V posnetem času je bilo posekano in izdelano po sečiščih od 1 do največ 7 dreves in izdelano od 2,53 do 7,97 m<sup>3</sup> sortimentov (merjeno z lubjem). Učinki so bili tako raznoliki, ker so bili načini izdelave

(tehnologija) zelo različni. Predvsem je bilo izvajanje gozdnega reda zelo različno. Tudi prizadevnost sekačev je bila različna. Podatki o sečiščih, trajanju snemanja in delovnih učinkih so zbrani v preglednici 1.

Večina sečnje je bila na dinarskem območju v združbah jelovega bukovja in v mešanih sestojih, v debeljkih, ki so bili ponekod že pomlajeni. Posamezni smrekovi sestoji so bili tudi na bukovih, jelovih ali hrastovih rastiščih. Teren v sečiščih je bil le malo nagnjen: največ do 20% ali pa je bil vrtačast. Prehodnost smo ocenili kot lahko ali pa srednje dobro. Načrtovani poskus smo izvedli v treh sečiščih v pomlajenih debeljkih jelke in smreke (Hrušica, Sončna cesta) in v pomlajenem debeljaku bukve in javorja (Nanos). Vejnatosť drevoja smo ocenili večinoma kot srednjo vejnatosť. Gostota odkazila je bila zelo različna, saj smo razdaljo med odkazanimi drevesi ocenili od 5 do 30 m. Snemanja so potekala večinoma pri ugodnih vremenskih razmerah. Le enkrat je še ležal sneg (Mislinja), temperaturo zraka smo ocenili od 0°C do 25°C. Podrobnejši podatki o sečiščih so zbrani v preglednici 2.

Sekač, ki je sodeloval pri našem načrtovanem poskusu je bil šolan za sekača v GŠC, star je bil 34 let in je imel 18 let delovnega staža kot sekač. Čeprav torej izkušeni sekač pa njegova tehnika dela ni bila povsem popolna. Motorško je namreč po naši oceni precej časa držal v rokah, čeprav bi jo lahko pogosto naslonil na deblo ali na svoje telo. Tudi čelade pri delu ni uporabljal. Sekira, ki jo je uporabljal za naganjanje, je bila slabo nasajena. Drugi sekači, ki smo jih snemali, večinoma niso bili šolani, ampak le priučeni na tečajih. Njihova tehnika dela je imela pogosto še več nepravilnosti, tudi opremljenost ni bila vedno popolna. Velikost in teža sekačev je bila nadpovprečna. To lahko pomeni več težav pri pripogibanju k predmetu dela in zato manj naslanjanja motorne žage. Vsi so bili starejši in izkušeni - z daljšim delovnim stažem. Podatki o sekačih so zbrani v preglednici 3. Njihovo prizadevnost med delom smo ocenili večinoma kot dobro do odlično. Na visoko stopnjo prizadevnosti kažejo deloma tudi njihovi delovni učinki (preglednica 1, do 13 m<sup>3</sup> v produktivni uri).

Preglednica 1: Trajanje snemanj in delovni učinki  
 Table 1: Work sampling duration and work performance

GOZDNO GOSPODARSTVO  FOREST ENTERPRISE	SEČIŠČE CUTTING AREA	DATUM DATE	TRAJANJE SNEMANJ SAMPLING DURATION			UČINKI PERFORMANCE VALUES				
			TRAJ. INTERVALA INTERVAL'S DURATION	ŠT. INTERVALA INTERVAL'S NUMBER	TRAJ. MINUT DURATION IN MINUTES	DREV. VRSTA TREE SPECI- ES	ŠTEVILO / NUMBER		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> prod. uro/rod. hours
						DREVES OF TREES	SORT IM. ASSORTM.			
KOČEVJE	GLAŽUTA	8.9.93	30 s	89	44,5	je, bu	3	8	4,40	8,00
	GLAŽUTA	15.9.93	1 min	99	99	je	2	5	4,90	4,06
	GLAŽUTA	23.9.93	1 min	94	94	je, bu				
	GLAŽUTA	30.9.93	1 min	47	47	je, bu	2	6	7,50	12,86
SLOV. GRADEC NAZARJE	MISLINJA	9.12.93	30 s	96	48	sm	7	18	3,11	3,39
	GORNJI GRAD	4.2.94	30 s	96	48	je	1	8	3,10	4,89
KOČEVJE	GRČARICE	18.3.94	30 s	78	39	sm	3	9	2,53	5,06
	NOVO MESTO BREZ.REB.	12.5.94	30 s	94	47	sm	2	9	3,41	4,60
KOČEVJE	DEBELI VRH	15.6.94	30 s	98	49	je, bu	3	9	6,70	12,18
	JELENOV ŽLEB	23.6.94	30 s	92	46	je, bu	2	5	7,81	13,02
POSTOJNA	RAKOV	12.7.94	30 s	90	45	sm, je	2	5	3,85	7,22
	ŠKOCJAN									
POSTOJNA (Bukovje)	HRUŠICA	31.8.94	30 s	192	96	je	3	12	7,16	5,11
	NANOS	7.9.94	30 s	195	97,5	bu, je	7	18	6,73	4,75
	NANOS	13.10.94	30 s	193	96,5	bu	6	17	7,97	5,69
	NANOS	18.10.94	30 s	193	96,5	bu	4	19	6,86	4,70
	SONČNA CESTA	17.11.94	30 s	195	98	je	4	11	7,65	5,40
	SONČNA CESTA	13.12.94	30 s	98	49	sm	1	3	5,36	6,92
	SONČNA CESTA									

Preglednica 2: Sečišča med snemanji tresenja

Table 2: Cutting areas during vibration samplings

SEČIŠČE CUTTING AREA	Odd. Dep. Ods. Div.	Rastlinska zdrružba Plant association	Št. dni snem. Number of sampling days	Nagib terena Terrain slope %	Sestoj Forest stand	Razdalja odkaz. dreves Distance of marked trees	Način dela Working method	Posebnost Special characteristi cs
Glažuta	92	A.F. typicum	4	vrtače	je-bu db	20	dolg les	
Mislinja	5316	Fagetum	1	10	sm-bu db	30	sortim.	sneg
Gor. Grad	730	Gallio-Abiet.	1	0-5	je-sm db	50	sortim.	popolni g.r.
Grčarice		A.F.	1	15	sm(bu) db	20	debelni	
Brez. Reber	9 e	Q.-Carpin.	1		sm db		dolg les	snegolom
Debeli vrh		A.F.	1	5	je-bu db	5	dolg les	
Jelenov žleb	Preva	A.F. festuc.	1	20	je-bu db	14	dolg les	
Rakov Škoc.	5 f	A.F. clemat.	1	10	je-bu db	10	dolg les	velika vejn.
Hrušica	3 d	A.F. omphal.	1	10	je-sm db	10	dolg les	popolni g.r.
Nanos	6 b	A.F. festuc.	3	15-20	bu-ja db	5	dolg les	delni g.r.
Sončna ces.	2	A.F.	2	vrtače	je-sm db	30	dolg les	popolni g.r.

Preglednica 3: Sekači med snemanjem tresenja

Table 3: Lumbermen during vibration sampling

Sekač Lumber- man	Datum snemanj Date of sampling	Izobrazba Education	Prizadevnost Assiduity	T. v. m	T. t. kg	Starost leta Age years	Stož leta Working period years	Sekač leta Lumberman years
I.B.	8.9.93, 15.9.93 15.6.94, 23.6.94	priučen semi-skilled	dobra good	170	72	47	24	24
B.R.	23.9.93, 30.9.93	poklic. šola vocational school	odlična excellent	180	80	35	15	11
J.T.	9.12.93	sekač lumberman	dobra good very good	183	90	40	22	22
F.G.	4.2.94	priučen semi-skilled	zelo dobra very good	188	103	46	29	14
J.D.	18.3.94	priučen semi-skilled	zadovoljiva sufficient	186	95	52	22	22
J.F.	12.5.94	gozdar forester	dobra good	175	80	40	23	23
M.B.	12.7.94	sekač lumberman	srednja medium	180	84	33	14	1/4
B.S.	7.9. - 31.12.94	gozdar forester	zelo dobra very good	185	80	34	18	18

Motorne žage, ki smo jim merili jakost vibracij, so bile skoraj izključno tipa Husqvarna 266, razen v Gornjem Gradu, kjer je sekač delal z modelom Husqvarna 254 in v Rakovem Škocjanu, kjer je delal z novo motoriko Jonsereds 670. V načrtovanem poskusu smo uporabili eno starejšo motorno žago in eno novejšo. Starejša motorika je bila stara 6 let, vendar ni delala več kot 3 leta, novejša pa je bila stara 3 leta, vendar je delala le leto in pol in z njo ni

bilo izdelanih več kot 3000 m<sup>3</sup> sortimentov. Obe sta bili redno vzdrževani in tudi anti-vibracijski čepi so bili redno zamenjani. Na drugih deloviščih so bile motorke stare od 1 do 6 let. Njihovo vzdrževanost smo ocenili kot dobro. Večinoma so bile opremljene z verigami Oregon, tudi pri vzdrževanju žagalnih delov in brušenju nismo opazili nepravilnosti. Podatke o motornih žagah v raziskavi navajamo v preglednici 4.

Preglednica 4: Motorne žage med snemanjem tresenja

Table 4: Motor saws during vibration sampling

Sekač <i>Lumberman</i>	Datum snemanj <i>Date of samplings</i>	Proizvajalec in tip motorke <i>Manufacturer and motor saw make</i>	Serljska številka <i>Serial number</i>	Starost let <i>Age years</i>
I.B.	8.9.93, 15.9.93 15.6.94, 23.6.94	Husqvarna 266 SE		5
B.R.	23.9.93, 30.9.93	Husqvarna 266	290685	6
J.T.	9.12.93	Husqvarna 266	9340254	2
F.G.	4.2.94	Husqvarna 254	2450489	1
J.D.	18.3.94	Husqvarna 266 SE	3062218	1
J.F.	12.5.94	Husqvarna 266	4632241	3
M.B.	12.7.94	Jonsereds 670	3260072	0,25
B.S.	31.8. - 7.9.94	Husqvarna 266	455097	1,5
B.S.	13.10.-13.12.94	Husqvarna 266 SE	191962	3

### 3.2 Potek obremenitev s tresenjem

#### 3.2 Vibration load curve

Obremenitve sekača s tresenjem se časovno zelo pestro spreminjajo, tako kot se izmenjujejo delovne operacije z motorno žago z drugimi elementi dela. Jakosti tresenja na ročajih tudi znotraj posameznih delovnih operacij z motorno žago močno nihajo. Instrumenti so zabeležili za posamezno smer tresenja vsakih 30 sekund srednjo frekvenčno tehtano kvadratično sredino jakosti tresenja, pa tudi maksimalno in minimalno raven pospeškov (v trajanju 1 sekunde). Na sečišču Nanos pri sečnji bukovine s staro rabljeno motorno žago v prvem obdobju snemanja (tu smo v poskusu ugotovili največje jakosti) so te tri vrednosti na vodilnem ročaju prikazane za vertikalno smer na grafikonu 1. Vidimo zelo močna nihanja srednje vrednosti (AEQ) med 1 in 13 ms<sup>-2</sup>, zlasti pa velika nihanja maksimalne ravni (MAX\_L) med 2 in 25 ms<sup>-2</sup>. Medtem, ko sekundne jakosti nihajo med narisanimi vrednostmi (MIN\_L in MAX\_L), pa so posamezni kratkotrajni (2 msek) sunki še mnogo večji - posamezni segajo tudi prek 100 ms<sup>-2</sup>. Pri tolikšnih nihanjih so izračunana povprečja za daljša obdobja zgolj ocena obremenitve. Iz srednjih vrednosti za tri smeri so bile izračunane tehtane vektorske velikosti, ki so merilo za obremenitev človeka. Prikazujemo najmanjšo v poskusu ugotovljeno obremenitev za 48 minut dela: grafikon 2 - na nosilnem ročaju pri sečnji

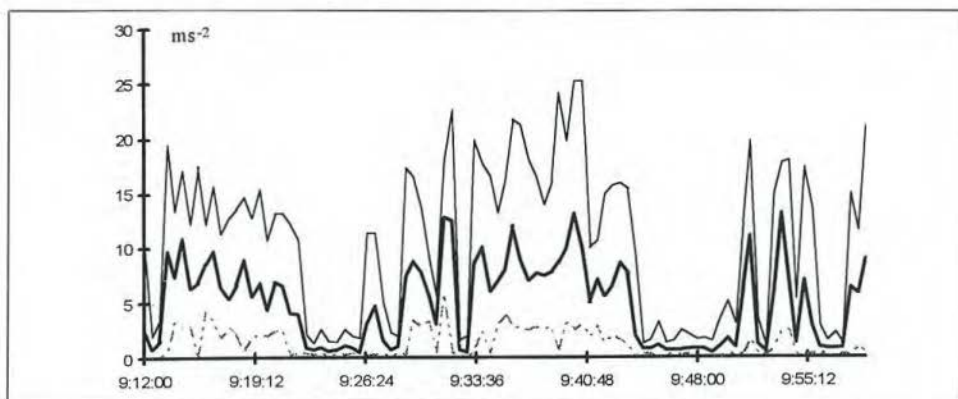
smreke s staro motorno žago in največjo ugotovljeno obremenitev: grafikon 3 - na vodilnem ročaju pri sečnji bukve prav tako s staro motorno žago. Vse druge obremenitve v poskusu pa tudi večinoma pri drugih snemanjih so med tema dvema skrajnostima. Med delom z motorco največkrat leže med 10 in 15 ms<sup>-2</sup>, posamezni sunki pa so prek 20 ms<sup>-2</sup>. Za večino posnetih obdobj delo so značilne daljše prekinitve obremenitev s tresenjem, zlasti med vzdrževanjem popolnega gozdnega reda, pa tudi zaradi vzdrževanja motorke, odmorov ali drugih delovnih operacij brez motorne žage. Instrumenti tedaj tudi zabeležijo nihanja akcelerometra, ki je obešen na delavca, vendar ti pospeški bistveno ne povečujejo izračunane skupne obremenitve, ker so bistveno nižji. Lahko pa pride pri delu, odvisno od načina dela, tudi do daljših obdobj neprekinjenih, vendar še vedno močno nihajočih obremenitev. Za sečišče v Gornjem Gradu je potek obremenitev pri sečnji jelke z motorno žago Husqvarna 254 na vodilnem ročaju prikazan na grafikonu 4 ali podobno za sečišče v Grčaricah pri sečnji smreke na vodilnem ročaju Husqvarna 266 na grafikonu 5. Vidimo, da so obremenitve tedaj trajale neprekinjeno 30-40 minut, vendar je tak potek dela prej izjema kot pravilo. Opazimo lahko, da je bila v poskusu pri drugem obdobju snemanja obremenitev v istem delovnem dnevu pogosto ugotovljena jakost tresenja nekaj manjša kot v prvem snemanju. To smo ugotovili za en dan sne-

Grafikon 1: Tresenje na vodilnem ročaju v vertikalni smeri pri sečni bukovine z rabljeno motorno žago Husqvarna 266

(sečišče Nanos, največja, srednja in najmanjša raven)

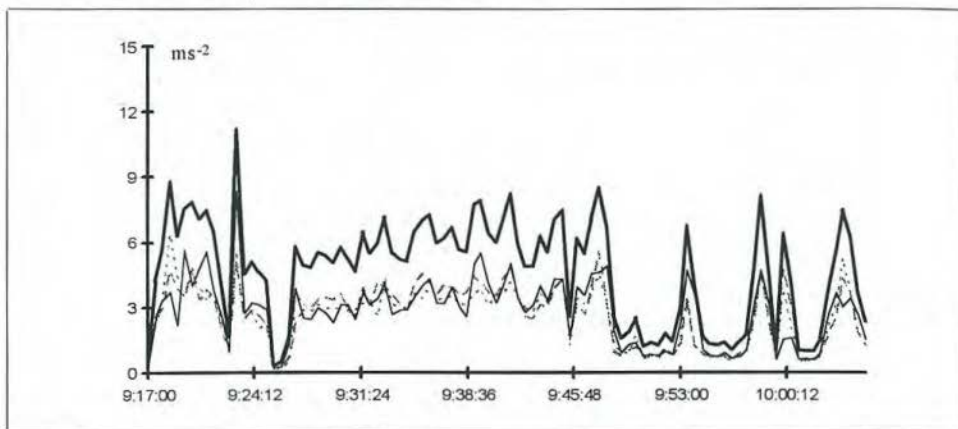
Graph 1: Vibrations on the rear handle in the vertical direction in beech tree cutting with a used Husqvarna 266 motor saw

(the Nanos cutting area, the highest, medium and lowest level)



Grafikon 2: Tresenje na nosilnem ročaju pri sečni smreke z rabljeno motorno žago (sečišče Sončna cesta, tri smeri in vektorska vsota)

Graph 2: Vibrations on the front handle in spruce tree cutting with a used motor saw (the Sončna cesta cutting area, three directions and a vector sum)

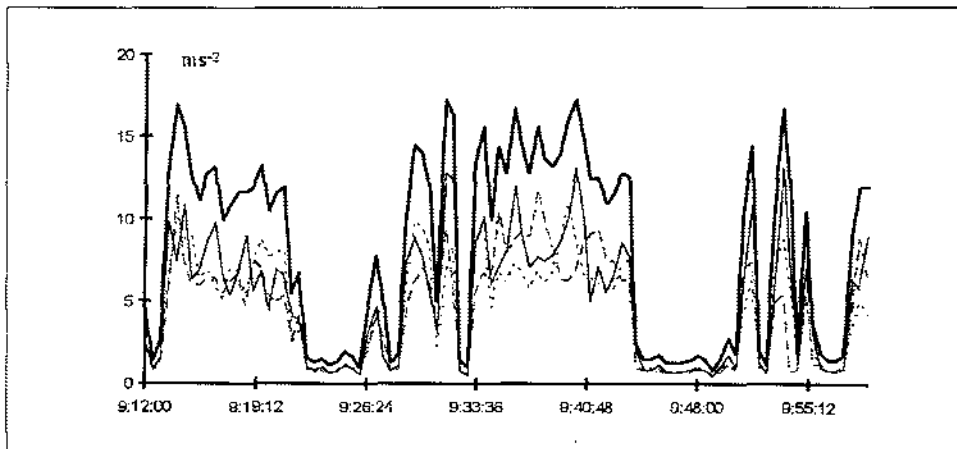


manja na sečišču Hrušica tudi s testiranjem razlik. Z neparametričnim testom smo testirali razlike v višini obremenitev med produktivnim časom (podatki za 30 sekundne intervale) in ugotovili s tveganjem  $\alpha=0,01$ , da so razlike med prvim in drugim snemanjem značilno različne [ $n=77+89=166$ ;  $H_k=9,572$ ;  $\chi^2_{0,01}=6,635$  za  $m=1$ ; Kruskal-Wallisov test]. Vzrok tega je lahko dejstvo,

da je proti koncu delavnika več produktivnih operacij brez uporabe motorke ali pa da je med delom več kratkih oddihov, ki jih ne zabeležimo (30 sekundni intervali) oziroma da je tempo dela zaradi utrujenosti počasnejši. Ko smo poskušali ugotoviti razlike v obremenitvah s tresenjem med obema snemanjima samo za delovne operacije z motorno žago (podiranje, kleščenje in pre-

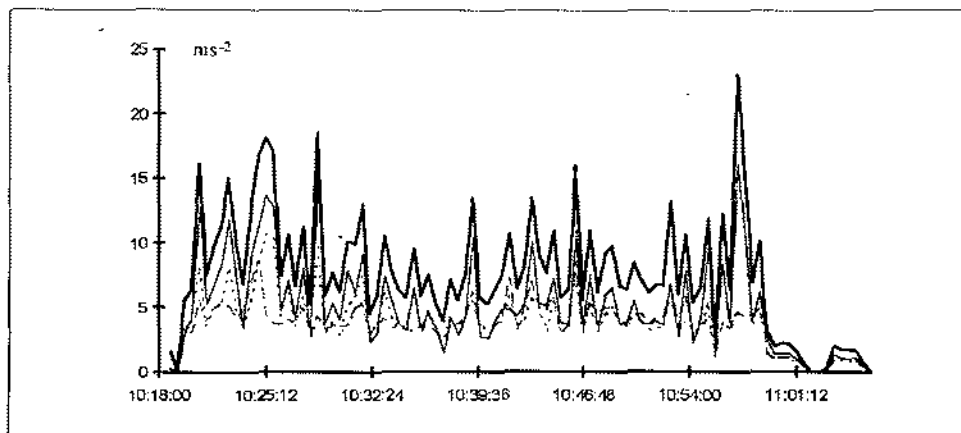
Grafikon 3: Tresenje na vodilnem ročaju pri sečnji bukvine z rabljeno motorno žago (sečišče Nanos, tri smeri in vektorska vsota)

Graph 3: Vibrations on the rear handle in beech tree cutting with a used motor saw (the Nanos cutting area, three directions and a vector sum)



Grafikon 4: Tresenje na vodilnem ročaju pri sečnji jelovine s Husqvarno 254 brez prekinitev (sečišče Gornji Grad, tri smeri in vektorska vsota)

Graph 4: Vibrations on the rear handle in fir tree cutting with a Husqvarna 254 without interruptions (the Gornji Grad cutting area, three directions and a vector sum)



žagovanje), pa nismo mogli dokazati za isto sečišče značilnih razlik [ $n=121$ ,  $H=7,359$ ;  $\chi^2_{0,05}=11,070$  za  $m=5$ ]. Zato je verjetnejši prvi navedeni vzrok: več produktivnega časa brez obremenitev.

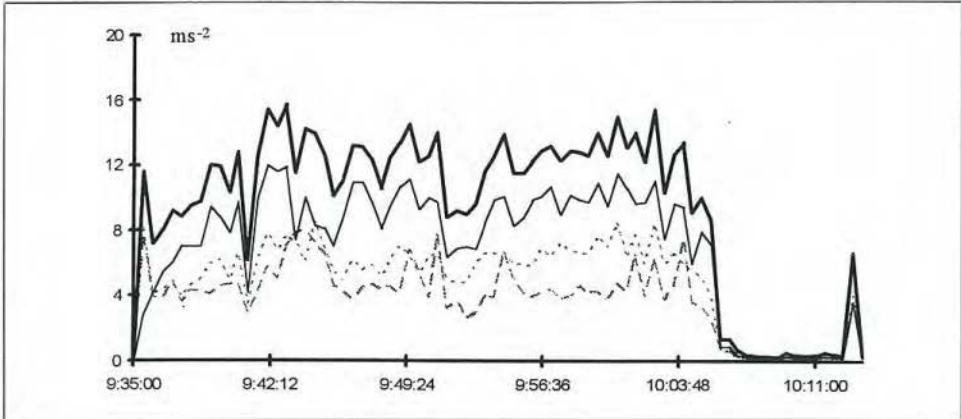
Iz prikazanih in drugih grafikonov vidimo, da večinoma vertikalna Z smer največ prispeva k izračunu vektorske velikosti ali obremenitve sekača. Jakost tresenja v drugih

dveh bolj ali manj horizontalnih med seboj pravokotnih smereh je večinoma manjša. Enkrat je večja v eni, enkrat v drugi smeri, saj se akcelerometer med snemanjem tudi obrača okrog vertikalne osi. Povprečna jakost tresenja med vsem produktivnim časom je bila na vseh sečiščih z izjemo enega največja v vertikalni Z smeri (preglednica 5). Podobno velja tudi za delovne operacije



Grafikon 5: Trešenje na vodilnem ročaju pri sečni smrekovine brez prekinitev in z velikimi razlikami med smermi (sečišče Grčarice - tri smeri in vektorska vsota)

Graph 5: Vibrations on the rear handle in spruce tree cutting without interruptions and with great differences between directions (the Grčarice cutting area - three directions and a vector sum)



Preglednica 5: Jakost tresenja v posameznih smereh - komponente vektorja v vsem produktivnem času

Table 5: Vibration level in individual directions - vector's components during the entire productive time

Sečišče Cutting area	Datum Date	Ročaj Handle	Drev.vrsta Tree species	Povprečna jakost tresenja med produktivnim časom (ms <sup>-2</sup> ) The average vibration level during productive time (ms <sup>-2</sup> )			
				X smer direction X	Y smer direction Y	Z smer direction Z	Vektor Vector
GLAŽUTA	23.9.93	vod.	je, bu,	5,5	5,2	9,7	12,3
	30.9.93	vod.	je, bu,	5,2	5,6	9,0	11,9
MISLINJA	9.12.93	vod.	sm	3,8	4,5	5,4	8,0
GOR.GRAD	4.2.94	vod.	je	4,6	6,1	7,8	10,6
GRČARICE	18.3.94	vod.	sm	5,0	6,2	9,0	12,1
BREZ.REBER	12.5.94	vod.	sm	4,4	4,6	6,0	8,8
DEBELI VRH	15.6.94	vod.	je, bu,	4,6	4,8	7,2	9,8
JELEN. ŽLEB	23.6.94	vod.	je, sm,	4,3	4,7	5,9	8,6
R. ŠKOCJAN	12.7.94	vod.	sm, je,	5,5	5,5	6,9	10,4
HRUŠICA	31.8.94	vod.	je	3,2	3,4	4,1	6,2
NANOS	7.9.94	vod.	bu, ja,	3,6	3,8	5,1	7,3
	13.10.94	vod.	bu	5,4	5,5	6,3	10,0
SONČNA C.	18.10.94	nos.	bu	2,3	3,1	3,3	6,9
	17.11.94	vod.	je	5,9	5,2	5,3	9,5
13.12.94	nos.	sm	3,0	3,0	3,2	5,3	
POVPREČNO MEAN VALUES							
HUSQVARNA	10 dni	vod.	igl.	4,7	5,0	6,9	9,8
HUSQVARNA	2 dni	vod.	bu	4,5	4,7	5,7	8,7
HUSQVARNA	2 dni	nos.	je bu,	2,7	3,1	3,3	6,1
JONSEREDS	1 dan	vod.	sm, je,	5,5	5,5	6,9	10,4

z motorno žago po posameznih sečiščih in za povprečja, ki so prikazana v preglednici 6. Kruskal-Wallisov test razlik med povprečji

za 15 sečišč je pokazal, da so razlike med tremi smermi značilne s tveganjem  $\alpha=0,01$ ; [ $n=45$ ,  $K=11,37$ ;  $\chi^2_{0,01}=9,21$  za  $m=2$ ]. Ver-

Preglednica 6: Povprečna jakost tresenja v posameznih smereh med delovnimi operacijami z motorno žago

Table 6: The mean vibration level in individual directions during work operations with a motor saw

	Podiranje ( $ms^{-2}$ ) <i>Felling (<math>ms^{-2}</math>)</i>				Kleščenje ( $ms^{-2}$ ) <i>Branching (<math>ms^{-2}</math>)</i>				Prežagovanje ( $ms^{-2}$ ) <i>Cross cutting (<math>ms^{-2}</math>)</i>			
	X	Y	Z	$\Sigma$	X	Y	Z	$\Sigma$	X	Y	Z	$\Sigma$
HUSQVARNA 10 dni vodilni - iglavci <i>the rear - conifers</i>	5,1	5,6	7,7	10,9	4,9	5,1	6,9	10,0	4,9	5,3	7,7	10,6
HUSQVARNA 2 dni vodilni: bu <i>the rear - beech tree</i>	5,3	5,6	7,6	10,9	5,2	5,4	6,3	9,8	5,2	5,1	5,7	9,3
HUSQVARNA 2 dni nosilni: je, bu <i>the front: fir tree, beech tree</i>	3,8	4,5	4,4	7,4	3,4	3,9	4,5	6,9	3,7	4,3	4,3	7,2
JONSEREDS 1dan vodilni: sm, je <i>the rear: spruce tree, fir tree</i>	5,1	4,8	6,0	9,4	5,7	5,7	7,2	10,9	4,8	4,8	6,2	9,3

tikalna Z smer je vzporedna z vzdolžno osjo roke oziroma podlakti in vibracije v tej smeri vstopajo v telo približno pravokotno na dlan, ko sekač drži ročaje. Ta smer je tudi približno vzporedna z gibanjem valja motorke in domnevamo, da je zaradi tega jakost tresenja v tej smeri skoraj vedno največja. Tudi nihanja okrog povprečja so v tej smeri največja (grafikon 1).

### 3.3 Obremenitve med delovnimi operacijami

#### 3.3 Loads during work operations

Obremenitve sekača s tresenjem so zelo različne med posameznimi elementi dela. Največje so seveda med delom z motorno žago: med podiranjem, kleščanjem in prežagovanjem. Med drugimi elementi dela: med prehodom, zlaganjem vej, obračanjem in med neproduktivnim časom (zastoji, odmori) so bistveno manjše. Ugotovljene pa so bile tudi med temi elementi dela zato, ker del trajanja teh elementov dela motorke teče npr. med sproščanjem, ko jo stisne v rezu in ko sekač med zlaganjem vej razžaguje posamezne veje. To se je zgodilo tudi zato, ker so bile operacije ugotovljene z napako, saj so bili 30 sekundni intervali uvrščeni v posamezni element dela po prevladujočem elementu dela, in tako lahko npr. en del odmora (pod 15 sekund) motorke tudi obratuje. Povprečne obremenitve sekača (kvadratične sredine iz 30 sekund-

nih obdobj) po elementih dela so prikazane v preglednici 7. Na obremenitev v posnetem času seveda mnogo bolj vplivajo obremenitve v produktivnem času tudi zato, ker smo pogosto posneli relativno malo neproduktivnega časa, saj med snemanjem skoraj ni bilo daljših oddihov in odmorov (nad 30 sekund). Število posnetih intervalov po elementih dela kaže na približno časovno sestavo posnetega časa (preglednica 8). Od nje je zelo odvisna skupna ali dnevna obremenitev sekača s tresenjem.

Med podiranjem so bile na vodilnem ročaju obremenitve sekačev od 7,4 do 13,7  $ms^{-2}$ , med kleščanjem od 6,7 do 13,1  $ms^{-2}$  in med prežagovanjem od 7,5 do 13,0  $ms^{-2}$ . Na nosilnem ročaju so obremenitve med delovnimi operacijami znatno nižje (od 6,1 do 8,6  $ms^{-2}$ ). Med poskusom z istim sekačem (6 dni) pa tudi na nekaterih drugih deloviščih so bile med kleščanjem obremenitve nekoliko manjše kot med podiranjem in prežagovanjem. Vendar pa testi razlik med povprečji za te tri operacije za 16 sečišč ni pokazal, da bi bile razlike značilne [ $n=48$ ,  $H=0,94$ ;  $\chi^2_{0,05}=5,991$  za  $m=2$ ].

Prav tako test razlik med posameznimi podatki za sečišče Hrušica kaže, da so razlike med njimi neznačilne [ $n=65$ ,  $H=1,48$ ;  $\chi^2_{0,05}=5,991$  za  $m=2$ ] za prvo in tudi za obe snemanji [ $n=121$ ,  $H_k=7,787$ ;  $\chi^2_{0,05}=11,07$  za  $m=5$ ].

Med kleščanjem so obremenitve morda nekaj manjše, ker lahko sekač motorke

Preglednica 7: Obremenitve s tresenjem po delovnih operacijah  
 Table 7: Vibration loads by work operations

Sečišče <i>Cutting area</i>	Datum <i>Date</i>	Elementi dela - vektorska velikost - ms <sup>-2</sup> <i>Work elements - vector's size</i>									Obremenitve med del. časom <i>Loads during working time</i>		
		prehod <i>transition</i>	podiranje <i>felling</i>	gozdni red / fo- rest regula- tions	kleščenje <i>branching</i>	prežaganje <i>cross cutting</i>	obračanje <i>canting</i>	sproščanje <i>releasing</i>	Produkt. čas <i>Productive time</i>	Neproduct. čas <i>Unproductive time</i>	Posneti čas <i>Observed time</i>	3 ure neprod. časa / 3 hours of unproductive time	3 ure brez obremenitev / 3 hours without a load
GLAŽUTA	8.9.93								8,7	1,8	7,5	7,0	6,9
	15.9.93				10,8	11,0			10,7	4,5	9,4	8,9	8,5
	23.9.93	9,7	10,3		13,1	11,1			12,3	5,6	11,1	10,3	9,7
	30.9.93	3,1	12,3		12,5	12,1			11,9	5,5	10,6	10,0	9,4
MISLINJA	9.12.93	4,3	9,9		8,1	6,9	1,9	6,3	8,0	3,7	8,0	6,7	6,3
GOR. GRAD	4.2.94		11,6	12,2	9,2	10,5			10,6	3,0	9,6	8,6	8,4
GRČARICE	18.3.94	14,5	13,7		11,7	13,0			12,1	3,2	10,7	9,8	9,6
BREZ. REBER	12.5.94	3,7	9,0	4,1	9,3	11,8		13,4	8,8	2,3	8,6	7,1	7,0
DEBELI VRH	15.6.94	5,4	10,3		9,7	11,8			9,8	1,2	8,1	7,8	7,7
JELEN. ŽLEB	23.6.94	1,7	9,6		8,5	9,4			8,6	2,3	7,7	6,9	6,8
R. ŠKOCJAN	12.7.94		9,4		10,9	9,3			10,4	6,6	9,5	9,2	8,2
HRUŠICA	31.8.94		7,4	1,8	6,7	8,4			6,2	5,4	6,1	5,9	4,9
NANOS	7.9.94	2,9	9,0	1,9	8,3	7,5			7,3	3,5	6,8	6,2	5,8
	13.10.94	2,2	12,7	2,2	11,2	11,1			10,0	5,5	9,6	8,6	7,9
(nosilni)	18.10.94	2,8	8,6	2,4	7,6	8,1			6,9	4,7	6,7	6,2	5,5
SONČNA C.	17.11.94	2,3	12,2	2,6	10,9	11,4			9,5	4,8	8,8	8,1	7,5
(nosilni)	13.12.94	6,2	2,4		6,1	6,3			5,4	4,0	5,3	4,9	4,3

Preglednica B: Časovna sestava delovnih operacij med snemanjem tresenja  
 Table B: Time structure of work operations during vibration studies

Sečišče <i>Cutting area</i>	Datum <i>Date</i>	Elementi dela - vektorska velikost - ms <sup>2</sup> <i>Work elements - vector's size</i>										Število intervalov <i>The number of intervals</i>
		prehod <i>tran- sition</i>	pod- iranje <i>fell- ing</i>	gozdni red <i>forest regu- lations</i>	kleš- čenje <i>bran- ching</i>	preža- govanje <i>Cross cutting</i>	obra- čanje <i>canting</i>	sproš- čanje <i>re- leasing</i>	Produkt čas/ <i>Pro- ductive time</i>	Nepro- dukt. čas <i>Unpro- ductive time</i>	Posneti čas <i>Observed time</i>	
GLAŽUTA	8.9.93								100	35	135	89
	15.9.93	6	18		66	10			100	38	138	99
	23.9.93	10	24		51	15			100	31	131	94
	30.9.93	9	23		57	11			100	34	134	47
MISLINJA	9.12.93	8	18		65	3	2	4	100	1	101	96
GOR.GRAD	4.2.94		17	1	66	16			100	26	126	96
GRČARICE	18.3.94	2	10		81	7			100	30	130	78
BREZ.REBER	12.5.94	4	24		45	6		4	100	6	106	94
DEBELI VRH	15.6.94	8	24	17	57	11			100	48	148	98
JELEN, ŽLEB	23.6.94	8	28		46	18			100	28	128	92
R. ŠKOCJAN	12.7.94		28		69	3			100	41	141	90
HRUŠICA	31.8.94		19	28	39	14			100	14	114	192
NANOS	7.9.94	5	15	20	51	9			100	15	115	195
	13.10.94	8	24	18	43	7			100	15	115	193
(nosilni)	18.10.94	5	21	23	40	11			100	10	110	193
SONČNA C.	17.11.94	13	17	19	42	9			100	15	115	196
(nosilni)	13.12.94		17	28	46	9			100	5	105	98

Veliki na ohranjenih sekaver s tresenjem

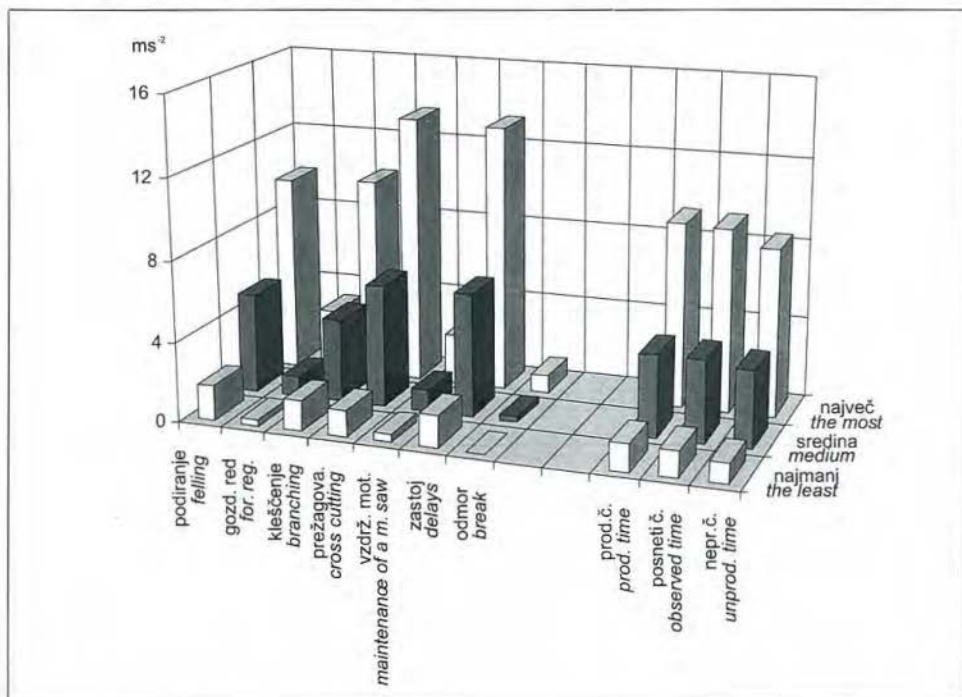
naslanja na deblo ali na svoje telo. Večinoma pa so po naši oceni sekači držali motorko preveč v rokah. Med podiranjem in prežagovanjem sekač motorke teže kam nasloni, vendar pa ti dve operaciji prekinjajo tudi krajša obdobja (nezabeležena) brez tresenja, npr. med naganjanjem drevesa ali med krojenjem sortimentov. Zato je razumljivo, da so razlike med srednjimi vrednostmi za merilne intervale in za celotno trajanje operacij neznačilne. Kleščenje pa traja od 40-80% produktivnega časa (med našimi snemanji) in zato največ prispeva k skupni obremenitvi sekača s tresenjem.

Razlike med vsemi elementi dela so še očitnejše, če primerjamo poleg povprečnih tudi ekstremne jakosti tresenja. Na grafikonu 6 je taka primerjava narejena za vertikalno smer na vodilnem ročaju med sečnjo iglavcev v sečišču Hrušica.

Primerjava treh osi in vektorske velikosti za isto sečišče na grafikonu 7 kaže zlasti velike obremenitve v vertikalni smeri med podiranjem in prežagovanjem. Obremenitev med produktivnim časom je po velikosti najbližje obremenitvi med kleščanjem. Med poskusom smo ugotovili najmanjše obremenitve sekača s tresenjem na nosilnem ročaju med sečnjo iglavcev (Sončna cesta, 13.12. 94, grafikon 8) in največje na vodilnem ročaju med sečnjo bukovine z dalj časa rabljeno motorno žago (Nanos, 13.10. 94, grafikon 9). Obremenitve pri drugih snemanjih med poskusom z istim sekačem so med tema dvema ekstremoma. Na nekaterih deloviščih pa so bile ugotovljene še višje obremenitve, predvsem zato, ker sekači niso izvajali gozdnega reda in je bilo zato manj ročnega dela (grafikon 10).

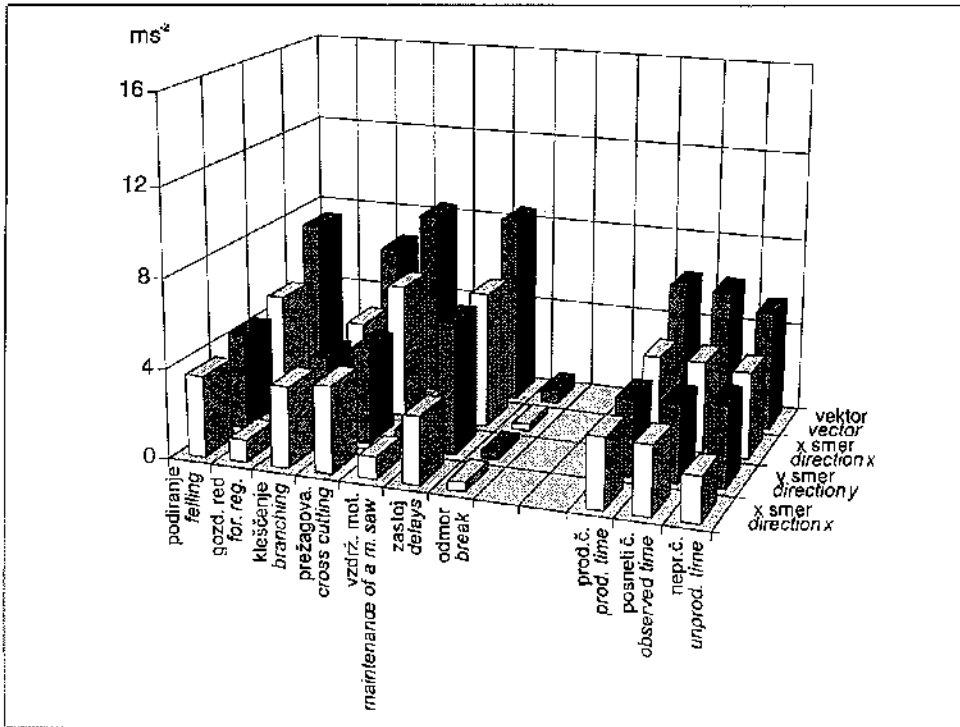
Grafikon 6: Obremenitev s tresenjem na vodilnem ročaju v vertikalni smeri med delovnimi operacijami (sečišče Hrušica, jelovina, novejša Husqvarna 266)

Graph 6: Vibration load on the rear handle in a vertical direction during work operations (the Hrušica cutting area, fir wood, the Husqvarna 266 - recent make)



Grafikon 7: Obremenitev s tresenjem na vodilnem ročaju med delovnimi operacijami (sečišče Hrušica, jelovina, novejša Husqvarna 266, tri smeri)

Graph 7: Vibration load on the rear handle during work operations (the Hrušica cutting area, fir wood, the Husqvarna 266- recent type, three directions)



### 3.4 Dnevne obremenitve sekačev 3.4 Daily loads of lumbermen

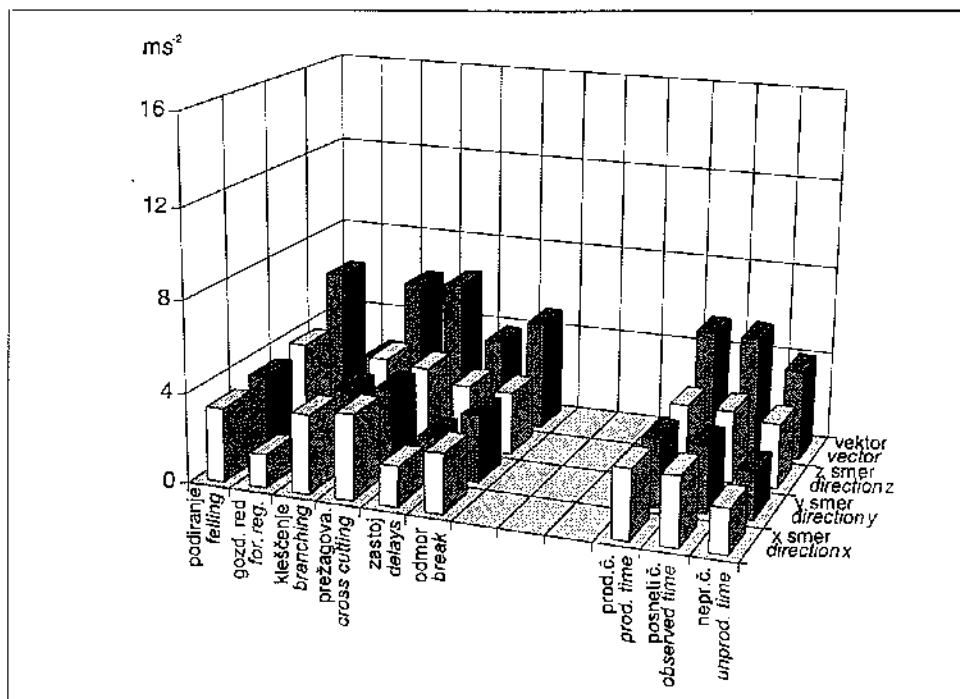
Obremenitve sekača s tresenjem na vodilnem ročaju so med vsem produktivnim časom znašale od 6,2 do 12,3 ms<sup>-2</sup> (preglednica 7). Če dodamo še obremenitve med neproduktivnim časom (1,2-6,6 ms<sup>-2</sup>), ki pa je imel zelo različne časovne deleže, dobimo med posnetim časom obremenitve od 6,1 do 11,1 ms<sup>-2</sup>. Ker je bila sestava časa med posnetimi dnevi zelo različna (preglednica 8), lahko bolj primerjamo sečišča med seboj, če upoštevamo za vsa enotno sestavo časa: 5 ur produktivnega in 3 ure neproduktivnega časa ali 60% dodatnega časa. Tako dobimo z izračunom tehtane sredine obremenitve v delovnem času (8 ur) od 5,9 do 10,3 ms<sup>-2</sup>. Če pa predpostavljamo, da med neproduktivnim

časom sekač ni obremenjen s tresenjem, so izračunane obremenitve v delovnem času za 1,1 do 2,6 ms<sup>-2</sup> nižje od onih med produktivnim časom.

Kolikšno obremenitev pa te številke pomenijo? Dopustna meja izpostavljenosti za dnevni delovni čas še ni mednarodno standardizirana. Če dopustne meje, ki jih po frekvenčnih pasovih za posamezno smer predpisuje ISO 5349, po obrazcu, ki ga standard navaja za meritve (glej LIPOGLAVŠEK 1994), preračunamo v eno samo vrednost, dobimo za frekvenčno območje od 6,3 do 1250 Hz dopustno mejo izpostavljenosti za posamezno smer 3,919 ms<sup>-2</sup>. Ker so roke enako občutljive za vse tri komponente (smeri) tresenja, je tudi vektorska velikost oziroma tehtana vsota pospeškov: 6,788 ms<sup>-2</sup> lahko dopustna meja obremenjenosti pri 4-8 urni izpostavljenosti.

Grafikon 8: Obremenitev s tresenjem na nosilnem ročaju med delovnimi operacijami (sečišče Sončna cesta, smrekovina, rabljena Husqvarna 266)

Graph 8: Vibration load on the front handle during work operations (the Sončna cesta cutting area, spruce wood, a used Husqvarna 266)



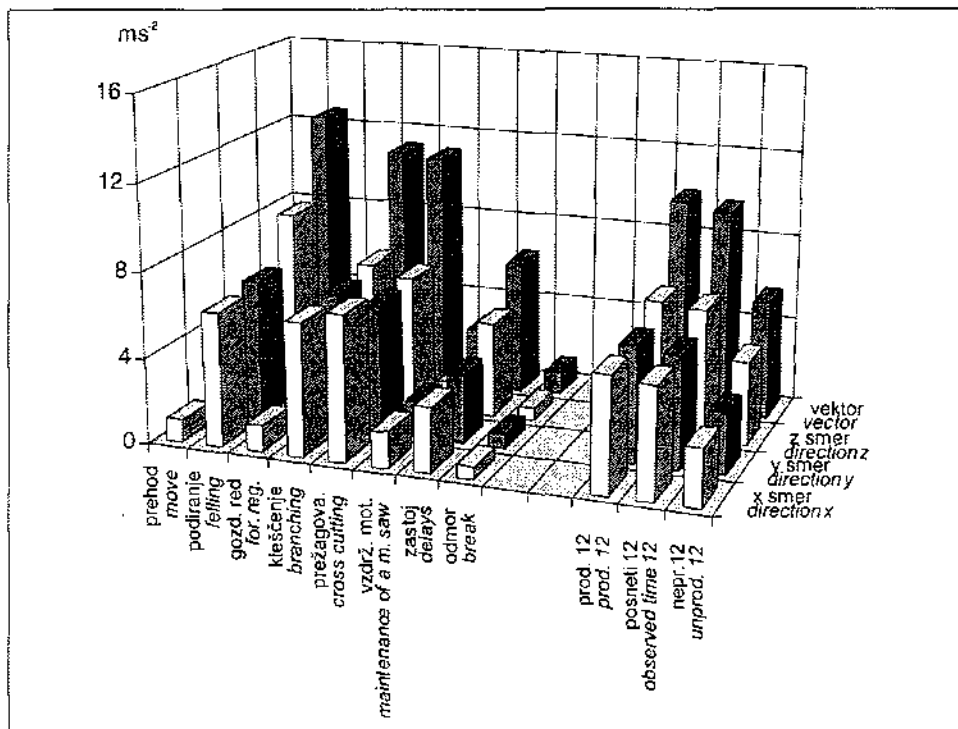
Standard ISO 5349 že predvideva, da trajanje izpostavljenosti v 8 urah ni nikdar daljše od 4 ur. Nekateri nacionalni standardi (npr. nekdanji češkoslovaški) pa dopuščajo pri izpostavljenosti, ki je še krajša in s prekinitvami, ko se roke lahko sprostijo, tudi do 5-krat večjo dopustno obremenjenost (jakost tresenja), kot velja za vseh osem ur. Ker je delo z motorko v sedanjih razmerah takšno, da izpostavljenost večinoma ne traja več kot 2-4 ure na dan s prekinitvami, bi lahko ugotovljene obremenitve primerjali tudi z dvakratno vektorsko velikostjo:  $2 \times 6,788 = 13,576 \text{ ms}^{-2}$ . S to dopustno mejo pa smemo primerjati le obremenitve ali jakosti tresenja med delovnimi operacijami z motorno žago.

Med vsemi snemanji obremenitev s tresenjem so te le izjemoma med delom z motorno žago presegale  $13,576 \text{ ms}^{-2}$ : sečišče Grčarice med prehodom in podiran-

jem. Med našim poskusom z enim delavcem so največ dosegle  $12,7 \text{ ms}^{-2}$  (preglednica 7) na vodilnem ročaju med podiranjem bukovine z rabljeno motorno žago (Nanos 13.10. 94). Med vsem produktivnim časom pa so obremenitve sekačev s tresenjem na vodilnem ročaju vedno presegle dopustno mejo  $6,788 \text{ ms}^{-2}$ , razen izjemnega sečišča Hrušica, kjer je bilo veliko ročnega dela pri vzpostavljanju gozdnega reda (28% produktivnega časa). Enako velja tudi za ves posneti čas. Če računamo obremenitve za ves delovni čas, upoštevaje 3 ure neproduktivnega časa z izmerjenimi obremenitvami, na treh sečiščih od vseh 15 dni snemanj ne presegajo dopustne meje (Mislinja, Hrušica, Nanos 7.9. 94). Izračun z upoštevanjem 3 ur neproduktivnega časa povsem brez obremenitve pa tudi samo na istih treh sečiščih da vrednost pod dopustno mejo. Preglednica 9 kaže stopnjo prese-

Grafikon 9: Obremenitev s tresenjem na vodilnem ročaju med delovnimi operacijami (sečišče Nanos, bukovina, rabljena Husqvarna 266)

Graph 9: Vibration load on the rear handle during work operations (the Nanos cutting area, beech wood, a used Husqvarna 266)



ganja dopustnih mej po posameznih sečiščih. Ugotovimo torej lahko, da so sekači s tresenjem na vodilnem ročaju motorne žage na veliki večini sečišč preobremenjeni, če ugotovljene obremenitve primerjamo z mednarodno dopustno mejo z neprekinjeno izpostavljenostjo 8 ur. Ker pa je pri sečni izpostavljenost krajša in ima prekinitev, sekači niso preobremenjeni s tresenjem, če ne delajo dnevno z motomo žago (obratovni čas) več kot 2-4 ure. Pri uporabi sodobnih profesionalnih motornih žag z anti-vibracijskimi ročaji, sekači praviloma niso izpostavljeni tresenju, ki bi povzročalo zdravstvene okvare. Lahko pa vpliva na njihovo delovno sposobnost in zato zmanjšuje delovne učinke. Ob podaljševanju delovnega časa (npr. usluge), ob slabem vzdrževanju motorne žage (menjavanje antivibracijskih čepov, brušenje, žagalni deli), pri nepravilni tehniki dela brez naslanjanja motorke ali

pri neuporabi rokavic lahko pri ugotovljenih jakostih tresenja tudi še pride do zdravstvenih okvar oziroma do bolezni belih prstov.

Obremenitve s tresenjem na nosilnem ročaju za oceno obremenjenosti sekača niso odločilne, saj so vedno manjše kot na vodilnem ročaju in ne presegajo dopustnih mej za delovni čas. Seveda pa dodatno zmanjšujejo delovno sposobnost in udobje sekača. Prijem za nosilni ročaj je bolj trden, saj nosi maso motorke in zato je prenos vibracij na roke večji. Dostej pa so bile vendar posledice tresenja najprej in hujše ugotovljene na desni roki sekača.

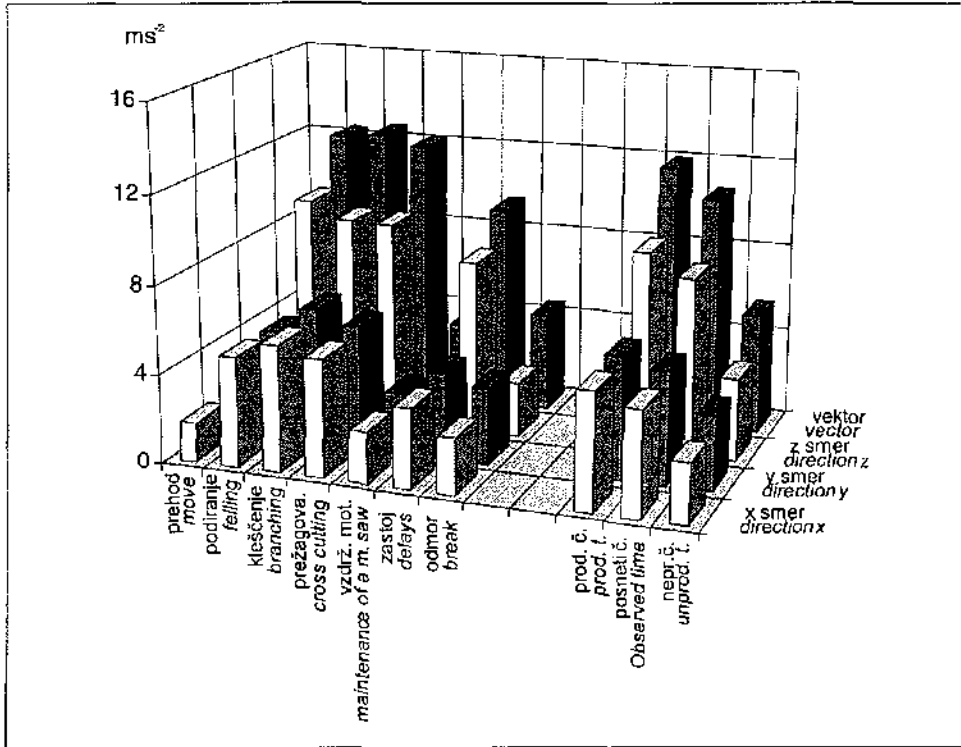
### 3.5 Vpliv na obremenitve s tresenjem 3.5 THE INFLUENCE ON VIBRATION LOADS

Pri načrtovanem poskusu ugotavljanja obremenitev s tresenjem Husqvarne 266 smo



Grafikon 10: Obremenitev s tresenjem na vodilnem ročaju med delovnimi operacijami (sečišče Glažuta, iglavci, rabljena Husqvarna 266)

Graph 10: Vibration load on the rear handle during work operations (the Glažuta cutting area, conifers, a used Husqvarna 266)



pri delu istega delavca merili tresenje na vodilnem in nosilnem ročaju motorne žage, pri delu z dvema delavcema manj in dalj časa rabljeno motorno žago v sečiščih iglavcev in v bukovem debeljaku. Pregled povprečnih obremenitev med klesčenjem in v vsem produktivnem času daje preglednica 10.

Očitno je, da so obremenitve sekača s tresenjem večje pri delu s starejšo, že dalj časa rabljeno motorno žago, čeprav je bila dobro vzdrževana. Prav tako so obremenitve večje pri sečnji bukve in bistveno večje na vodilnem kot na nosilnem ročaju. To nam potrjujejo tudi posamezna testiranja razlik s Kruskal-Wallisovim testom. Za sečnjo iglavcev smo primerjali podatke o tresenju med klesčenjem (Hrušica 31.8. 94: Sončna cesta 17.11. 94) in ugotovili visoko značilne razlike med starejšo in novejšo

motorno žago [ $n=137$ ,  $H=83,78$ ;  $\chi^2_{0,001}=10,828$  za  $m=1$ ].

Tudi izračunana regresijska premica sicer ohlapne odvisnosti jakosti tresenja med klesčenjem od starosti motorne žage Husqvarna ( $y=7,31^{***}+0,729^*x$ ;  $r_{xy}=0,70$ ; grafikon 11) ima značilne koeficiente. Odvisnost za 12 sečišč iglavcev in bukve je ohlapna, kar kaže, da vplivajo poleg starosti motork še drugi dejavniki na velikost obremenitev s tresenjem.

Za motorne žage Husqvarna 254 in Jonsereds 670 smo ugotovili, da so obremenitve sekača s tresenjem približno enake kot pri delu s Husqvarno 266, čeprav so bile na testiranju motork ugotovljene različne jakosti tresenja med prezagovanjem (Husqvarna 266 - 12 ms<sup>-2</sup>, Husqvarna 254 - 15 ms<sup>-2</sup>, Jonsereds 670, super II - 7,9 ms<sup>-2</sup>:

Preglednica 9: Stopnja preseganja dopustnih mej  
 Table 9: The degree of exceeding the limits permitted

Sečišče <i>Cutting place</i>	Datum <i>Date</i>	Po- diranje <i>Fel- ling</i>	Kleš- čenje <i>Bran- ching</i>	Pre- žagov. <i>Cross cutting</i>	Pro- dukt. čas <i>Productive time</i>	Posneti čas <i>Obser- ved time</i>	Delovni čas (brez) <i>Working time (without)</i>
Primerjava izmerjenih vsot z dopustno mejo 6,788 ms <sup>2</sup> <i>A comparison of the sums recorded  with the permitted limit of 6,788 ms<sup>2</sup></i>							
GLAŽUTA	8.9.93				1,28	1,11	1,02
	15.9.93	1,51	1,59	1,62	1,57	1,38	1,25
	23.9.93	1,94	1,94	1,64	1,81	1,64	1,43
	30.9.93	1,80	1,84	1,78	1,75	1,56	1,38
MISLINJA	9.12.93	1,46	1,20	1,02	1,18	1,18	<u>0,93</u>
GOR. GRAD	4.2.94	1,71	1,36	1,54	1,57	1,41	1,24
GRČARICE	18.3.94	<u>2,02</u>	1,73	1,92	<u>1,78</u>	1,58	1,41
BREZ. REBER	12.5.94	1,32	1,37	1,74	1,29	1,26	1,03
DEBELI VRH	16.6.94	1,52	1,42	1,74	1,45	1,19	1,13
JELEN. ŽLEB	23.6.94	1,41	1,25	1,38	1,27	1,14	1,00
R. ŠKOCJAN	12.7.94	1,38	1,60	1,37	1,54	1,40	1,21
HRUŠICA	31.8.94	1,10	<u>0,98</u>	1,24	0,92	0,90	<u>0,72</u>
NANOS	7.9.94	1,33	1,22	1,10	1,08	1,00	<u>0,85</u>
	13.10.94	1,87	1,65	1,63	1,47	1,41	1,16
	(nosilni) 18.10.94	1,27	1,13	1,19	1,01	0,98	0,81
SONČNA C.	17.11.94	1,80	1,61	1,68	1,39	1,30	1,10
	(nosilni) 13.12.94	0,91	0,89	0,93	0,79	0,79	0,63

Preglednica 10: Povprečne obremenitve s tresenjem pri različnih delovnih razmerah  
 Table 10: The average vibration loads in different working conditions

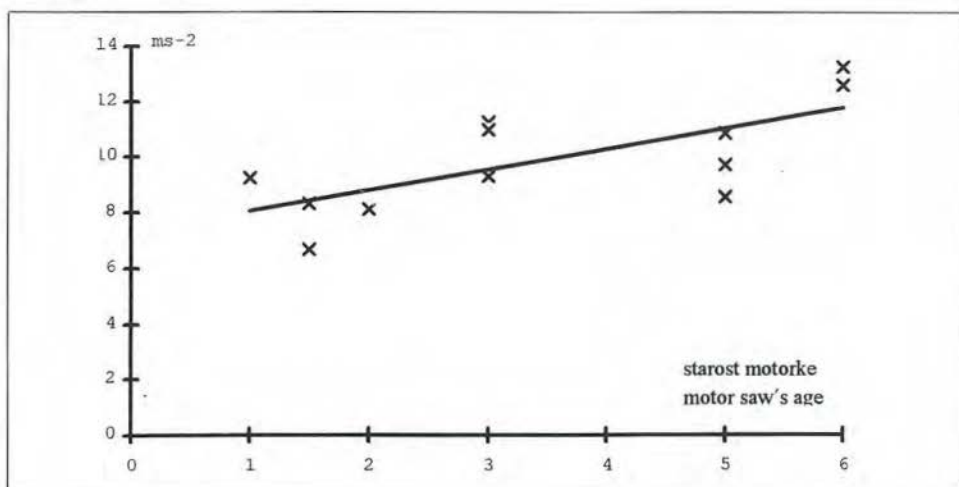
Motorna žaga <i>Motor saw</i>	ročaj <i>handle</i>	Klešččenje (ms <sup>2</sup> ) <i>Branching (ms<sup>2</sup>)</i>		Produktivni čas (ms <sup>2</sup> ) <i>Productive time (ms<sup>2</sup>)</i>	
		iglavci <i>conifers</i>	bukev <i>beech tree</i>	iglavci <i>conifers</i>	bukev <i>beech tree</i>
Husqvarna 266, starejša <i>older make</i>	vodilni <i>rear</i>	10,9	11,2	9,5	10,0
Husqvarna 266, novejša <i>recent make</i>	vodilni <i>rear</i>	6,7	8,3	6,2	7,3
Husqvarna 266, starejša <i>older make</i>	nosilni <i>front</i>	6,1	7,6	5,4	6,9

KWF 1992). Kaj več zaradi malo podatkov ni mogoče ugotoviti.

Iz preglednice 10 je očitno, da je tresenje na nosilnem ročaju bistveno manjše kot na vodilnem. Na sečišču Nanos pri sečnji bukovine z rabljeno motorko smo testirali tudi razlike podatkov o tresenju med klešččenjem (13.10. 94 in 18.10. 94) in ugotovili visoko značilne razlike med obema ročajema [n=140,

H=72,68;  $\chi^2_{0,001}=10,828$  za m=1]. Čeprav je bilo tudi pri sečnji bukovine relativno veliko ročnega dela (zlaganje vej) brez obremenitev s tresenjem, so obremenitve sekača med klešččenjem in v vsem produktivnem času vedno večje pri sečnji bukeve kot pri sečnji iglavcev. To lahko pojasnimo z daljšimi obdobji žaganja med klešččenjem (debelejše veje), manjšimi učinki žaganja

Grafikon 11: **Odvisnost tresenja na vodilnem ročaju med klešččenjem od starosti motork Husqvarna**  
 Graph 11: *The dependence of vibrations on the rear handle during branching on the age of Husqvarna motor saws*



pri tršem lesu in zato dolgotrajnejšem delu z motorno žago ter krajšim časom vzdrževanja gozdnega reda. Tudi primerjava jakosti tresenja samo med klešččenjem iglavcev in bukve na sečiščih Hrušica in Nanos (31.8. 94 in 7.9. 94) z novejšo motorno žago je pokazala visoko značilne razlike [ $n=152$ ,  $H=32,21$ ;  $\chi^2_{0,001}=10,828$  za  $m=1$ ]. Obremenitve sekačev s tresenjem so seveda večje tam, kjer je malo ročnega dela oziroma kjer sekači niso vzpostavljali gozdnega reda. Če povzamemo naše ugotovitve o vplivih na obremenitev sekačev s tresenjem, lahko torej pričakujemo večje obremenitve pri uporabi starejših rabljenih motork in pri sečnji listavcev.

### 3.6 Varstveni ukrepi

#### 3.6 Safety precautions

Ugotavljanje obremenitev delavcev v delovnem okolju je smoterno le, če na njegovi podlagi lahko določamo varstvene ukrepe. Čeprav menimo, da tresenje sodobnih profesionalnih motornih žag pri normalnem delu v gozdu ob sedanji tehnologiji ne povzroča zdravstvenih okvar, pa so varstveni ukrepi še vedno potrebni. Tresenje je na posameznih sečiščih tik pod dopustno ja-

kostjo in vedno zmanjšuje delovno sposobnost sekačev.

Med varstvenimi ukrepi je najprej treba pravilno izbrati motorno žago. To naj bo motorka, ki na testu v raziskovalnih institutih ni imela na nobenem ročaju jakosti tresenja nad  $12 \text{ ms}^{-2}$ . Ker so posledice tresenja za tople roke manjše kot za hladne, naj ima motorka ogrevan ročaj. Gretje mora biti takšno, da ga poleti lahko izključimo. Ker povzročajo rabljene motorke večje obremenitve s tresenjem, je redno in dobro vzdrževanje motorke pomemben varstveni ukrep. Pri tem je pomembna redna zamenjava antivibracijskih čepov, ker po določenem času uporabe (npr. 300 obratovnih urah) izgubijo svoje dušilne sposobnosti, predvsem pri nizkih frekvencah, kjer so roke najbolj občutljive. Tudi pravilno brušenje verige in vzdrževanje vseh žagalnih delov motorke je pomembno za jakost tresenja oziroma trajanja izpostavljenosti sekača. Pri slabi učinkovitosti motorke (npr. manjša moč motorja, slaba nastavitve vplinjača) je lahko trajanje izpostavljenosti in s tem obremenitev s tresenjem večja.

Redna in obvezna uporaba osebne varovalnega sredstva: suhih rokavic, pripomore k temu, da roke ostajajo tople in so posledice tresenja manjše. Jakosti tresenja,

ki se prenaša na roke pa rokavice ne morejo bistveno zmanjšati. Tudi topli obrok med delom, zlasti pozimi, in izogibanje pitju alkoholnih pijač lahko zmanjšujeta škodljivost tresenja. Zaradi zelo različnih občutljivosti posameznikov na tresenje, so redni zdravniški pregledi, ki vključujejo pregled prekrvavljenosti rok, kljub sedaj zmanjšani nevarnosti, še vedno potrebni. Morda bi bil najučinkovitejši vzgojni varstveni ukrep učenje prave tehnike dela. Tehnika dela, ko sekač, kadar je le mogoče (kleščanje), naslanja motoriko na deblo ali na svoje telo, močno zmanjšuje obremenitve rok s tresenjem. Tudi naslanjanje komolcev rok na kolena ali bedra pri tehniki dela z vzravnano hrbtenico, ko čepenje in kleščanje zamenjata pripognjene položaje telesa, je lahko učinkovito.

### Povzetek

Za ugotovitev vplivov na obremenjenost sekača s tresenjem smo načrtovali poskus. Z enim delavcem smo v treh rednih sečiščih na GG Postojna, v Bukovju 4 dni merili na vodilnem ročaju motorne žage Husqvarna 266 jakost tresenja. V enem dnevu smo merili tresenje z že dalj časa rabljeno motoriko, v drugem pa tresenje z manj izrabljeno motorno žago pri sečnji iglavcev in pri sečnji bukve. Dva dni smo merili tudi tresenje na nosilnem ročaju. Pri obdelavi podatkov smo deloma upoštevali še 11 dni snemanj na sečiščih po vsej Sloveniji v različnih delovnih razmerah (preglednice 2-4). Snemanja z instrumenti Brüel et Kjaer so trajala v poskusno vsak dan 2-krat po okoli 48 minut, sicer pa po enkrat od 39 do 49 minut (preglednica 1). Za večinoma 30 sekundne intervale smo zabeležili minimalno, srednjo in maksimalno raven tresenja v posamezni smeri (komponenti), srednjo vektorsko tehtano vsoto, pa še prevladujočo delovno operacijo in delovne učinke.

Tehnologija dela in delovne razmere so bile raznolike, zato tudi zelo različni učinki dela. Prevladovala je sečnja dolgega lesa (mnogokratnikov), s krojenjem lesa med kleščanjem in z vzdrževanjem gozdnega reda (preglednica 2).

Ugotovljena so bila zelo velika nihanja jakosti tresenja med delom. Srednje vrednosti jakosti v posamezni smeri nihajo med 1 in 13  $\text{ms}^{-2}$ , maksimalne ravni pa med 2 in 25  $\text{ms}^{-2}$  (grafikon 1). Na posameznih sečiščih so te jakosti lahko še večje, večinoma pa so nižje (grafikona 2 in 3). Obremenitve s tresenjem so večinoma prekinjene z obdobji ročnega dela brez tresenja (grafikon 1-3) ali pa na posameznih sečiščih lahko neprekinjeno trajajo tudi 30 do 40 minut (grafikon 4 in 5), vendar še vedno močno nihajo. Na večini sečišč največ

prispeva k skupnim obremenitvam sekača (vektorska vsota) vertikalna Z smer (grafikoni 3 do 5, preglednici 5 in 6).

Obremenitve sekača s tresenjem na vodilnem ročaju so seveda največje med delom z motorno žago, in sicer so med podiranjem srednje vrednosti po sečiščih med 7,4 in 13,7  $\text{ms}^{-2}$ , med kleščanjem od 6,7 do 13,1  $\text{ms}^{-2}$  in med prežagovanjem od 7,5 do 13  $\text{ms}^{-2}$  (preglednica 7). K obremenitvam med produktivnim in tudi med delovnim časom največ prispeva kleščanje, ker dolgo traja (preglednica 8). Obremenitve v vsem produktivnem času so znašale povprečno 6,2 do 12,3  $\text{ms}^{-2}$ . Preračunane na delovni čas ob predpostavki, da v treh urah neproduktivnega časa dnevno ni obremenitev, so za 1,1 do 2,6  $\text{ms}^{-2}$  manjše. Obremenitve sekačev med delom z motorno žago sicer presegajo dopustno mejo, vendar ne za več kot 2 krat (preglednica 9). To pomeni, da tedaj ko delo z motorno žago ne traja dnevno več kot 2-4 ure in ima številne prekinitve brez tresenja, sekači niso preobremenjeni s tresenjem. Tresenje torej ne ogroža zdravja, vendar še vedno zmanjšuje njihovo delovno sposobnost in učinke. Ob neupoštevanju trajanja izpostavljenosti tresenju in drugih varstvenih ukrepov pa tudi tresenje sodobnih motornih žag še lahko pripelje do boleznih bellh prstov. Obremenitve s tresenjem na nosilnem ročaju so bistveno manjše in niso odločilne za oceno obremenitev sekača s tresenjem (preglednica 10).

Testiranje razlik in regresijska odvisnost dokazujeta, da so obremenitve sekača s tresenjem večje pri delu s starejšo, že dalj časa rabljeno motorno žago (grafikon 11, preglednica 10). Obremenitve tako med delom z motorno žago kot v vsem produktivnem času (preglednica 10) so značilno večje pri sečnji bukovine kot pri sečnji iglavcev. Večji delež elementov brez tresenja: ročno delo, gozdni red, zmanjšuje obremenitve sekačev.

Izbira motornih žag, ki imajo na testu med prežagovanjem jakost tresenja pod 12  $\text{ms}^{-2}$  in ogrevane ročaje, redno zamenjevanje antivibracijskih čepov in vzdrževanje žagalnih delov prispeva k manjšim obremenitvam s tresenjem. Omejevanje trajanja dela z motorno žago, redna uporaba rokavic in obdobji zdravstveni pregledi, zmanjšujejo škodljivost tresenja. Največ pa lahko k varnemu delu z manj tresenja prispeva pravilna tehnika dela s pogostim naslanjanjem motorke.

### FACTORS INFLUENCING THE VIBRATION-LOAD OF LUMBERMEN

#### Summary

An experiment was planned in order to establish the influences on the lumberman's load. With one lumberman included in the experiment, vibration level was measured on the rear handle of a Husqvarna 266 motor saw in three regular cutting areas of the Postojna forest enterprise in Bukovje for 4 days. In the first day vibrations caused by a

motor saw which had been in use for quite a long time were measured in the cutting of conifers and beech tree, while in the second day those caused by a motor saw which had been less in use. Vibration values on the front handle were taken during two days. In data processing, 11 days of sampling in cutting places all over Slovenia in different working conditions were also partly taken into consideration (tables 2-4). Experimental work studies performed by means of the Brüel et Kjaer instruments lasted each day 2 times 48 minutes or once from 39 to 49 minutes (table 1). Mostly for 30 second-intervals the minimum, mean and maximum vibration level in an individual direction (component) was recorded and the mean vector weighed sum as well as the prevailing work operation and work performance were established.

Work technology and working conditions highly differed. Consequently, work performance was different as well. The cutting of stem timber (multiples) with the bucking of timber during branching and maintaining of forest regulations (table 2) prevailed.

High oscillations in vibration level during work were established. The mean values in an individual direction fluctuate between 1 and 13  $\text{ms}^{-2}$ , the maximum levels between 2 and 25  $\text{ms}^{-2}$  (graph 1). In individual cutting places these values can even be higher, yet mostly they are lower (graphs 2 and 3). Vibration loads are normally interrupted by the periods of manual work without vibrations (graphs 1-3) or in individual cutting areas they can uninterruptedly last up to 30 or 40 minutes (graphs 4 and 5), with high oscillations established though. The greatest contribution as to the total load of a lumberman (vector sum) is represented by the vertical Z direction in most of the cutting areas (graphs 3 to 5, tables 5 and 6).

The highest vibration load of a lumberman on the rear handle can be established during the work with a motor saw - during felling the mean values in cutting areas are between 7.4 and 13.7  $\text{ms}^{-2}$ , during branching from 6.7 to 13.1  $\text{ms}^{-2}$  and during cross cutting from 7.5 to 13  $\text{ms}^{-2}$  (table 7). The highest load during the productive time and also working time is caused by branching due to its long duration (table 8). The load during the entire productive time totalled 6.2 to 12.3  $\text{ms}^{-2}$  on the average. Converted to working time, under the supposition that there is no load in three hours of unproductive time daily, they are by 1.1 to 2.6  $\text{ms}^{-2}$  lower. Lumbermen's loads during their work with a motor saw though exceed the level permitted yet not more than by two times (table 9). This means that when the work performed by a motor saw does not last more than 2-4 hours daily and

has a lot of interruptions without vibrations, lumbermen are not exposed to too high loads through vibrations. Thus vibrations do not affect their health yet they diminish their working ability and performance. If the time of exposure to vibrations and other safety measures are disregarded, the vibrations of modern motor saws may also cause the disease called white fingers. Vibration loads on the front handle are essentially lower and are not decisive as to the assessment of lumberman's vibration load (table 10).

The testing of differences and regression dependence prove that vibration load of a lumberman is higher if work is performed with an older motor saw, which has been in use for quite some time (graph 11, table 10). The loads during the work with a motor saw as well as during the entire productive time (table 19) are characteristically higher in the cutting of beech trees than coniferous trees. A greater share of the elements without vibrations: manual work, the observing of forest regulations diminishes lumbermen's load.

The selection of the motor saws, for which the tests have proved that their vibration level in cross cutting was under 12  $\text{ms}^{-2}$ , and which have warmed up handles, the regular exchanging of antivibration protectors and the maintenance of sawing parts contribute to lower vibration loads. Limited time of work performed with a motor saw, regular use of gloves and periodic medical checkups decrease the harmful effect of vibrations. Yet the appropriate work technique, with frequent propping of a motor saw, can mostly contribute to safe work with less vibrations.

## VIRI

1. LIPOGLAVŠEK, M., 1990, Belastung der Waldarbeiter mit Lärm und Schwingungen, - 19. IUFRO Word Congress, Montreal, Division 3, Proceedings, s. 243-251.
2. LIPOGLAVŠEK, M., 1994, Obremenitev sekačev s tresenjem, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 43, s. 149-166, Ljubljana
3. RUPPERT, D., 1987, Aus dre Arbeit des FPA - Motorsägen. - Forsttechnische informationen 39, 8, KWF Mainz
4. RUPPERT, D., 1992, Aus der Arbeit des FPA - Motorsägen. - Forsttechnische informationen 44, 10, KWF Mainz
5. ISO 5349, 1986 Mechanical vibration - Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration
6. ISO 7505, 1986 Forestry machinery - Chain saws. Measurement of hand transmitted vibration