

Prispelo/Received: 1988, september

ODC 304:375.4:377.44

## ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI GOSENIČARJEV ZA SPRAVILO LESA

Marjan LIPOGLAVŠEK\*  
Igor POTOČNIK\*\*

### *Izvleček*

*V gozdarstvu Slovenije uporabljamo 3 tipe goseničarjev Fiat, različno prilagojene za spravilo lesa. Celovita primerjava njihovih ergonomskih značilnosti pokaže, da so nove prilagoditve v splošnem izboljšale ergonomske značilnosti. Jakost ropota in tresenja ter obremenjenost traktoristov z njima pa je pri novejših goseničarjih večja.*

*Ključne besede: ergonomska značilnost, goseničar, ropot, tresenje, obremenjenost, traktorist, spravilo lesa.*

## ERGONOMIC CHARACTERISTICS OF CRAWLER TRACTORS FOR SKIDDING

Marjan LIPOGLAVŠEK\*  
Igor POTOČNIK\*\*

### *Abstract*

*In Slovene forestry 3 types of different adapted crawler tractors Fiat are used for skidding. An integral comparison of ergonomic characteristics shows that the new adaptations are better from ergonomical point of view. Using new types of tractors, noise and vibration level and tractor driver exposure are greater.*

*Key words: ergonomic characteristics, crawler tractor noise, vibration, exposure, tractor driver, wood-skidding.*

---

\* prof. dr., dipl. inž. goz., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

\*\* dipl. inž. goz., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU

## KAZALO VSEBINE

### UVOD

### 1. METODIKA RAZISKAVE

### 2. CELOSTNA OCENA ERGONOMSKIH ZNAČILNOSTI

### 3. ROPOT

3.1. Metodika merjenja jakosti ropota in obdelave podatkov

3.2. Frekvenčne analize ropota neobremenjenih traktorjev

3.3. Odvisnost jakosti ropota od vrtljajev motorja

3.4. Obremenitve traktoristov z ropotom

3.4.1. Delovne razmere na deloviščih med snemanjem ropota

3.4.2. Obremenjenost traktoristov z ropotom med delovnimi operacijami

3.4.3. Obremenjenost traktoristov z ropotom na posameznih deloviščih

3.4.4. Nihanje jakosti ropota v delovnem dnevu

3.4.5. Preobremenjenost traktoristov z ropotom

3.4.6. Odvisnost obremenjenosti z ropotom od delovnih razmer

3.5. Povzetek raziskave ropota goseničarjev.

### 4. TRESENJE

4.1. Metoda merjenja vibracij in obdelava podatkov

4.2. Tresaenje — značilnot traktorjev in uporabljenih sadežev

4.2.1. Frekvenčne analize vibracij

4.2.2. Dušenje vibracij na sedežih goseničarjev

4.3. Obremenitve traktoristov s tresenjem

4.3.1. Delovne razmere med merjenjem vibracij

4.3.2. Jakost vibracij na sedežu traktorja med delovnimi operacijami  
spravila lesa

4.3.3. Kako pogosto se pojavljajo različne jakosti tresenja  
na traktoristovem sedežu

4.3.4. Obremenitev traktoristov s tresenjem pri spravilu lesa  
z goseničarji

4.4. Ugotovitve in sklepi

### 5. POVZETEK

### 6. ZUSAMMENFASSUNG

### 7. LITERATURA

## UVOD

V letih 1975—79 smo v okviru IGLG raziskovali ergonomске značilnosti traktorjev pri spravilu lesa, med njimi tudi traktorja goseničarja Fiat 505 C. S takratnimi raziskavami je nastal leta 1980 obsežen elaborat in kasneje je bila o tem objavljena obsežna študija (9). Nato so se pojavili nekoliko močnejši in večji (daljši) goseničarji Fiat 605 C in Fiat 665 v kooperaciji z BNT Novi Travnik. V letih 1983 in 1984 so zlasti na GG Kranj, sodelovala pa so še druga gozdna gospodarstva v Sloveniji, temeljito prilagodili ta dva tipa vinogradniških traktorjev za delo pri spravilu lesa. Z izdelavo varnostne kabine so se bistveno spremenile ergonomske značilnosti goseničarjev. Ergonomske izboljšave imajo tudi že osnovni stroji. V okviru IGLG smo preskušali kabino in adaptacijo goseničarjev, izdana pa je bila tudi strokovna ocena o varnosti dela z njimi. V letih 1984—86 je bilo opravljenih več meritev ropota in vibracij oziroma obremenitev traktoristov z njimi na različnih deloviščih na Gorenjskem. Meritve smo obdelali leta 1987, izsledke pa opisuje pričujoča študija. Pri tem nas zanimajo predvsem tale vprašanja:

- koliko so se v resnici izboljšale ergonomske značilnosti ali prilagojenost strojev človeku,
- ali močnejši motor in odprta kabina povečujeta obremenjenost traktoristov z ropotom,
- kako drugačne dimenzije (moč, velikost, masa) in drugačen sedež vplivajo na obremenjenost traktorista s tresenjem.

Zato v tej raziskavi primerjamo ergonomske značilnosti treh tipov goseničarjev: Fiat 505 C, Fiat 605 C in Fiat 665 pri spravilu lesa.

Raziskave so potekale na VTOZD za gozdarstvo BF v sklopu raziskovalnih nalog: Ergonomske značilnosti delovnih sredstev in zahtevnost dela pri pridobivanju lesa, Tehnološke in ergonomske zahteve pri oblikovanju strojne opreme in Humanizacija dela v gozdarstvu, ki jih financirajo gozdnogospodarske organizacije Slovenije.

Pri ergonomski oceni traktorjev pri delu so sodelovali člani komisije IGLG za izdajo strokovnih ocen o upoštevanju varstvenih predpisov in normativov pri izdelavi gozdarske opreme in strokovnjaki iz operative. Pri meritvah in obdelavi podatkov so sodelovali asistenti I. Potočnik, M. Trkman, V. Vilman in prof. dr. M. Lipoglavšek. Vsem se za sodelovanje iskreno zahvaljujemo. Pričujočo študijo sta napisala M. Lipoglavšek in I. Potočnik (poglavje o tresenju).

## 1. METODIKA RAZISKAVE

Metodika raziskave je bila enaka tako pri prvem preučevanju v letih 1975—1979 kot pri kasnejših delih. Tako je mogoče primerjati posamezne tipe goseničarja Fiat.

Najprej so sicer različne, vendar podobno sestavljene skupine strokovnjakov celostno ocenjevale ergonomске značilnosti strojev s pomočjo ergonomskih vprašalnih pol. Opazovale so traktor in spravilo lesa z njim na deloviščih v gozdu. Izpolnjene vprašalne pole so bile eden od pripomočkov za izdajo strokovne ocene o varnosti dela. Ob tem so bile predlagane še posamezne izboljšave stroja, ki jih te ocene še ne vsebujejo, vendar pa ne vplivajo bistveno na celostno oceno ergonomskih značilnosti. Večina zahtev je tudi objektivno določena, tako da različnost skupin ocenjevalcev ni premočno vplivala na ocene. S preprostim seštevanjem ergonomsko ugodnih odgovorov, ki pa niso povsem enako pomembni za prilagojenost stroja delavcem, smo celostno ocenili ergonomске značilnosti posameznih strojev in jih primerjali med seboj. Posamezna področja ergonomске presoje (11) tudi v podrobnostih primerjamo med seboj za vse tri tipe goseničarjev.

Ker je obremenjenost traktoristov z ropotom in tresenjem najbolj neugoden dejavnik delovnega okolja in lahko povzroča zdravstvene okvare, smo merili jakost ropota in vibracij na več deloviščih. Ropot smo izmerili najprej pri neobremenjenem traktorju kot njegovo ergonomsko značilnost. Merili smo skupno jakost in frekvenčno porazdelitev ropota pri prostem teku in pri polnem plinu traktorja, ko le-ta miruje. Ugotovili smo tudi odvisnost jakosti ropota ob traktoristovem ušesu od števila vrtljajev motorja. Traktoristovo obremenjenost z ropotom smo ugotavljali med delom na več različnih deloviščih v različnih delovnih razmerah. Merili smo jakost ropota ob traktoristovem ušesu med vsemi produktivnimi delovnimi operacijami in deloma med zastoji. Dnevno obremenjenost smo izrazili z izračunano ekvivalentno jakostjo ropota in z dnevno porazdelitvijo ropota po jakostnih razredih, obe pa smo izračunali na podlagi sistematičnega vzorčenja vsakih 10 sekund. Vse te vrednosti primerjamo med seboj za tri traktorje ter posamezna delovišča in jih primerjamo tudi s standardiziranimi dopustnimi mejami obremenitev. Pri tresenju smo značilnost traktorja in sedeža ugotavljali s primerjavo jakosti tresenja na ohišju in na sedežu predvsem z merjenjem teh jakosti pri vožnji traktorja čez standardizirano oviro. Traktoristovo obremenjenost s tresenjem smo skušali ugotoviti z linearnim merjenjem jakosti tresenja med vsemi delovnimi operacijami. Ob podmeni, da je frekvenčna porazdelitev nizkofrekvenčnih vibracij enaka med delom in med poskusnim premagovanjem ovire, smo ugotavljali velikost traktoristove obremenjenosti tako, da smo izmerjene jakosti primerjali z mednarodnim standardom ISO dopustnih obremenitev. Taka primerjava omogoča tudi ugotovitev trajanja traktoristove preobremenjenosti s tresenjem v delovnem dnevu. Tudi tu smo primerjali traktoristovo obremenjenost na posameznih deloviščih in na posameznih tipih traktorja goseničarja. Metodika terenskih meritev in obdelave podatkov je natančneje opisana v poglavjih o ropotu in tresenju.

## **2. CELOSTNA OCENA ERGONOMSKIH ZNAČILNOSTI**

Za celostno ergonomsko oceno goseničarjev smo uporabili nemško ergonomsko vprašalno polo (11) in merila, ki so bila izdelana ob njej. Vprašalna pola ima 92

vprašanj o naslednjih enajstih elementih stroja: vstop in izstop, delovni prostor, sedež, kontrolni inštrumenti, elementi za upravljanje, vidljivost, škodljivi vplivi, obremenjenost, varnost, navodila za upravljanje, nega in popravila. Nekatera od vprašanj za ta delovni stroj ali za delo z njim tudi niso primerna. Na takšna pač nismo odgovarjali, za oceno smo lahko uporabili le nekaj manj (78 oz. 79) vprašanj.

Preglednica 1: Število različnih odgovorov iz vprašalnih pol  
Zahl der verschiedenen Antworten aus den Prüflisten

traktor <i>Schlepper</i>	ergonomsko področje <i>ergonomische Beurteilung</i>	štev. vpra- šanj <i>Zahl der Fragen</i>	FIAT 505				FIAT 605				FIAT 665			
			+	0	—	odp.	+	0	—	odp.	+	0	—	odp.
1 vstop in izstop <i>Ein- und Ausstieg</i>	8	1	1	6	0	3	1	4	0	4	3	1	0	
2 delovni prostor <i>Arbeitsraum</i>	6	1	0	4	1	5	1	0	0	5	1	0	0	
3 sedež <i>Sitz</i>	9	5	0	3	1	5	1	1	2	6	0	1	2	
4 kontr. inštrum. <i>Anzeiginstrumente</i>	9	9	0	0	0	8	1	0	0	8	1	0	0	
5 elementi za upravljanje <i>Bedienelemente</i>	11	2	5	3	1	8	0	2	1	8	2	0	1	
6 vidljivost <i>Licht</i>	8	0	2	1	5	0	1	4	3	2	0	2	4	
7 škodljivi vplivi <i>Schädliche Einflüsse</i>	7	2	0	5	0	2	2	3	0	2	2	3	0	
8 obremenjenost <i>Beanspruchung</i>	8	4	1	3	0	7	0	1	0	7	0	1	0	
9 varnost <i>Sicherheit</i>	12	2	0	7	3	3	0	4	5	4	1	2	5	
10 navodila za upravljanje <i>Hinweise zur Bedienung</i>	3	0	0	3	0	0	2	1	0	3	0	0	0	
11 nega in popravila <i>Pflege und Reparaturen</i>	11	4	0	5	2	8	0	1	2	8	1	0	2	
SKUPAJ ZUSAMMEN	92	30	9	40	13	49	9	21	13	57	11	10	14	
% ugodnih in delno ugodnih <i>% günstig und teilweise günstig</i>		38	11			62	11			73	14			

Na vprašanja je mogoče odgovoriti z „da“, „delno“ in „ne“; pri tem pomeni odgovor „da“ ugodno za ergonomsko prilagojenost stroja delavcu, „ne“ pa neugodno. Odgovorom „delno ugodno“ smo se, kolikor je bilo mogoče, izogibali, vendar brez njih ni šlo.

Traktor goseničar Fiat 505 C smo ocenjevali 8. 1. 1980 na delovišču mehanične delavnice v Rečici pri Bledu po poprejšnjih ocenjevanjih na deloviščih na Pokljuki. Traktor Fiat 605 C smo ocenjevali 8. 11. 1983 na delovišču v Podljubelju, traktor Fiat 605 pa 13. 11. 1984 na delovišču v Sopotnici. Ocenjevale so različne skupine gozdarskih strokovnjakov, vendar je vsa ocenjevanja vodil M. Lipoglavšek.

Število različnih odgovorov po posameznih področjih ergonomske presoje prikazuje 1. preglednica. Vidimo, da se ocene posameznih tipov traktorjev zelo razlikujejo, tako po področjih kot tudi skupaj. Preprosti seštevek odgovorov, ki pa niso vsi enako pomembni za oceno prilagojenosti stroja delavcu, pokaže, da je traktor Fiat 505 ergonomsko neustrezen, za fiat 605 in 665 pa lahko ugotovimo, da sta ergonomsko že prilagojena delavcu. Tako je bilo pri fiatu 505 samo 38% ugodnih odgovorov, pri fiatu 605 že 62%, pri fiatu 665 pa 73%. Če prištejemo še delno ugodne odgovore, njihovo število tudi pri traktorju Fiat 605 presega 70%; to štejeemo v zdajšnjih razmerah za sprejemljivo mejo ergonomske prilagojenosti. Ob teh ocenah, zlasti za fiat 605 je nastalo več predlogov za ergonomske izboljšave adaptacije kmetijskega traktorja za delo pri spravilu lesa. Te predloge je izvajalec adaptacije, Gozdno gospodarstvo Kranj, upošteval že pri izdelavi nadaljnjih adaptacij goseničarja Fiat 605 in zlasti pri adaptaciji fiata 665. Zato bi bila lahko ocena fiata 605 z upoštevanimi predlogi še nekoliko boljša od prikazane v 1. preglednici. Fiat 665 pa ima že v originalni izvedbi kmetijskega traktorja nekatere ergonomske izboljšave in je tudi zato ocena toliko boljša od drugih dveh tipov. Najpomembnejša izboljšava je izdelava varnostne kabine na SGG Tolmin, ki je bila tudi preskušena po OECD metodiki in je dobila pozitivno strokovno oceno IGLG o upoštevanju varnostnih predpisov pri njeni izdelavi. Večja dolžina traktorja Fiat 665 omogoča tudi boljše oblikovanje delovnega prostora in boljše razvrstitev elementov za upravljanje, pa tudi za postavitve ustreznega sedeža je dovolj prostora. Nadrobno opisujemo posamezne elemente ergonomskih zahtev in izboljšav po 11 področjih ter v nadaljevanju primerjamo tri tipe traktorjev med seboj.

Za vstop in izstop pri fiatu 505 ni bilo prav nič poskrbljeno. Traktorist se je vzpenjal prek gosenic, kjer ni imel nobenih pravih opor za noge, ni bilo nobenih ročajev pa tudi sedež in vodila stroja so ga zelo ovirala. Pri fiatih 605 in 665 je bila na nosilec gosenic privarjena posebna stopnica, na blatnik pa mreža, da ne drsi. Stopnice so tako še zmeraj zasilne, so pa lahko opora za noge pri vzpenjanju. Velikost vhoda ustreza ergonomskim zahtevam, razen njegove višine, ki je nekoliko premajhna. Kabini so dodani ustrezní ročaji iz okroglega železa, obloženi z gumo. Vodila stroja manj ovirajo vstop.

Delovni prostor v kabini pri fiatu 505 je toliko prekratek, da v njem ni mogoče premakniti sedeža nazaj in da ni prostora za traktoristova kolena, dimenzije pri fiatih

605 in 665 pa so zadostne. Ostri robovi na ročicah in ohišju so bili odpravljani. Prvotno ni bil ustrezno rešen pogon brisalcev; imel je ostre robove, ki pa so jih kasneje odpravili. Nekatere ročice so še zmeraj preblizu prednjega roba ohišja ob armaturni plošči.

Sedež je bil na goseničarjih Fiat 505 in 605 sicer nadomeščen s TAP-ovim sedežem, vendar je ta nekoliko premajhen in nima ustreznega naslonjala. pri fiatu 605 pa je že originalni sedež ergonomsko ustrezen. Manjka le možnost za nastavitev nagiba sedeža in naslonjala v želeni položaj.

Kontrolni instrumenti so pri počasni vožnji pri spraviu manj pomembni. Pri vseh treh tipih so ustrezno oblikovani in nameščeni v središčno vidno polje.

Elementi za upravljanje so pri fiatu 505 po obliki in razvrstitvi manj ustrezni, pri obeh novejših tipih pa večinoma ustrezajo. Nekateri so še zmeraj zunaj gibalnega polja rok in nog, za njihovo upravljanje je potrebno preveč sile rok. Najpomembnejša izboljšava je zamenjava mehanično vodenega vitla s hidravlično vodenim vitlom. Ročice vitla so premaknjene ob sedež in za njihovo upravljanje so potrebne minimalne sile. Razvrstitev elementov za fiat 505 in za fiat 665 prikazujeta 1. in 2. grafikon in je pri fiatu 665 bistveno boljša, čeprav še ni povsem ustrezna.

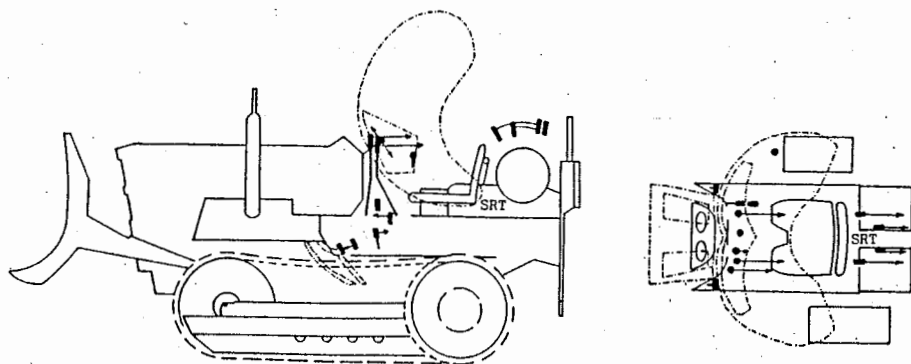
Vidljivost je pri nekaj večjih novejših goseničarjih nekoliko slabša že zaradi velikosti stroja. Zaradi kabine je vidljivost nekoliko zmanjšana, vendar le malo, saj kabina nima večjih ploskev, skozi katere ni mogoče videti. Namestitev vitla niže na traktor olajša pri fiatu 665 preglednost nad tovorom med privlačevanjem.

Škodljive vplive okolja kabina nekoliko zmanjša, saj traktorista varuje pred padavinami, pa tudi pred umazanijo in vlago. Klime v njej pa ni mogoče uravnavati, saj je odprta. Žal pa pomeni uporaba močnejšega stroja nekaj večje obremenitve z ropotom. O škodljivosti ropota in vibracij goseničarjev bomo nadrobno govorili v nadaljevanju študije.

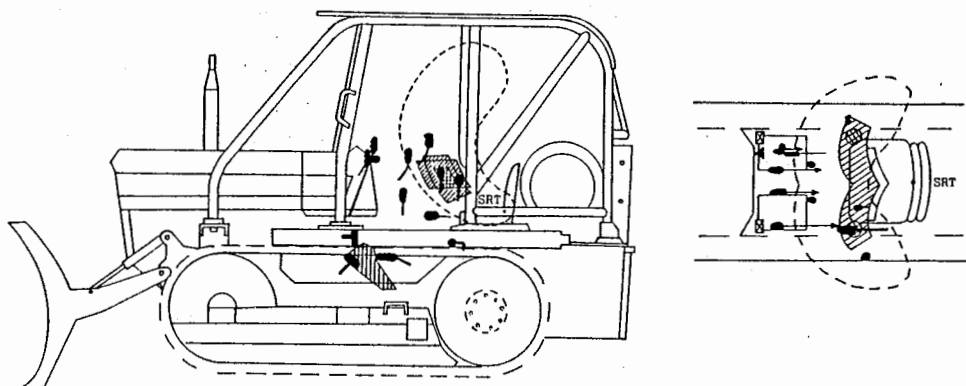
Za telesno in duševno obremenjenost traktoristov na goseničarjih menimo, da ne presega dopustnih trajnih mej obremenjenosti. Meritve (spravilo s fiatom 505) so pokazale, da je telesna zahtevnost dela z goseničarjem nekaj manjša kot pri delu s prilagojenim kolesnikom ali zgibnikom. Vpeljava hidravlično vodenega vitla pomeni manj zasukanih položajev telesa in manj potrebne sile za vodenje vitla. Še zmeraj pa ostajajo nekatere ročice, ki zahtevajo prevelike sile rok in pripognjeno telo. Spremljanje tovora s pogledom med privlačevanjem tudi zahteva zasukan položaj telesa, ker sedež pač ni vrtljiv.

Varnost pri delu se je zelo izboljšala z vdelavo trdne varnostne kabine. Veriga za pogon vitla bi morala biti popolneje in zmeraj zavarovana s ščitnikom. Cevi hidravlike so še v kabini in traktorist je izpostavljen nevarnosti, da ga obrizga olje hidravlike. Menimo tudi, da je stroj premalo zavarovan pred zlorabo nepoklicanih.

Graf. 1 Razvrstitev elementov za upravljanje pri goseničarju Fiat 505 C  
*Anordnung der Bedienelemente beim Raupenschlepper Fiat 505 C*



Graf. 2 Razvrstitev elementov za upravljanje pri goseničarju Fiat 665  
*Anordnung der Bedienelemente beim Raupenschlepper Fiat 665*





Pri fiatu 505 ni bilo poskrbljeno za navodila za delo, pri fiatu 665 pa so le-ta ustrezna, dovolj jih je na samem stroju, pa tudi v pisani obliki. Tudi za nego in popravila je pri novejših strojih boljše poskrbljeno, le pravega prostora za namestitev zaboja z orodjem ni.

Nove predloge za ergonomске izboljšave je težko oblikovati, saj so bili pri adaptaciji upoštevani že številni predlogi za manjše, preprostejše izboljšave. Ergonomске značilnosti je mogoče nadalje izboljševati le s korenitimi konstrukcijskimi spremembami osnovnega stroja in adaptacije za spravilo lesa. Prihodnost je v povsem zaprti klimatizirani kabini in hidravlično ali električno vodenimi elementi za upravljanje stroja, da odpadejo trde mehanične ročice. Take elemente lahko postavimo povsem v optimalno gibalno polje. Verjamemo, da bo takšne nove izboljšave v prihodnosti mogoče uresničiti.

### **3. ROPOT**

#### **3.1. Metodika merjenja jakosti ropota in obdelave podatkov**

Značilnosti ropota traktorja smo ugotovili z merjenjem jakosti ropota ob traktorstovem ušesu, ko se traktor ni premikal. V prostem teku in pri polnem plinu smo na več deloviščih ob kamionski cesti opravili frekvenčno analizo ropota v oktavnih frekvenčnih pasovih. Na merilniku jakosti smo odbrali na 0,5 dB natančno linearno vrednost vseh pasov skupaj, dB(A) vrednost in jakost ropota v posameznem pasu s preklapljanjem oktavnega filtra. Vse meritve smo tudi zapisali na papirni trak pisalnika. Pisalnik je bil prej umerjen z merilnikom. Zapis smo kasneje s kalibracijo primerjali z okularnimi odbirki in po potrebi popravili odbirke za 0,5 dB (izjemoma 1 dB). Frekvenčne analize smo ponazorili še grafično. Podobno smo merili jakost ropota v vrednostih dB(A) pri različnem številu vrtljajev motorja, tako, da je traktorist z dodajanjem plina povečeval število vrtljajev v stopnjah po 200 vrtljajev. Število vrtljajev je odbral na merilniku, ki je vdolan v traktor.

Strojnikovo obremenitev z ropotom smo ugotavljali z merjenjem in zapisovanjem jakosti ropota ob njegovem ušesu med več celotnimi ciklusi dela. Jakost ropota smo merili ločeno za posamezne elemente dela in posamezne delovne cikle. V odmorih med ciklusi smo meritve na splošno prekinili. Hkrati z merjenjem ropota smo opravljali tudi časovne študije dela. Opravljali jih je poseben snemalec s štoparico po kontinuirani kronometrični metodi. Za merjenje in zapisovanje ropota smo uporabili tele inštrumente:

- kondenzijski mikrofonski Brüel et Kjaer tip 4165
- natančni impulzni merilnik jakosti zvoka B et K tip 2209
- oktavni filter B et K tip 1613
- grafični pisalnik B et K tip 2306.

Mikrofon je bil pritrjen na čelado ob desnem traktoristovem ušesu. drugi inštrumenti so bili v trdni kovinski škatli, ki je bila z gumijastimi trakovi pritrjena na traktor. Inštrumenti so bili povezani s kabli. Med merjenjem ropota med delom je bil merilnik nastavljen večinoma tako, da je bila ničla merilnika pri 90 dB (izjemoma tudi 80 dB). Tako je bilo mogoče dovolj natančno nepretrgoma zapisovati jakost ropota med 75 in 101 dB. Merilnik je bil med delom vklopljen na filter A in na „fast“.

Hitrost pomika papirja je bila nekaj manjša kot 0,3 mm/s in smo jo preverjali s stoparico. Izjemoma smo hitrost nastavili tudi na 1 mm/s in tako dobili jasnejši zapis jakosti. Hitrost pisanja peresa pisalnika je bila nastavljena na 100 mm/s, da je še dovolj dobro sledil nihanjem jakosti ropota. Merilne inštrumente smo večkrat, najmanj pa pred merjenjem in po njem kalibrirali s pistonfonom (B et K tip 4220). Kasneje smo izračunali korelacijsko odvisnost (kalibracijo) med višino zapisa na papirju v mm in izmerjeno jakostjo ropota v dB(A). Rabila je za prevajanje odbranih vrednosti na zapisu v jakost ropota. Ko je traktorist zapustil traktor, je moral odložiti čelado. Tedaj inštrumentov nismo izključili, ampak smo ta čas posebej zapisali in ga nismo upoštevali pri izračunu obremenitev. Za ta čas smo vzeli, da je jakost enaka 40 dB(A), to pa je najpogosteje hrupnost okolice v gozdu.

Posnete čase elementov dela, začetke snemanj in čase odlaganja čelade smo zapisali na preprost snemalni list s tremi stolpci: element dela, čas, mesto čelade (opomba). Posebej smo za vsak cikel dela izmerili tudi premer v lubju in dolžino vseh spravljenih kosov lesa. S 25 m dolgim kovinskim trakom in padomerom smo izmerili in narisali podolžni profil vlake. Zapisali smo tudi bistvene podatke o traktoristu, traktorju in delovišču. Snemanje na terenu sta opravila najmanj dva snemalca. Eden je snemal trajanje elementov dela, drugi pa je skrbel za delovanje merilnih inštrumentov in meril spravljenih količin lesa. Pri nekaterih snemanjih so bili navzoči tudi študenti gozdarstva, to je bil zanje terenski pouk. Obremenjenost traktoristov z ropotom smo ugotavljali z računalnikom (na RRC po terminalu BF). Trajanje posameznih elementov dela smo vpisali v papirni zapis jakosti ropota. Za vsak element dela ločeno smo v intervalih 10 sekund (oz. 3 mm na zapisu) odbrali višino zapisa v milimetrih z zaokroževanjem na 1 mm, zmeraj pa smo odbrali tudi najmanjšo in največjo zapisano jakost ne glede na sistematično vzorčenje. Odbirke zapisa smo vpisovali v poseben obrazec, prirejen za luknjanje kartic. Računalnik je vsak odbirek najprej prevedel s pomočjo enačbe kalibracije iz mm v vrednosti dB(A). Nato je za vsak posneti interval izračunal trajanje, število odbirkov, aritmetične in kvadratične sredine jakosti ropota, ekvivalentno jakost ropota, standardni odklon ter minimum in maksimum jakosti ropota. V izpisu so izračunane vrednosti najprej prikazane v zaporedju pojavljanja intervalov, nato pa kot seštevek za elemente dela, za cikle dela in za ves dan snemanja. Zadnji del izpisa vsebuje številčni prikaz razporeditve jakosti ropota v posnetem času po jakostnih pasovih širine 2,5 dB(A).

Najustreznejše merilo človekove obremenjenosti z ropotom spremenljive jakosti je ekvivalentna jakost ropota. Pri obdelavi zbranih podatkov (ARMS vsakih 10 sek.)

smo jo računali vedno iz posameznih odbirkov po poenostavljenem obrazcu z upoštevanjem razpolovnega faktorja  $q = 3$  za občutljivost sluha.

Odvisnost obremenjenosti traktoristov z ropotom od delovnih razmer smo skušali raziskati tako, da smo srednje vrednosti obremenjenosti za posamezna delovišča in traktorje primerjali s srednjimi vrednostmi parametrov delovnih razmer.

### 3.2. Frekvenčne analize ropota neobremenjenih traktorjev

Frekvenčne analize smo naredili po oktavnih pasovih s sredinami od 31,5 Hz do 31,5 kHz v prostem teku motorja (500—700 vrtljajev/min) in pri polnem plinu (2400—2800 vrtljajev/min). Frekvenčne analize so bile narejene pri fiatu 605 na treh različnih traktorjih, za fiat 505 in fiat 665 pa na po štirih traktorjih. Za traktorja 605 in 665 so prikazane na grafikonih 3 (prosti tek) in 4 (polni plin) ter 2. preglednici.

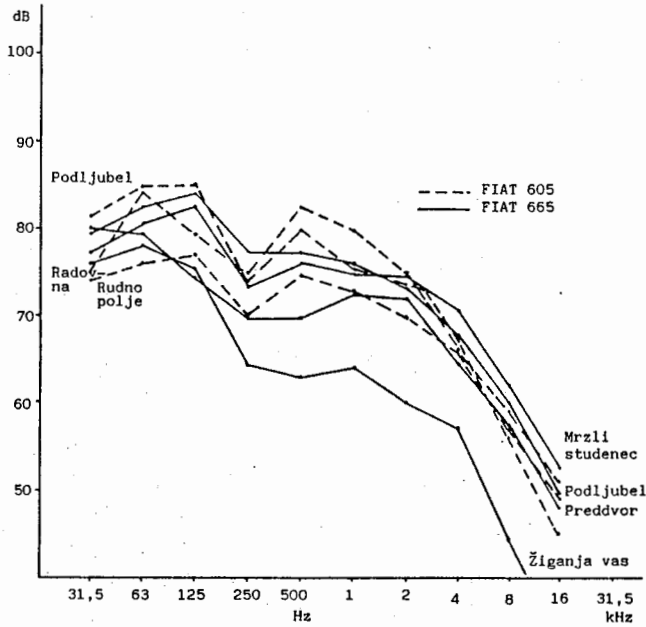
Že posamezni traktorji istega tipa se precej razlikujejo. Razlike so večje v prostem teku kot pri polnem plinu.

Pri prostem teku vse krivulje, razen ene izjeme, presegajo normativno krivuljo občutljivosti ušesa NR 70 (traktorji 605 in 665). Za goseničar Fiat 605 sta v prostem teku značilna dva maksimuma, eden pri 63—125 Hz, drugi pri 500 Hz. Drugi je absolutno sicer nekaj nižji, glede na občutljivost ušesa pa je znatno višji od prvega, saj močno presega NR 70. Tudi pri goseničarju Fiat 665 vidimo dva maksimuma, enega pri frekvenci 125 Hz in drugega na širšem frekvenčnem območju od 500 do 2000 Hz. Drugi maksimum je manj izrazit kot pri fiatu 605. Kljub temu tudi ta znatneje presega NR 70 kot prvi. Frekvenčne analize ropota traktorja Fiat 505 kažejo v prostem teku podobne značilnosti, vendar na nekoliko nižji ravni.

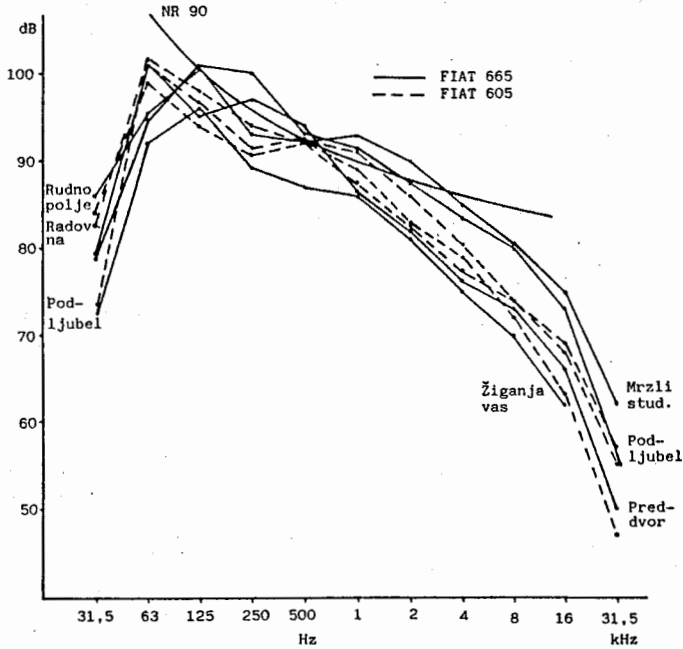
Pri polnem plinu imajo frekvenčne porazdelitve samo en izrazit maksimum razen ene izjeme (fiat 665 na Mrzlem studencu). Ta maksimum je pri fiatu 605 pri nižji frekvenci (63 Hz) kot pri fiatu 665 (125—250 Hz). Pri fiatu 605 le izjemoma presega jakost ropota normativno krivuljo NR 90, pri fiatu 665 pa jo presega na širših, višjih frekvenčnih območjih. Frekvenčne analize ropota fiata 505 pri polnem plinu imajo podobne značilnosti, le jakost ropota je nekoliko večja pri nizkih, manjša pa pri višjih frekvencah, ko je človekovo uho občutljivejše.

Izračunana povprečja (aritmetične sredine — 5. grafikon) za posamezne tipe traktorjev se precej manj razlikujejo kot posamezni traktorji istega tipa. Zato je težko sklepati na značilne razlike med njimi. Pri prostem teku se zdi, da je jakost ropota največja pri fiatu 605, najmanjša pa pri fiatu 505. Maksimum pri višjih frekvencah namreč pri fiatu 605 presega NR 70 na znatno širšem območju kot pri fiatu 505. Po frekvenčni porazdelitvi jakosti ropota pri polnem plinu pa so si tipi traktorjev še bolj podobni. Zaradi razlik pri višjih frekvencah (nad 1000 Hz), kjer je človekovo

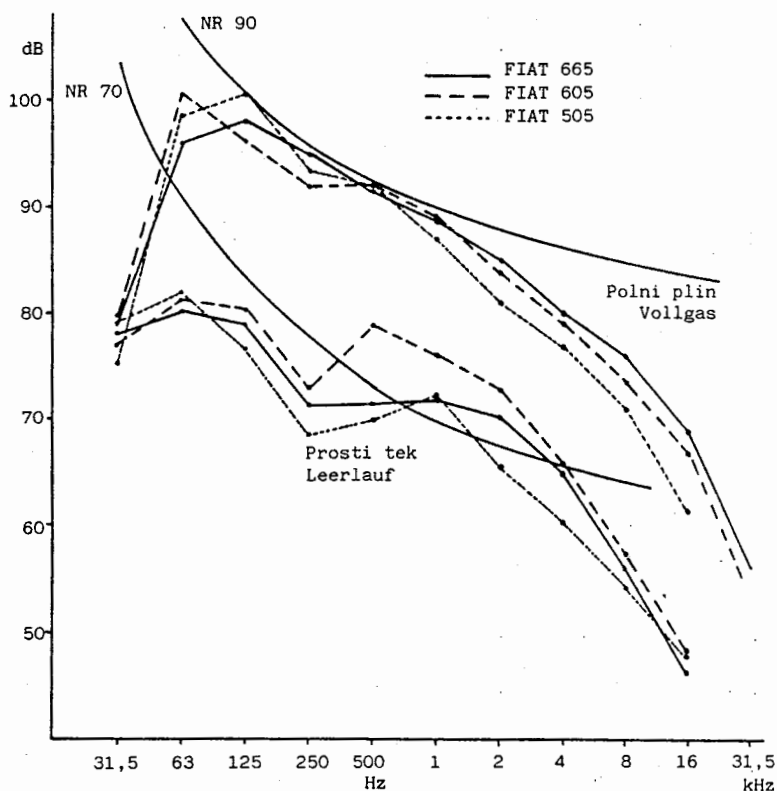
Graf. 3 Frekvenčne analize ropota v prostem teku  
*Frequenzanalyse des Lärms im Leerlauf*



Graf. 4 Frekvenčne analize ropota pri polnem teku  
*Frequenzanalyse des Lärms beim Vollgas*



Graf. 5 Povprečja frekvenčnih analiz ropota goseničarjev  
*Durchschnitte der Lärmfrequenzanalysen bei Raupenschleppern*



uho občutljivejše, lahko domnevamo, da so škodljivost ropota in obremenitve traktoristov z njim največje pri goseničarju Fiat 665, najmanjše pri fiatu 505, medtem ko je traktor Fiat 605 nekje vmes. Pri obremenjenih traktorjih pa so jakosti ropota med delom in gibanjem še večje kot med mirovanjem, saj prihaja ropot še iz drugih virov, ne samo od motorja.

Linearno izmerjene povprečne jakosti ropota neobremenjenih traktorjev v prostem teku in pri polnem plinu tudi kažejo na razlike med tipi traktorjev. Pri tem sta si fiat 505 in 605 pri polnem plinu bliže kot traktor Fiat 665 (3. preglednica).

Preglednica 2: Frekvenčne analize ropota goseničarjev Fiat  
*Frequenzanalysen des Lärms an Raupenschleppern Fiat*

Frekvenca Hz	FIAT 505					FIAT 605					FIAT 665				
	Koma- tevrna spomladi	Koma- tevrna poleti	Mirzli studeneč	Belska planina	Radovna	Rudno polje	Pod- ljubelj	Žiganja vas	Mirzli studeneč	Pred- dvor	Pod- ljubelj	dB	dB	dB	dB
LIN	88	81,5	86,5	88	87,5	83	89		87			87			88,5
dB(A)		71	72,5	76	83,5	76,5	80,5		80,5			80,5			80,5
31,5	80	77	81	78,5	75	74	81,5	76	77			77			79,5
P L	63	76	83	84,5	84	76	84,5	78	80,5			80,5			82,5
r e	125	70	75,5	79	79,5	77	85	75,5	82,5			82,5			84
o e	250	72	68	68	75	70	74	64,5	73,5			73,5			77,5
s r	500	73	67	70	82,5	74,5	80	63	76			76			77,5
t l	1000	71	67	73	80	73	75,5	64	75			75			76
i a	2000	66	63	69	75	70	73	60	75			75			73
u	4000	60	60	61	66	65	67	57	70,5			70,5			72
t f	8000	57	51	57	59	57	56	44,5	62			62			60
e	16000	45		48	51	49	45	35	52,5			52,5			49,5
k	31500				40	33									35
LIN	102,5	101	106	105	103,5	101	103,5	101	100,5			100,5			103,5
dB(A)	93	92	95	93	95	92,5	93,5		95			95			96,5
31,5	74	72	79,5	76	82,5	84	73	73	86			86			79,5
P V	63	95	102	99,5	101	99	101,5	92	95,5			95,5			95
o o	125	99	102,5	103	96,5	94	98	96	100,5			100,5			100,5
l l	250	94	93	93	91,5	90,5	94	89	93			93			100
n l	500	94	89	91	92,5	92	92	87	92			92			93
i g	1000	87	86	88	91	87,5	89	86	93			93			91,5
a	2000	81	79	82,5	82	82,5	83	81	90			90			87,5
p s	4000	77	75,5	77	78	77,5	79	75	85			85			83,5
l	8000	72	69	71	71,5	74	72	70	80,5			80,5			80
i	16000	62	59	62	63	69	63	62	75			75			73
n	31500				55	57	47		62			62			55

Preglednica 3: Jakost ropota neobremenjenega traktorja  
*Lärmpegel des unbelasteten Schleppers*

	prosti tek <i>Leerlauf</i>			polni plin <i>Vollgas</i>		
	FIAT 505	FIAT 605	FIAT 665	FIAT 505	FIAT 605	FIAT 665
jakost ropota <i>Lärmpegel</i>						
LIN vrednost	86,0	86,5	86,7	103,6	102,7	102,0
dB(A) vrednost	73,2	80,2	79,0	93,3	93,7	95,2

### 3.3. Odvisnost jakosti ropota od vrtljajev motorja

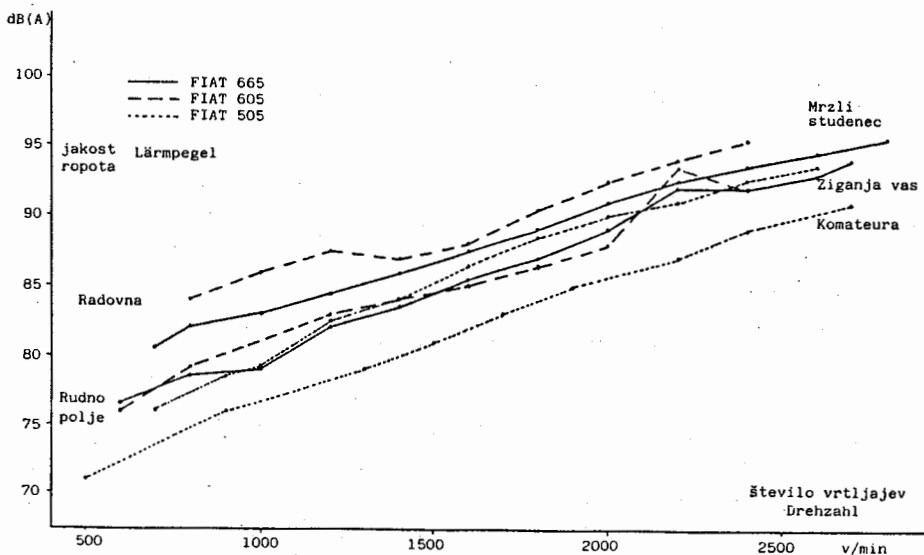
Meritve jakosti ropota (dBA) ob traktoristovem ušesu pri različnem številu vrtljajev motorja, odbranih na vdolanem merilniku traktorja so prikazane na 6. grafikonu. Kažejo, da se ropot z večanjem števila vrtljajev približno linearno povečuje. Manjša odstopanja od linearne odvisnosti so lahko posledica napak pri merjenju (vrtljajev in jakosti) ali pa pri posameznem številu vrtljajev nastaja resonanca nekaterih delov traktorja. Zdi se, da nastopi taka resonanca pri dveh traktorjih pri 2200 vrtljajih na minuto. Ropot, izmerjen med preučevanjem te odvisnosti, se je povečal od 71—80,5 dB(A) pri prostem teku do 91—95,5 dB(A) pri polnem plinu. Vrednosti so bile podobne, vendar ne povsem enake, kot so bile izmerjene pri frekvenčnih analizah.

Preglednica 4: Jakost ropota neobremenjenega traktorja pri merjenju odvisnosti od vrtljajev motorja  
*Lärmpegel des unbelasteten Schleppers bei der messung der Abhängigkeit von der Motordrehzahl*

	prosti tek <i>Leerlauf</i>			polni plin <i>Vollgas</i>		
	<i>FIAT</i>	<i>FIAT</i>	<i>FIAT</i>	<i>FIAT</i>	<i>FIAT</i>	<i>FIAT</i>
	505	605	665	505	605	665
jakost ropota dB(A) <i>Laermpegel</i>	71—73	76	76,5—80,5	91—94,5	92—95,5	94—95,5

Tudi tu so razlike med posameznimi traktorji istega tipa velike, tako da so razlike med tipi traktorjev zabrisane. Največje jakosti smo izmerili pri enem traktorju Fiat 605, najmanjše pa pri enem traktorju tipa Fiat 505.

Graf. 6 Odvisnost jakosti ropota od vrtljajev motorja  
*Abhängigkeit des Lärmpegels von der Motordrehzahl*



Pri enakem številu vrtljajev motorja znaša razlike v jakosti ropota posameznih traktorjev tudi do 7,5 dB(A), to je zelo veliko, saj pomeni že 3 dB(A) podvojitev občutene jakosti ropota. Pri 2000 vrtljajih motorja, kjer so razlike manjše, jih prikazuje 5. preglednica.

Preglednica 5: Jakost ropota pri 2000 vrtljajih na minuto  
*Laermpegel bei 2000 Umdrehungen pro minute*

delovišče <i>Arbeitsplatz</i>	FIAT 505			FIAT 605		FIAT 665	
	Komatevra	Mrzli stud.	Belska plan.	Radovna	Rudno polje	Mrzli stud.	Pred-dvor
jakost ropota dB(A) <i>Laermpegel</i>	86,0	90,5	90,0	92,5	88,0	89,0	91,0

### 3.4. Obremenitve traktoristov z ropotom

#### 3.4.1. Delovne razmere na deloviščih med snemanjem ropota

Delovne razmere, ki zagotovo močno vplivajo na obremenjenost traktoristov z ropotom, so bile na deloviščih, kjer smo merili jakost ropota, zelo raznolike.



Goseničar Fiat 505 je spravljal les na najstrmejših vlakah vedno navzdol. Skoro na vseh vlakah je bil v spodnjem delu, pred prihodom na kamionsko cesto, kratek blag protivzpon. Koeficienti vzdolžnega naklona so znašali (izračunani iz 25 metrov dolgih odsekov vlak) 11—21% ali povprečno 17,2%. Spravilne razdalje so bile dolge od 215 do 690 m, povprečno 400 m. Vlake so bile zemljate in suhe razen ene, ki je vodila ob potoku in je bila blatna in skalovita. Ena izmed njih je imela veliko ovir, ni bila povsem izdelana in je zahtevala počasnejšo vožnjo. Traktor je vlačil smrekov les različnih dimenzij in dolžin, večinoma iz debeljaka. V tovorih je bilo povprečno od 3,6 do 21,8 kosov. Povprečna kubatura tovorov je bila od 1,38 do 1,80 m<sup>3</sup>. Les je bil večinoma neolupljen.

Goseničar Fiat 605 je delal na dveh vlakah. V Radovni je spravljal dolg les iz debeljaka precej strmo navzgor na razdaljah od 40 do 165 m, na Rudnem polju pa tudi dolg, vendar drobnejši les precej strmo navzdol na razdaljah od 175 do 225 m. Vlaki sta bili zemljati, ponekod so bile posamezne skale. Koeficienti naklona so znašali 10,2 (navzgor) in 14,0% (navzdol). Vlaka na Rudnem polju ni bila povsem dodelana in na enem mestu je zaradi gladke skale grozila nevarnost, da se bo traktor prevrnil; to je povzročalo zastoje. Traktor je vlačil neolupljen smrekov, jelov in deloma bukov les. V tovorih je bilo povprečno 3,2 oz. 11,6 kosov lesa. Povprečna kubatura tovorov je bila 1,94 oz. 2,34 m<sup>3</sup>, kljub vlačanju navzgor torej večja kot pri goseničarju Fiat 505. Traktor Fiat 665 je spravljal les na razdaljah od 200 do 675 m. Od treh vlak je potekala ena po ravnem, dve pa sta bili nagnjeni navzdol. Obe sta imeli v spodnjem delu daljši blag protivzpon. Vse tri so bile zemljate in deloma blatne. Koeficienti naklona so bili od 4,2 do 9%. Traktorji so spravljali neolupljene sortimente bora, jelke in bukve ter dolg droben les smreke (Mrzli studenec). V tovorih je bilo povprečno od 8,3 do 15,7 kosov. Povprečna kubatura tovorov je bila od 1,66 do 2,44 m<sup>3</sup>, torej tudi večja kot pri fiatu 505. Les je bil zmeraj merjen skupaj z lubjem in vsi podatki veljajo za les skupaj z lubjem.

Organizacija je bila pri vseh tipih traktorjev različna. Na nekaterih deloviščih je traktorist v sečišču pri pripenjanju tovora imel pomočnika, drugod pa ne. Traktoristi so bili različno stari, od 22 do 47 let in so imeli različno dolge izkušnje pri spravi lu lesa z goseničarjem (od 1,5—9 let). Njihova telesna višina, ki lahko vpliva na meritve ropota zaradi različne višine mikrofona na čeladi, je bila od 169 do 180 cm. Delovne razmere s številskimi vrednostmi in opisom skušamo predstaviti v 6. preglednici.

Traktoristova obremenjenost z ropotom je močno odvisna od tega, koliko časa je traktorist izpostavljen visoki jakosti ropota. Ker je ropot med posameznimi elementi dela zelo različen, je za obremenjenost pomembna časovna sestava delovnih ciklusov. Posebno pomemben je delež polne in prazne vožnje, ko je jakost ropota največja. Časovna sestava je po deloviščih zelo različna in je odvisna med drugim od spravilne razdalje, lastnosti tovorov, organizacije dela, značilnosti vlake ipd. Časovno sestavo med snemanji ropota prikazujemo v 7. preglednici. Za vse izračune obremenitev z ropotom smo uporabili enak delež dodatnega časa, in sicer 15,3%,

Preglednica 6: Podatki o delovnih razmerah med merjenjem obremenitev z ropotom  
*Arbeitsverhältnisse während der Lärmmessung*

traktor delovišče <i>Schlepper Arbeitsplatz</i>	Vlaka — <i>Rückegasse</i>			Tovori — <i>Lasten</i>			Število obdelanih delovnih ciklov <i>Zahl der Zyklen</i>	Organizacija dela <i>Arbeitsorganisation</i>
	Dolžina <i>Entfernung</i>	Smer <i>Richtung</i>	Koef. naklona <i>Neigungs-koef. %</i>	Vrsta lesa <i>Holzart</i>	Volumen kosa <i>Stück-volumen</i>	Kosov v tovoru <i>Stück-zahl</i>		
FIAT 505								
Komatevra spomladi	570	—	20,0	sm, sort, db	0,23	7,1	1,61	7 I+1
Komatevra poleti	690	—	21,1	sm, sort, db	0,23	7,8	1,80	4 I+1
Mrzli studenec	237	—	10,6	sm, dolg, dg	0,06	21,8	1,38	5 I+0
Belska planina	244	—	19,6	sm, dolg, db	0,32	5,0	1,58	3 I+0
Belska planina primerjava	215	—	15,9	sm, dolg, db	0,49	3,6	1,76	5 I+0
povprečno	398		17,2	sm	0,17	9,3	1,62	24
FIAT 605								
Radovna	40—165	+	10,2	je, bu, dolg, db	0,60	3,2	1,94	9 I+1
Rudno polje	175—225	+	14,0	sm, dolg, db	0,20	11,6	2,34	5 I+0
povprečno	123		11,6	je, bu, sm	0,34	6,2	2,08	14
FIAT 665								
Žiganja vas	240—255	0	4,2	bo, sort, db	0,20	8,3	1,66	8 I+0
Mrzli studenec	675	—	9,0	sm, dolg dg	0,13	15,7	2,06	3 I+0
Preddvor	532—567	—	6,2	je, bu sort, db	0,23	10,8	2,44	4 I+1
povprečno	414		5,7	bo, sm, je, bu	0,19	10,4	1,94	15

Preglednica 7: Deleži produktivnih elementov dela v delovnem času med snemanjem ropota  
*Struktur der Arbeitselemente bei der Lärmmessung*

delovišča Arbeitsplätze elementi dela Arbeitselemente	FIAT 505			FIAT 605			FIAT 665			
	Komatevra spomladi %	Komatevra poleti %	Mirzli studeneč %	Belska planina %	Belska pl. prim. %	Radovna %	Rudno polje %	Žigantja vas %	Mirzli studeneč %	Preddvor %
Prazna vožnja <i>Leerfahrt</i>	26,6	29,4	19,6	36,7	31,7	16,6	16,9	12,0	25,1	25,0
Razvlačevanje <i>Ausziehen</i>	4,5	3,0	9,7	6,5	6,3	10,6	8,7	23,9	14,3	1,2
Vežanje <i>Anhängen</i>	9,2	9,3	15,7	7,5	10,1		18,5			10,6
Privlačevanje <i>Zuziehen</i>	3,6	4,5	6,2	3,4	5,3	4,5	7,5	7,6	7,6	3,7
Polna vožnja <i>Lastfahrt</i>	28,2	23,2	20,0	20,7	17,6	25,7	16,8	17,1	26,8	26,2
Odvozovanje <i>Abhängen</i>	10,1	11,1	9,5	7,4	9,4	12,9	10,5	17,1	5,9	14,3
Rampanje <i>Stapeln</i>	2,5	4,2	4,0	2,5	4,3	14,4	5,8	7,0	5,0	3,7
Produktivni čas RAZ	84,7									
Prazna in polna vožnja <i>Fahren</i>	55	53	40	57	49	42	34	29	52	51
Privlačevanje in rampanje <i>Zuziehen und Stapeln</i>	6	9	10	6	10	19	13	15	13	7
Trajanje produktivnega časa 1 ciklusa minut <i>Dauer eines Zyklus in Mi- nuten RAZ</i>	31	33	26	36	24	12	29	17	34	34

kot je bil ugotovljen pri širših časovnih snemanjih dela pri spravilu z goseničarjem Fiat 505. Le tako je mogoče obremenitve primerjati.

Preglednica kaže, da je delež delovnih operacij, v katerih se pojavlja ropot (vožnja, privlačenje, rampanje), po posameznih deloviščih res zelo različen. Giblje se od 44 do 65%. Zato lahko pričakujemo tudi velike razlike v obremenjenosti traktoristov z ropotom odvisno od razmer na posameznih deloviščih.

Iz povprečnih trajanj produktivnega časa v ciklih in povprečnih tovorov smo izračunali tudi dnevne učinke dela. Računali smo s 381 minutami dnevnega produktivnega časa (84,7% od 450 minut).

Pri podobni pravilni razdalji, vendar na drugačnih vlakah in pri drugačnem lesu se pokaže, da so pri močnejših novejših traktorjih dnevni učinki večji kot pri goseničarju Fiat 505 pred leti. Izračunane dnevne učinke za posamezna delovišča prikazuje 8. preglednica.

Preglednica 8: Dnevni učinki spravila z goseničarji med snemanjem ropota  
*Tägliche Leistungen des Holzurückens während der Lärmmessungen*

traktor — <i>Schlepper</i> delovišče — <i>Arbeitsplatz</i>	dnevni učinek <i>Tägliche Leistung</i>	
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> km
FIAT 505		
Komatevra spomladi	19,85	11,31
Komatevra poleti	20,86	14,39
Mrzli studenec	20,55	4,87
Belska planina	16,55	4,04
Belska plan. prim.	27,67	5,95
FIAT 605		
Radovna	59,82	4,74
Rudno polje	30,69	6,14
FIAT 665		
Žiganja vas	37,95	9,49
Mrzli studenec	23,29	15,72
Preddvor	27,39	14,93

Tako izračunani učinki so le orientacijski, ker so izračunani iz premalo časovnih snemanj, tako da jih ni mogoče primerjati s povprečnimi veljavnimi normami. Navajamo pa jih zato, ker se nam zdi, da je pomembno, koliko traktorist naredi pri neki obremenitvi z ropotom. Verjetno ni vseeno, ali pri enakih obremenitvah ali škodljivostih neke tehnologije naredi več ali manj.

Preglednica 9: Obremenjenost traktoristov z ropotom ( $L_{ekv}$ ) med elementi dela po deloviščih  
*Lärmbelastungen der Fahrer ( $L_{ekv}$ ) während der Arbeitselemente*

delovišče <i>Arbeitsplätze</i> elementi dela <i>Arbeitselemente</i>	FIAT 505			FIAT 605			FIAT 665			
	Komatevra spomladi	Komatevra poleti	Mrzli studenec dB(A)	Belska planina	Belska pl. prim.	Radovna	Rudno polje dB(A)	Žiganja vas	Mrzli studenec dB(A)	Preddvor
prazna vožnja	93,5	96,5	89,7	89,1	90,5	93,7	94,8	90,3	94,9	95,9
razvlačevanje	70,1	61	59,9	40,0	40,0		40,0			40,0
vezanje	69,3	40,0	58,9	40,0	40,0	78,9	40,0	40,0	40,0	40,0
privlačevanje	86,3	83,1	80,4	84,1	82,5	91,2	87,0	79,9	85,3	89,0
polna vožnja	90,3	93,9	89,3	90,9	91,6	95,5	94,2	90,0	94,8	97,1
odvezovanje	65,3	70,4	70,0	68,1	72,0	86,7	40,4	40,4	40,0	40,0
rampanje	87,2	86,2	86,7	86,8	86,9	93,3	91,8	85,5	90,1	90,5
produktivni čas <i>RAZ</i>	90,2	93,0	86,0	87,2	88,1	93,0	90,8	85,5	92,6	94,3
posneti zastoji	88,0	75,0	72,0	80,9	76,5	88,1	82,5	72,2	87,7	87,6
neposneti zastoji	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
delovni čas <i>GAZ</i>	89,5	92,3	86,3	86,5	87,4	92,3	90,1	84,8	92,0	93,6

### 3.4.2. Obremenjenost traktoristov z ropotom med delovnimi operacijami spravila

Med posameznimi delovnimi operacijami je traktorist zelo različno obremenjen z ropotom. Obremenitve so največje med prazno in polno vožnjo, nekaj manjše med privlačenjem in rampanjem, med drugimi operacijami pa skoraj ni obremenitev z ropotom, saj traktorist zapusti traktor. Tedaj je tudi traktorski motor v prostem teku ali pa je ugasnjen. Po opisani metodiki izračunane ekvivalentne jakosti ropota po deloviščih in po elementih prikazuje 9. preglednica.

Koliko obremenjujejo traktorji delavce z ropotom, ugotovimo najzanesljiveje s primerjavo ropota med posameznimi operacijami, ker razlike v delovnih razmerah (sestavi časa) zameglijo primerjavo obremenitev v vsem produktivnem ali delovnem času. Seveda vplivajo razlike v delovnih razmerah tudi na obremenitve v posameznih delovnih operacijah, vendar so te bolj odvisne od jakosti ropota traktorja in neodvisne od časovne sestave delovnika.

Tako vidimo, da je obremenitev z ropotom največja med polno vožnjo (90—97 dBA), razen na zelo strmih vlakah, kjer je hrupnejša prazna vožnja. Med prazno vožnjo obremenitve (89—96,5 dBA) niso dosti manjše in večinoma že same zase glede na njihovo trajanje tudi presegajo z mednarodnimi standardi določene dopustne meje. Med privlačenjem znašajo traktoristove obremenitve od 80 do 91 db(A), med rampanjem pa od 86 do 93 dB(A). Manjše obremenitve nastajajo ponekod še med vezanjem in odvezovanjem tovora ter med posameznimi zastoji, če traktorist ne zapusti traktorja.

Preglednica 10: Povprečna obremenjenost traktoristov z ropotom  $L_{\text{ekv}}$  med elementi dela za tri tipe goseničarjev  
*Durchschnittliche Lärmbelastung der Fahrer*

tipi traktorja — <i>Schleppertypen</i>	FIAT 505	FIAT 605	FIAT 665
elementi dela — <i>Arbeitselemente</i>	obremenitev z ropotom — <i>Lärmbelastung</i> dB(A)	obremenitev z ropotom — <i>Lärmbelastung</i> dB(A)	obremenitev z ropotom — <i>Lärmbelastung</i> dB(A)
Prazna vožnja — <i>Leerfahrt</i>	93,1	94,4	94,8
Razvlačevanje — <i>Ausziehen</i>	64,4	40,0	40,0
Vezanje — <i>Anhängen</i>	64,1	73,7	40,0
Privlačevanje — <i>Zuziehen</i>	83,7	88,8	85,2
Polna vožnja — <i>Lastfahrt</i>	91,4	94,9	95,3
Odvezovanje — <i>Abhängen</i>	69,4	83,6	40,0
Rampanje — <i>Stapeln</i>	86,7	92,8	88,6
Produktivni čas — <i>RAZ</i>	89,8	91,9	92,1
Delovni čas — <i>GAZ</i>	89,0	91,1	91,4

Primerjava povprečnih vrednosti (10. preglednica), čeprav ugotovljenih le na malo deloviščih, dopušča domnevo, da so razlike med tremi tipi traktorjev. Najmanjše obremenitve povzroča goseničar Fiat 505, največje pa fiat 665. Pri polni in prazni vožnji, ki tudi največ pripomoreta k skupni obremenitvi v delovnem času, je to zaporedje povsem dosledno.

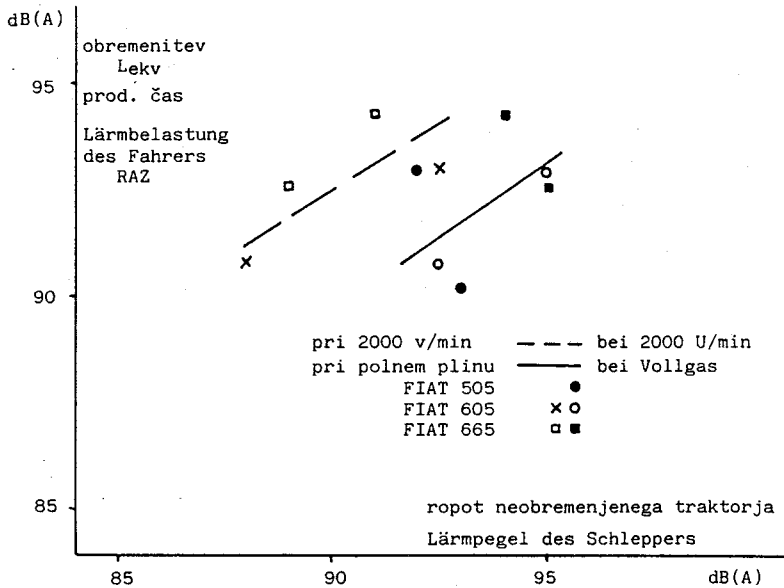
### 3.4.3. Obremenjenost traktoristov z ropotom na posameznih deloviščih

Obremenjenost traktoristov z ropotom v produktivnem ali v vsem delovnem času je na posameznih deloviščih zelo različna, predvsem odvisna od delovnih razmer. V produktivnem času znaša pri goseničarju Fiat 505 od 86—93 dB(A), pri fiatu 605 od 91—93 dB(A) in pri fiatu 665 od 86—94 dB(A). Na posameznih deloviščih lahko nastanejo majhne ali velike obremenitve, ne glede na uporabljeni tip traktorja. Pa vendar smo ugotovili, da traktoristova obremenjenost v delovnem času pri spravilu lesa presega z jugoslovanskim pravilnikom določeno dopustno mejo 90 dB(A) pri fiatu 505 samo na enem od petih delovišč, pri fiatu 605 na obeh snemanih deloviščih, pri fiatu 665 pa na dveh od treh snemanih delovišč. Meritve niso pokazale, da bi bila obremenjenost traktoristov med delom zanesljivo odvisna od značilnosti posameznega traktorja oz. od jakosti ropota, kot smo jo ugotovili pri neobremenjenih traktorjih. Vpliv drugih dejavnikov (delovišča) je tolikšen, da vpliv traktorja zabriše. Le pri obeh novejših goseničarjih je mogoče slutiti tako odvisnost (grafikon 7). Če pa podobno primerjamo samo povprečja jakosti ropota traktorjev in povprečja obremenitev za 3 tipe traktorjev, vidimo, da so obremenitve skladne z jakostjo ropota neobremenjenega, mirujočega traktorja (11. preglednica).

Preskušali smo tudi značilnosti razlik med aritmetičnimi sredinami jakosti ropota za posamezna delovišča med vsem produktivnim časom. Aritmetične sredine jakosti niso merilo obremenjenosti traktoristov, vendar lahko razlike testiramo samo prek aritmetičnih sredin. Aritmetične sredine za posamezne tipe goseničarjev sploh niso v skladu z obremenitvami, saj so take sredine po velikosti ravno nasprotno ekvivalentni jakosti ropota. Pri fiatu 505 je namreč aritmetična sredina jakosti ropota največja, pri fiatu 665 pa najmanjša. Podobno je tudi na posameznih deloviščih.

Testiranje razlik med delovišči je pokazalo, da so sredine jakosti ropota večinoma z minimalnim tveganjem 1% značilno različne. Od skupaj 45 medsebojnih primerjav 10 delovišč so bile razlike le pri 6 primerjavah neznačilne, skratka, tveganje je bilo večje kot 1%. Znotraj posameznih tipov traktorjev so bile razlike pri traktorjih fiat 505 na vseh deloviščih značilno različne, pri fiatu 605 je bilo 82%, pri fiatu 665 pa 83% aritmetičnih sredin jakosti ropota v produktivnem času spravila med seboj značilno različnih. Značilno različna so tudi povprečja vseh delovišč za posamezen tip traktorja. Razlike med posameznimi delovišči pa so bistveno večje kot med tremi tipi traktorjev goseničarjev.

Graf. 7 Odvisnost obremenitev traktorista z ropotom od jakosti ropota neobremenjenega traktorja  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung des Fahrers vom Lärmpegel des unbelasteten Schleppers*



Preglednica 11: Primerjava obremenitev z ropotom in ropota neobremenjenega traktorja  
*Vergleich der Lärmbelastungen mit dem Lärmpegel des unbelasteten Schleppers*

	FIAT 505 dB(A)	FIAT 605 dB(A)	FIAT 665 dB(A)
ropot pri prostem teku motorja <i>Leerlauf</i>	73,2	80,2	79,0
ropot pri 2000 vrtljajih/min <i>Drehzahl 2000</i>	88,9	90,3	90,0
ropot pri polnem plinu <i>Vollgas</i>	93,3	93,7	95,2
obremenitev z ropotom med spravi- lom (prod. čas) Lekv <i>Lärmbelastung RAZ</i>	89,8	91,9	92,1



### 3.4.4. Nihanje jakosti ropota v delovnem dnevu

Obremenitve z ropotom v delovnem dnevu močno nihajo okrog srednjih vrednosti obremenitev. Ta nihanja so zelo velika: od obdobja tišine do konic jakosti ropota. Pojavljajo se večinoma pravilno periodično v skladu z zaporedjem pojavljanja delovnih operacij v delovnih ciklih. Razlike med posameznimi cikli se ulope v razlikah med elementi dela in variabilnosti znotraj posameznega elementa dela. Skupna variabilnost jakosti ropota je na posameznih deloviščih zelo podobna pri vseh tipih traktorjev. Variabilnost v posameznih delovnih operacijah je precejšnja. Med zvlačevanjem, vezanjem, privlačevanjem in odvezovanjem je standardni odklon posameznih odbirkov od sredine lahko zelo velik, med vožnjami in rampanjem pa precej manjši. To prikazujeta 12. in 13. preglednica. Hkrati prikazujeta tudi minimalne in maksimalne odbirke jakosti ropota. Konice jakosti ropota so pri vseh tipih traktorjev in na vseh deloviščih podobne in znašajo od 98 do 103 dB(A). Najmočnejši ropot, ki ga povzročajo traktorji goseničarji Fiat ob traktoristovem ušesu je bil izmerjen pri goseničarju Fiat 665, in sicer 103 dB(A), vendar le na enem delovišču.

Preglednica 12: Variabilnost jakosti ropota po deloviščih pri spravilu lesa (prod. čas)

*Variation des Lärmpegels an Arbeitsplätzen des Holzrückens*

FIAT 505					
	Komatevra spomladi	Komatevra poleti	Mrzli studenc dB(A)	Belska planina	Belska pl. prim.
arit. sredina $\bar{x}$	83	79	66	75	73
standardni odklon $\sigma$	16	23	24	20	22
izmerjeni minimum	40	62	58	66	67
izmerjeni maksimum	102	102	99	100	102
FIAT 605			FIAT 665		
	Radovna dB(A)	Rudno polje	Žiganja vas	Mrzli studenc dB(A)	Preddvor
arit. sredina $\bar{x}$	85	67	64	79	78
standardni odklon $\sigma$	18	26	23	23	25
izmerjeni minimum	55	59	42	71	79
izmerjeni maksimum	101	100	98	102	103

Preglednica 13: Variabilnost jakosti ropota v delovnih operacijah  
*Variation des Lärmpegels in Arbeitselementen*

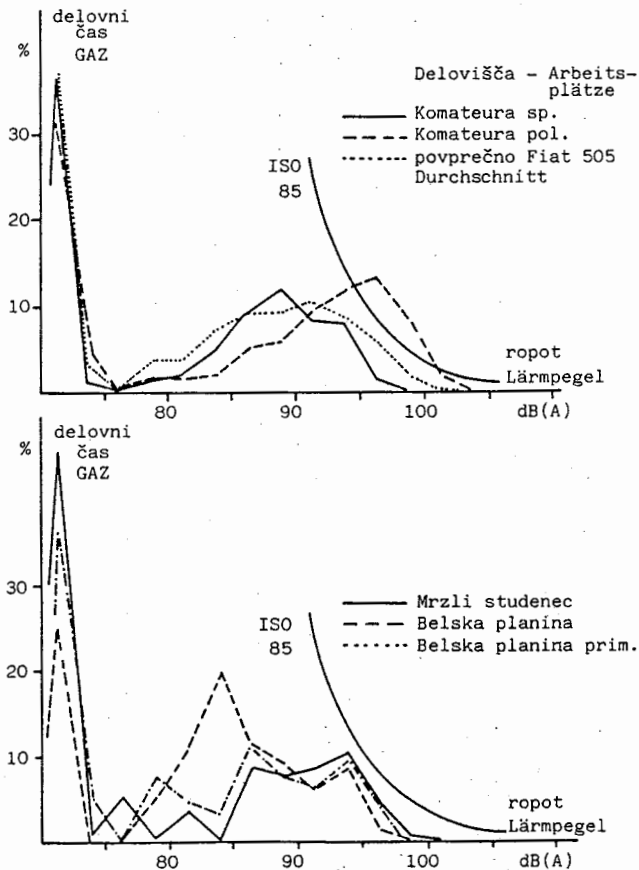
delovišča <i>Arbeitsplätze</i> elementi dela <i>Arbeitselemente</i>	FIAT 505			FIAT 605			RUDNO POLJE		
	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.
prazna vožnja razvlačevanje	91	5,7	40 102	93	3,7	78 101	94	3,4	73 100
	48	12,8	46 92	68	18,0	78 89	40		
vezanje privlačevanje	50	13,8	46 93				40		
	76	15,5	62 102	90	3,9	78 99	70	22,4	59 100
polna vožnja odvezovanje	90	4,9	62 102	94	4,1	78 101	92	4,7	78 100
	43	9,9	65 95	57	22,8	78 100	40		
rampanje	86	4,3	58 98	91	4,9	78 101	89	5,2	73 100
FIAT 665									
prazna vožnja razvlačevanje	ŽIGANJA VAS			MRZLI STUDENEC			PREDDVOR		
	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.	$\bar{x}$	$\sigma$	min. maks.
89	4,0	42 96	94	3,1	71 101	95	3,3	82 103	
40			40			40			
vezanje privlačevanje	77	5,6	69 95	72	20,6	77 99	40		
	89	4,4	42 98	94	3,7	71 102	85	5,2	79 101
odvezovanje rampanje	40			40			96	4,0	82 103
	83	5,7	69 95	88	4,4	80 97	40	4,5	79 100

### 3.4.5. Preobremenjenost traktoristov z ropotom

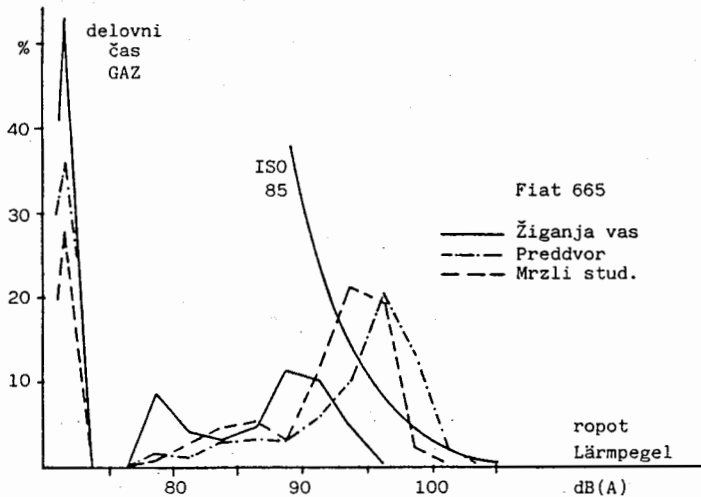
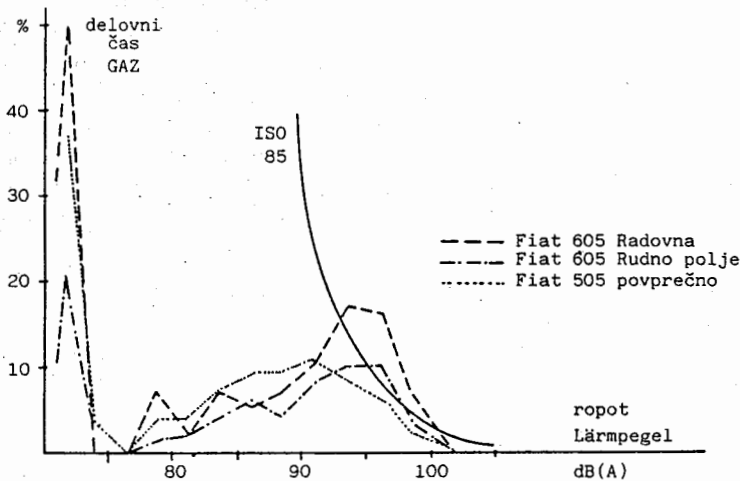
Izračunana ekvivalentna jakost ropota (9. preglednica) je pokazala, da pri spravilu lesa z goseničarjem Fiat 505 na večini delovišč traktoristi niso preobremenjeni z ropotom, če njihovo obremenjenost primerjamo z jugoslovanskim pravilnikom o dopustnih mejah. Pri spravilu s fiati 605 in 665 pa je nasprotno obremenitev na večini delovišč večja od dopustne. Ekvivalentna jakost ropota pa ne more upoštevati prekinitev ropota oziroma zaporedja njegovega pojavljanja. Ker je lahko ropot krajši čas v delovnem dnevu tudi močnejši, lahko obremenjenost traktoristov ugotavljamo tudi tako, da dnevno porazdelitev ropota po jakostnih razredih primerjamo z dopustnimi mejami. To smo tudi naredili in jo na 8. in 9. grafikonu primerjamo z

Graf. 8 Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z goseničarjem Fiat 505

*Verteilung des Lärmpegels in der GAZ beim Rücken mit dem Raupenschlepper Fiat 505*



Graf. 9 Porazdelitev jakosti ropota v delovnem času pri spravilu lesa z goseničarji  
*Verteilung des Lärmpegels in der GAZ beim Rücken mit den Raupenschleppern*



mednarodno priznana dopustna meja (13) 85 dB(A) za 8 ur ali sorazmerno razpolovnemu faktorju 3 — ustrezno več za krajša časovna razdobja v delovnem dnevu. Enako kot smo ugotovili z ekvivalentno jakostjo ropota, vidimo tudi tu, da so bili traktoristi pri spravilu s fiatom 505 le na enem delovišču preobremenjeni z ropotom, pri fiatu 605 na obeh posnetih deloviščih, pri fiatu 665 pa na dveh od treh posnetih delovišč. Velikost teh preobremenitev lahko predstavimo z njihovim trajanjem oziroma s površino na 8. in 9. grafikonu, ki jo oklepata dnevna porazdelitev in dopustna meja. Trajanje preobremenitev na posameznih deloviščih prikazuje 14. preglednica.

Preglednica 14: Trajanje preobremenitev z ropotom pri spravilu lesa z goseničarji  
*Dauer der Überbelastungen mit Lärm beim Holzrücken mit Raupenschleppern*

traktor <i>Schlepper</i> delovišče <i>Arbeitsplatz</i>	trajanje preobremenitve — delež delovnega časa <i>Anteil der GAZ</i>
FIAT 505	%
Komatevra poleti	9
FIAT 605	
Radovna	14
Rudno polje	3
FIAT 665	
Mrzli studenec	19,5
Preddvor	21

Preobremenitve traktoristov so tudi po tem merilu največje na deloviščih s fiatom 665. Te ugotovitve zahtevajo tudi pri spravilu z goseničarji ukrepe za varovanje sluha traktoristov. Med vsemi hrupnimi delovnimi postopki spravila lesa, vsaj pa med vožnjami, bi traktoristi morali uporabljati varovala sluha, najboljše glušnike. Glede na frekvenčne analize ropota bi morali ti glušniki imeti take lastnosti, da bi najbolje dušili ropot pri frekvencah med 125 in 2000 Hz. Tudi oblaganje stropa kabine z gradivom, ki bi vpijalo, ne pa odbijalo ropot, bi lahko zmanjšalo obremenjenost traktoristov z ropotom. Tudi zaradi drugih razlogov bo treba v prihodnosti izdelati tudi za goseničarje popolnoma zaprto, zvočno izolirano kabino. Taka kabina, sicer neustrezna za delo v gozdu, je tudi že bila izdelana.

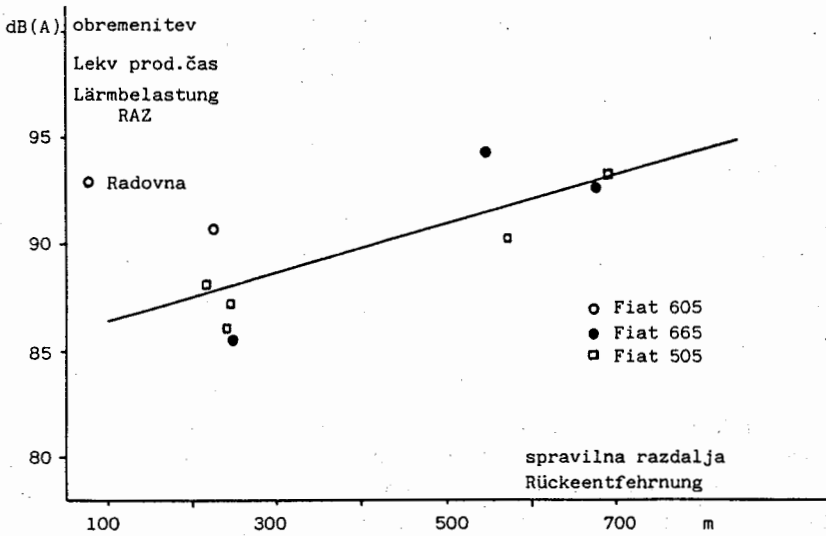
#### 3.4.6. Odvisnost obremenjenosti z ropotom od delovnih razmer

V raziskavah spravila lesa z goseničarjem Fiat 505 c (9) smo izračunali korelacijske odvisnosti traktoristove dnevne obremenitve z ropotom od

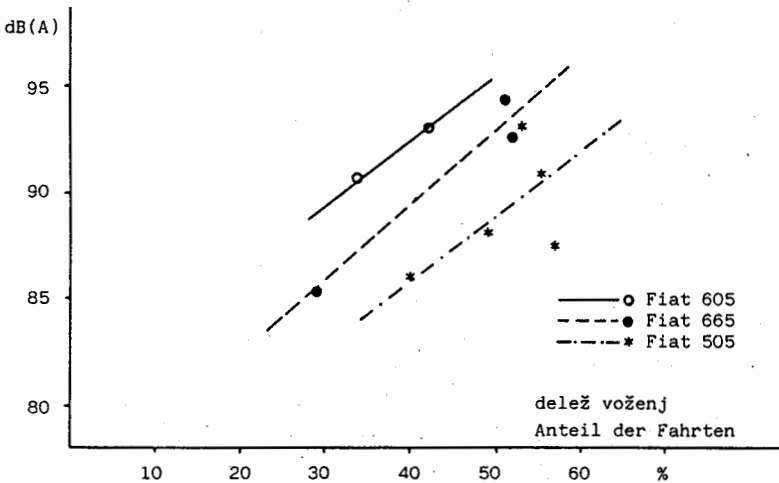
- pravilne razdalje in vzdolžnega nagiba vlake
- trajanja in hitrosti polne in prazne vožnje
- števila kosov v tovoru
- organizacijske oblike dela.

Te odvisnosti lahko večinoma potrdimo tudi pri zdajšnjih raziskavah spravila lesa z goseničarji Fiat 605 in 665. Le na delovišču Radovna, kjer je potekalo spravilo navzgor in so bile zato traktoristove obremenitve z ropotom zelo velike, ugotovljene zakonitosti ne veljajo. Tokrat predstavljamo odvisnosti le grafično, in ker je meritev malo, ne moremo računati korelacij. Kljub temu domnevamo, da odvisnosti so. Tako kaže 10. grafikon, da se z večanjem pravilne razdalje izrazito povečuje traktoristova obremenjenost z ropotom. Pravilna razdalja in pa težavnost vlake vplivata

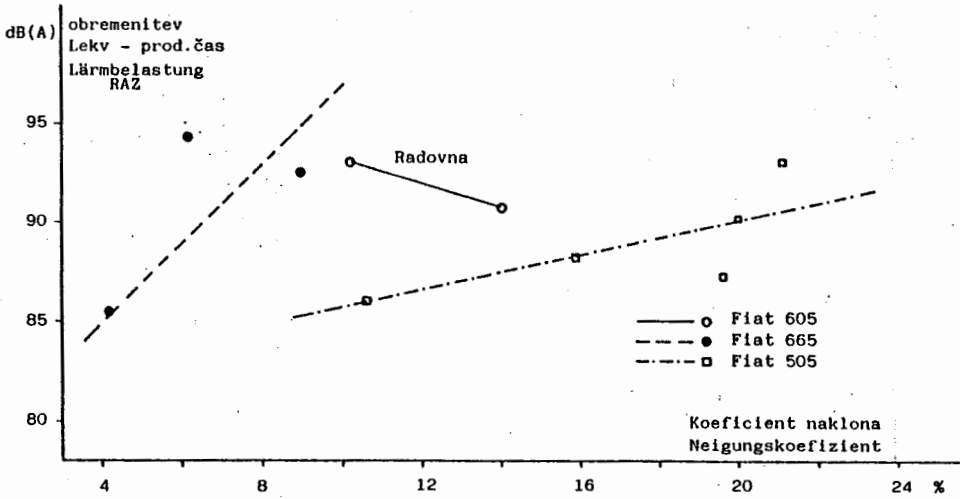
Graf. 10 Odvisnost obremenitev z ropotom od spravilne razdalje  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung von der Rückentfernung*



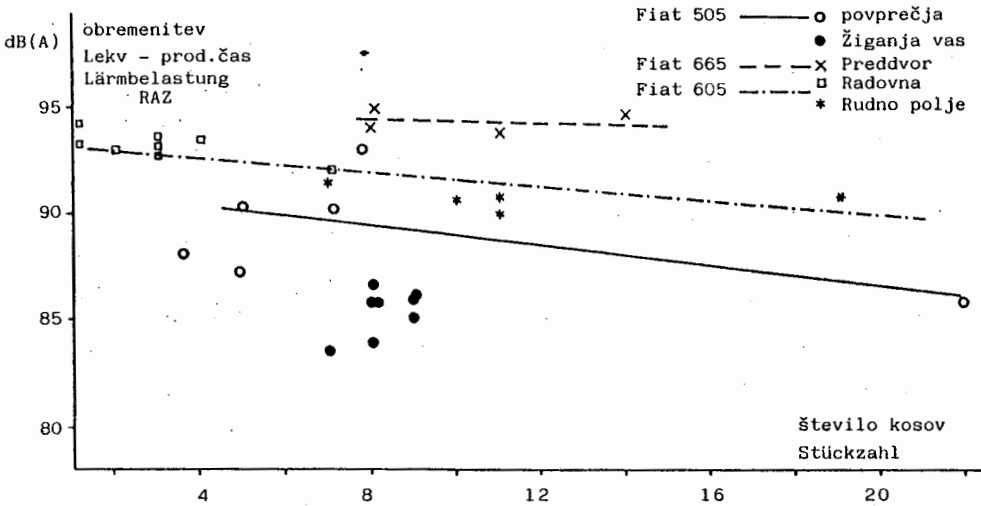
Graf. 11 Odvisnost obremenitev z ropotom od trajanja voženj  
*Abhängigkeit des Lärmbelastung von der Fahrtendauer*



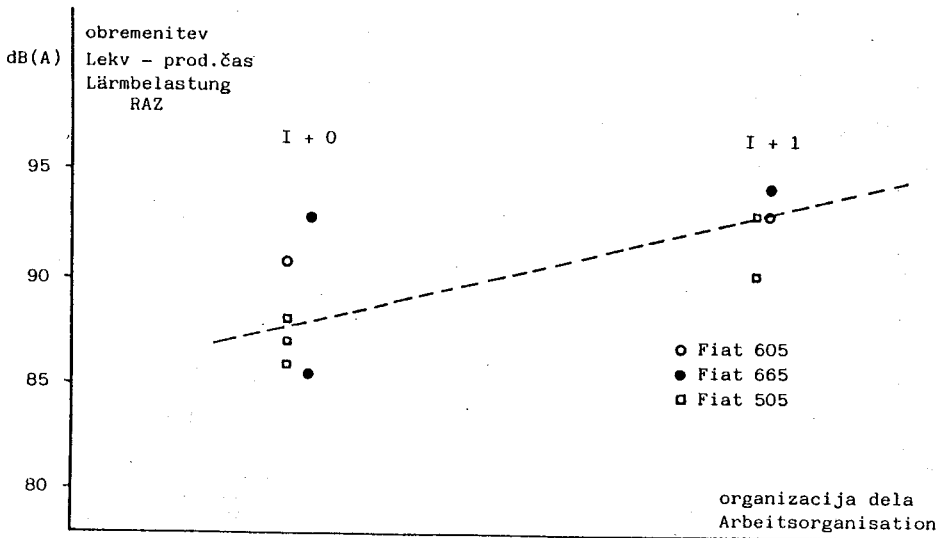
Graf. 12 Odvisnost obremenitev z ropotom od koeficienta naklona vlake  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung vom Neigungskoeffizient des Rückweges*



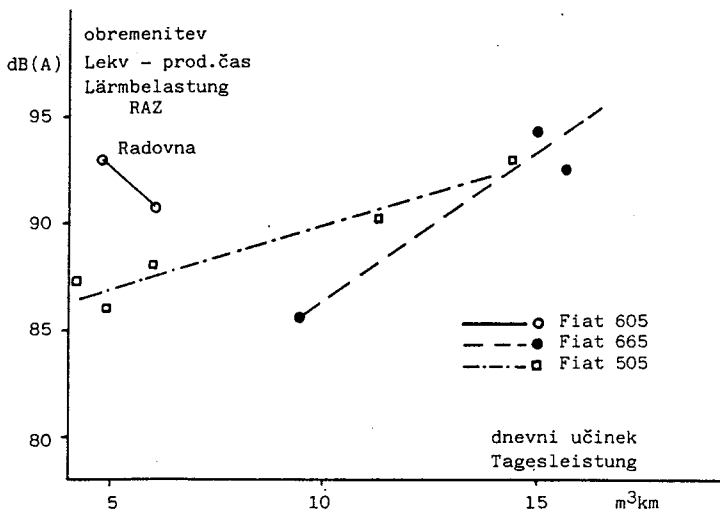
Graf. 13 Odvisnost obremenitev z ropotom od števila kosov v tovoru  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung von der Laststückzahl*



Graf. 14 Odvisnost obremenitev z ropotom od organizacije dela  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung von der Arbeitsorganisation*



Graf. 15 Odvisnost obremenitev z ropotom od učinkovitosti dela  
*Abhängigkeit der Lärmbelastung von der Arbeitsleistung*





na trajanje voženj ali na njihov delež v produktivnem času. Zato vidimo na 11. grafikonu močno odvisnost obremenjenosti od deleža voženj v delovnem času. Obremenjenost je odvisna od razgibanosti vlake in narašča z večanjem koeficienta podolžnega nagiba vlake (12. grafikon). Zmanjševanje obremenjenosti zaradi številnejših kosov v tovoru (drobnejši les zahteva več časa za vezanje in odvezovanje, ko ni obremenitev) je neizrazito in ga ni na vseh deloviščih (13. grafikon). Očitna pa je odvisnost traktoristovih obremenitev od organizacije dela (14. grafikon). Tam, kjer ima traktorist pomočnika, je vezanje tovorov (ko ni obremenitev) hitreje opravljeno, traktoristova obremenjenost z ropotom v vsem delovnem ciklusu pa je večja. Če primerjamo obremenitev z ropotom z dnevnimi učinki dela in te izrazimo z opravljenimi m<sup>3</sup> km, je obremenitev večja pri večjih učinkih (15. grafikon) zato, ker je pač odvisna od pravilne razdalje. Primerjava z dnevnimi učinki, izraženimi samo s spravljenimi kubiki lesa, pa take odvisnosti ni pokazala.

### 3.5. Povzetek raziskave ropota goseničarjev

Po enotni metodiki raziskav smo primerjali ropot in obremenjenost traktoristov z njim pri spravilu lesa s tremi tipi goseničarjev Fiat, in sicer fiat 505 c, fiat 605 c in fiat (BNT) 665. Raziskave so potekale za fiat 505 c v letih 1975—1979 (3 traktorji na 5 deloviščih, 24 ciklusov dela), za fiat 605 v letih 1983—1986 (3 traktorji na 2 deloviščih, 14 ciklusov dela) in za fiat 665 prav tako v letih 1983—1986 (4 traktorji na 3 deloviščih, 15 ciklusov dela). Vse meritve smo naredili na območju gozdnih gospodarstev Kranj in Bled.

Frekvenčne analize ropota neobremenjenega traktorja pri prostem teku in pri polnem plinu kažejo, da so razlike med posameznimi traktorji istega tipa večje, kot razlike med povprečji za vse tri tipe goseničarjev. Pri polnem plinu imajo frekvenčne porazdelitve jakosti ropota en izrazit maksimum pri nizkih frekvencah, pri fiatu 605 pri 63 Hz, pri fiatu 505 c pri 125 Hz, pri fiatu 665 pa v območju od 125 — 250 Hz. Pri fiatu 665 frekvenčna porazdelitev pogosto presega normativno krivuljo občutljivosti ušesa NR 90 tudi na širšem neugodnem višjem frekvenčnem območju, pri fiatu 505 in fiatu 605 pa so ta preseganja manjša in se pojavljajo le v posameznih frekvenčnih pasovih.

Ropot neobremenjenega traktorja, ki približno linearno narašča s povečevanjem števila vrtljajev motorja, znaša pri 2000 vrtljajih od 86 do 92,5 dB(A) in pri polnem plinu od 93 do 95 dB(A), najmanj pri goseničarju Fiat 505 in največ pri fiatu 665. Konice ropota obremenjenega traktorja med delom pa segajo tudi do 103 dB(A).

Obremenitve traktoristov z ropotom med delom so bolj odvisne od delovnih razmer na posameznih deloviščih kot od uporabljenega tipa goseničarja. Odvisne so od časovne sestave glasnih in tihih delovnih operacij v delovnem ciklusu. Najhrupnejše delovne operacije so vožnje. Obremenitev traktoristov znaša povprečno med prazno vožnjo od 93 do 95 dB(A), med polno vožnjo pa 91 do 95 dB(A), najmanj pri fiatu

505 in največ pri fiatu 665. Dnevne obremenitve traktoristov z ropotom pri fiatu 505 le na enem delovišču presegajo jugoslovansko dopustno mejo 90 dB(A), pri fiatih 605 in 665 pa na večini posnetih delovišč. Obremenitve segajo na posameznih deloviščih od 84,8 do 93,6 dB(A). Na deloviščih, kjer porazdelitev jakosti ropota glede na trajanje v delovnem času presega mednarodne dopustne meje, so traktoristi preobremenjeni od 3 do 21% delovnega časa, največ pri goseničarju Fiat 665.

Obremenitve traktoristov z ropotom so odvisne od vrste značilnosti delovnih razmer. Večje so pri daljših spravnih razdaljah, pri delu na strmejših oziroma bolj razgibanih vlakah, pa tudi tedaj, kadar ima traktorist pomočnika. Nekoliko večje so pri spravi debelejšega lesa ali tedaj, kadar je za tovor treba zvezati manj kosov (debelejši ali daljši kosi). Odvisne so tudi od uporabljenega tipa goseničarja. Zdi se, da pomeni uporaba nekaj večjih in močnejših goseničarjev, opremljenih z varnostno kabino, nekaj večje neugodnejše obremenitve z ropotom. Razlike so težko dokazljive, ker jih raznolike delovne razmere zabrišejo.

Ugotovljena obremenjenost traktoristov z ropotom zahteva varnostne ukrepe. Vsaj med vožnjo morajo traktoristi uporabljati varovala sluha — glušnike. Oblaganje stropa bi morda zmanjšalo ropot v kabini. V prihodnje se bodo morale uveljaviti tudi na goseničarjih zaprte zvočno izolirane kabine.

## 4. TRESENJE

### 4.1. Metoda merjenja vibracij in obdelava podatkov

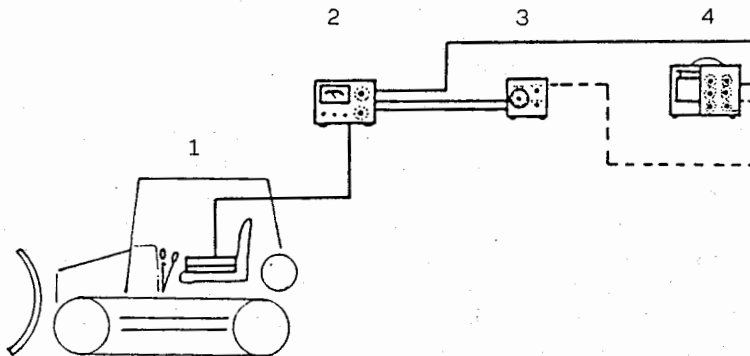
Tresenje na sedežih traktorjev smo merili po že uveljavljeni metodi. Sam postopek do končnega izida lahko razdelimo na tri pomembne dele: kabinetna priprava, delo na terenu in kabinetne obdelave in analize. Časovno najzahtevnejša je kabinetna obdelava podatkov in njihova priprava za računalniško obdelavo.

Z merjenjem linearnih pospeškov med delom smo ugotavljali jakost vibracij med delom, s frekvenčno analizo tresenja pri vožnji čez standardizirano oviro pa značilnosti traktorjev oz. njihovih sedežev in sklepali na obremenitve traktoristov med spravi. Meritve na terenu so bile opravljene z že znanimi inštrumenti poprejšnjih raziskav:

- akcelerometer Bruel & Kjaer, tip 4338 in tip 4321(1)
- merilec vibracij B & K, tip 2511(2)
- frekvenčni filter B & K, 1621(3)
- pisalec B & K 2306(4).

Jakost tresenja smo ugotavljali na sedežu traktorja tako, da je traktorist med merjenjem sedel na deski, v katero je bil vdelan akcelerometer. Merili smo povečini s triosnim akcelerometrom. Povezava med inštrumenti je prikazana na 16. grafikonu.

Graf. 16 Povezava inštrumentov med merjenjem tresenja  
*Zusammenbau der Instrumente für Schwingungsmessung*



Med merjenjem tresenja so bili vsi inštrumenti zloženi v kovinsko škatlo in obloženi s penasto gumo, da bi čimbolj ublažili sunke med vožnjo. Škatla z inštrumenti je bila z gumijastimi trakovi pričvrščena na blatnik traktorja. Kabel za povezavo med akcelorometrom in inštrumentom za merjenje vibracij smo z lepilnim trakom pričvrstili na ohišje traktorja, da ni še sam povzročal impulzov in rahljal občutljivih stikov. Akcelorometer, vdelan v desko, je pospeške tresenja spreminjal v električne impulze, za vsako smer (x, y, z) v prostoru posebej.

Neposredno pred začetkom in po koncu terenskih snemanj smo inštrumente kalibrirali glede na želeno obliko zapisa (5 cm širok papirnat trak). Na vsakem delovišču smo med delom merili linearne pospeške ločeno v vseh treh smereh vibracij. To pomeni, da smo v treh različnih cikliih merili tresenje v treh smereh (en cikel — ena smer). Pri tem smo domnevali, da je jakost vibracij v posameznih smereh po ciklusih enaka. Med normalnim traktoristovim delom smo merili jakost tresenja, hkrati pa s štoparico po kontinuirani metodi časovno spremljali traktoristovo delo. Sočasno smo zapisovali tudi učinke traktorja, ob koncu snemanja pa še posneli podolžen profil vlake.

Najpomembnejši rezultat meritev tresenja na traktorskem sedežu je prav gotovo frekvenčna analiza tresenja. Le tako lahko sklepamo na obremenjenost traktorista s tresenjem med delom. Pravo sliko frekvenčne analize bi dobili samo z merjenjem tresenja med delom. Vendar pa to z našimi inštrumenti ni bilo izvedljivo — med delom smo merili samo linearne vrednosti. Zato smo frekvenčno analizo naredili tako, da je traktor z eno gosenico vozil naprej in nazaj prek standardizirane ovire (10 cm debel okrogel les). V vsakem ciklusu merjenja frekvenčne analize v določenem frekvenčnem pasu (vožnja traktorja enkrat naprej in enkrat nazaj prek ovire) smo zapi-

sovali jakost pospeškov. Linearne vrednosti pospeškov, izmerjene med frekvenčno analizo med vožnjo čez oviro, so drugačne od tistih linearnih vrednosti pospeškov, ki smo jih izmerili med delom. Za sklepanje na traktoristove obremenitve med delom je treba vse pospeške po frekvenčnih pasovih, dobljene med frekvenčno analizo, popraviti s koeficientom linearnih vrednosti pospeškov med delom in med frekvenčno analizo. Šele tako dobljene pospeške po frekvenčnih pasovih lahko primerjamo z dopustnimi mejami obremenitev. Zbrane podatke o jakosti tresenja med delom smo obdelali s pomočjo programa za obdelavo podatkov tresenja na računalniku CYBER. Za računalniško obdelavo je bilo treba terenske podatke pripraviti. V zapise tresenja smo vpisali časovno sestavo delovnih operacij (iz znane hitrosti pomika papirja in trajanja delovne operacije smo izračunali dolžino zapisa posameznih delovnih operacij). Višino zapisa jakosti tresenja smo vzorčno odbirali vsakih 10 sek. in odbirke vpisovali na kodirni list. S tem so bili podatki pripravljene za vnos v računalnik prek kartic. Računalnik je prek kalibracije izračunal kvadratično sredino pospeškov, aritmetično sredino, trajanje delovne operacije, minimalni in maksimalni pospešek ter število odbirkov. Računalniški program je napisan tako, da so najprej izračunani pospeški vibracij po delovnih operacijah, potem so razčlenjene delovne operacije po ciklikih, na koncu pa še pogostnost pojavljanja različne jakosti tresenja v ciklikih in v vsem posnetem času. Vse te podatke smo izračunali za vsak traktor, za vse smeri vibracij na sedežu in na ohišju traktorja. Slednjih nismo merili pri vseh snemanih traktorjih.

## 4.2. Tresenje — značilnost traktorjev in uporabljenih sedežev

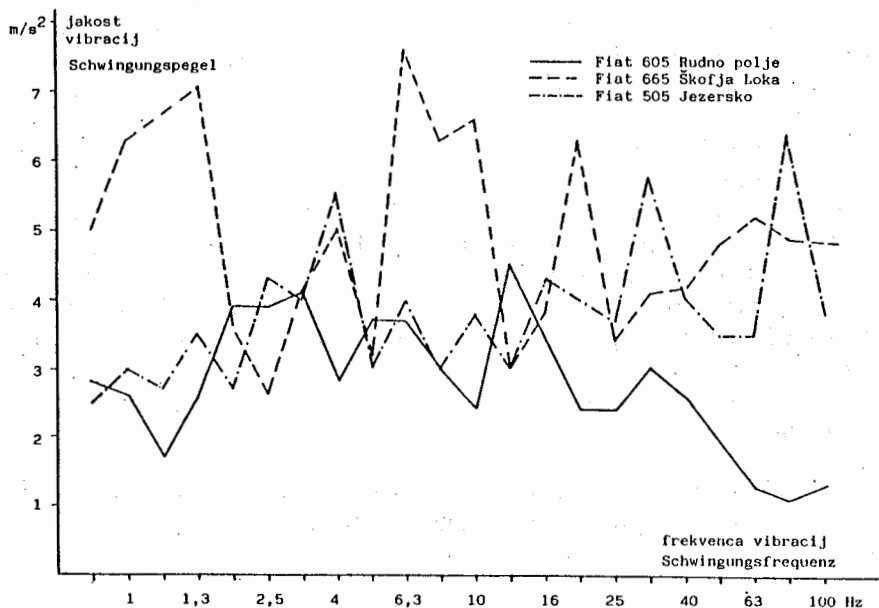
Značilnosti traktorjev glede tresenja smo ugotavljali s frekvenčnimi analizami pri vožnji čez standardizirano oviro. Dušilne lastnosti sedežev smo ugotavljali s primerjavo linearnih jakosti vibracij na sedežu in na ohišju traktorja med spraviлом lesa. Dušilne sposobnosti sedežev lahko razberemo tudi iz ocene obremenitev traktoristov na podlagi frekvenčnih analiz na sedežu in ohišju (poglavje 4.3.4.)

### 4.2.1. Frekvenčne analize vibracij

Pri treh goseničarjih Fiat 505 C, pri dveh fiatih 605 C in na enem fiatu 665 smo za vertikalno smer vibracij izmerili jakost vibracij na sedežu v frekvenčnih pasovih od 0,8—100 Hz. Na sedežu fiata 665 (Kokra, 13. 6. 84) je bila narejena tudi frekvenčna analiza aksialne (bočne) komponente vibracij. Frekvenčne analize vertikalnih vibracij na ohišju pod sedežem traktorja so bile narejene pri goseničarjih Fiat 605 C in 665.

Čeprav je način vožnje čez standardizirano oviro pri posameznih traktoristih lahko tudi različen, je primerjava absolutno izmerjenih jakosti vibracij pri tem poskusu še najzanesljivejša za ugotavljanje značilnosti traktorjev, saj različnosti delovišč povečini ne vplivajo na te meritve. Tako so na 17. grafikonu predstavljene nepopravljene vrednosti pospeškov pri frekvenčni analizi. Upoštevali smo vedno najmanj ugodno

Graf. 17 Frekvenčne analize vibracij na sedežu goseničarjev — nepopravljeni največji vertikalni pospeški  
*Frequenzanalyse der vertikalen Sitzschwingungen — unkorrigierte Beschleunigung*



različico za vsak tip traktorja. Največje pospeške smo izmerili pri fiatu 665, ki ima sorazmerno največje pospeške v frekvenčnem območju od 0,8—2 Hz, ter od 5—12,5 Hz. V frekvenčnem območju od 2—5 Hz ima sorazmerno največje pospeške fiat 505 C; prav tako je v območju od 25—40 Hz in pri 80 Hz. Fiat 605 C pa ima sorazmerno največje pospeške pri 12,5 Hz.

Če primerjamo celotno frekvenčno območje vibracij posameznih tipov goseničarjev, povzamemo, da je fiat 665 dosegel največje pospeške, sledi mu fiat 505 C, najmanj pa je tresel fiat 605 C. To velja le za primerjavo najmanj ugodnih merenj. Če pa upoštevamo še nekatere druge meritve (1 pri fiatu 605 in 2 pri fiatu 505), najmanj trese na sedežu fiata 505 in najbolj na sedežu fiata 665. Izidi teh meritev se prepletajo tako, da ne moremo trditi, da je tresenje na treh tipih goseničarjev različno. Na temelju teh omejenih, premalo številnih meritev, pa lahko trdimo, da novi tipi traktorjev ali sedeži na njih pri nizkih frekvencah ne tresejo manj, kot smo to ugotovili za goseničar Fiat 505. Pričakovali smo namreč, da novi originalni sedež pri fiatu 665 bolje duši tresenje, ki nastane zaradi ovir na vlaki. Toda žal ni tako. Naredili pa smo samo eno meritev, kjer je lahko hitrost vožnje čez oviro bistveno vplivala na izide.

#### 4.2.2. Dušenje vibracij na sedežih goseničarjev

Dušilne sposobnosti sedežev smo skušali ugotoviti najprej tako, da smo primerjali linearne pospeške vibracij, izmerjene med spraviлом lesa na sedežu in na ohišju traktorja. Izračunali smo najprej povprečno jakost vibracij v povprečnem ciklusu dela za posamezne smeri in kot vektorsko velikost vseh treh smeri na sedežu. Te vrednosti smo dobili na podlagi vseh snemanj jakosti vibracij, katerih rezultate n-drobneje prikazujemo v poglavju o jakosti vibracij med delovnimi operacijami (poglavje 4.3.2). V povzetku so prikazani v 15. preglednici. Na sedežu je jakost vibracij najmanjša v vertikalni smeri, največja pa v aksialni ali bočni smeri, pri fiatu 605 C pa to ne drži. Tam je jakost največja v horizontalni, najmanjša pa v bočni smeri, vendar razlike niso velike. Primerjava vektorskih velikosti, ki nam o obremenitvi traktoristov ne pove veliko, pa lahko pokaže na lastnosti traktorjev. Razlike med traktorji so majhne. Lahko trdimo, da se trije tipi traktorjev po jakosti vibracij na sedežu med delom (v povprečnem ciklusu spravila) ne ralikujejo. Primerjava vektorskih velikosti namreč pokaže, da je bila najmanjša pri fiatu 665, največja pa pri fiatu 505. Vendar pa je razmerje

fiat 505 C : fiat 605 C : fiat 665 = 4,29 : 4,15 : 4,13 m/s<sup>2</sup> ali 1 : 0,97 : 0,96 tako neznatno, da razlik skorajda ni.

Jakosti vibracij na ohišju pod sedeži goseničarjev smo nepopolno izmerili med posameznimi cikli delu pri spraviлу lesa. Ugotovili smo, da so večinoma bistveno večje kot na sedežu. Prikazane so v 16. preglednici.

Na ohišju traktorjev Fiat 605 in 665 smo izmerili bistveno manjše linearne pospeške vibracij kot pri fiatu 505. Uporabljeni sedeži pa te vibracije bistveno slabše dušijo.

Če jakost vibracij na sedežu (15. preglednica) po posameznih smereh primerjamo z ustreznimi vibracijami, izmerjenimi na ohišju, dobimo koeficiente dušenja vibracij sedeža ali za kolikokrat je sedež ublažil vibracije iz ohišja (kamor je pritrjen). Ta primerjava pa je prikazana v 17. preglednici. Žal za vse traktorje nismo imeli dovolj meritev, da bi lahko opravili bolj celostno primerjavo dušilnih sposobnosti sedežev. Skupna ugotovitev je, da vsi sedeži najbolj dušijo vertikalne vibracije. Najboljše lastnosti je pokazal sedež na fiatu 505 C, slabše sta dušila vibracije sedeža drugih dveh goseničarjev Fiat. V horizontalni in aksialni smeri sedeži slabše dušijo vibracije, ker so vzmeteni samo vertikalno. Zanimiv (slab) rezultat smo dobili pri analizi vibracij pri fiatu 605 C. Sedež na tem traktorju (samo ena meritev!) je vibracije v aksialni smeri celo ojačal (koeficient dušenja 0,66). Iz samo ene meritve težko sklepamo na lastnosti sedeža, je pa podatek sam zase dovolj zgovoren. V celoti vzeto je sedež na fiatu 505 C najboljše dušil vibracije, najslabše izide pa smo ugotovili pri fiatu 665. Res je pa tudi, da je bilo tu malo podatkov in so nepopolni.

Vzroke za slabe dušilne lastnosti sedeža lahko iščemo pri značilnostih sedeža, ki ne upoštevajo dovolj posebnosti pri spraviлу lesa oziroma značilnosti tresenja, ki nastaja v gozdu pa tudi pri načinu in mestu pritrditve sedeža na traktor. Prikazane pri-

Preglednica 15: Vibracije na sedežu goseničarjev  
*Schwingungen am Sitz der Raupenschlepper*

elementi dela <i>Arbeitselemente</i>	FIAT 505 C			FIAT 605 C			FIAT 665							
	sest. čas % <i>Zeistruktur</i>	az pospeški <i>Beschleunigung</i>	ax ay vektor <i>Beschleunigung</i>	sest. čas % <i>Beschleunigung</i>	az ax pospeški <i>Beschleunigung</i>	ay vektor <i>Beschleunigung</i>	sest. čas % <i>Beschleunigung</i>	az ax pospeški <i>Beschleunigung</i>	ay vektor <i>Beschleunigung</i>					
Prazna vožnja	28,7	2,19	3,84 2,84	5,25	20,3	3,44	3,66	3,14	5,92	16,4	1,72	3,53	2,90	4,88
Razvlačevanje	7,0	0,12	0,33 0,24	0,43	24,6	0,00	0,00	0,00	0,00	25,6	0,00	0,00	0,00	0,00
Vezanje	15,1	0,23	0,35 0,20	0,46										
Privlačevanje	6,4	0,85	0,80 0,90	1,47	7,6	0,94	0,97	1,41	1,95	8,0	1,41	1,34	1,53	2,47
Polna vožnja	25,8	2,39	3,39 4,61	6,20	28,4	3,37	3,30	3,08	5,63	18,8	2,39	3,33	3,19	5,19
Odvězovanje	11,7	0,15	0,27 0,30	0,43	11,8	0,00	0,00	0,00	0,00	22,2	0,00	0,00	0,00	0,00
Rampanje	5,3	1,06	1,93 1,34	2,58	7,3	1,74	2,30	1,83	3,42	9,0	1,40	2,26	1,98	3,31
Produktivni čas	100,0	1,72	2,73 2,82	4,29	100,0	2,43	2,50	2,26	4,15	100,0	1,38	2,18	3,23	4,13

Preglednica 16: Jakost vibracij na ohišju goseničarjev  
*Schwingungen am Gestell der Raupenschleppern*

Traktor <i>Schlepper</i>	Smeri vibracij <i>Schwingungsrichtung</i>			Vektorska velikost <i>Vektorwert</i>  m/s <sup>2</sup>
	<i>vertikalna</i> m/s <sup>2</sup>	<i>horizontalna</i> m/s <sup>2</sup>	<i>aksialna</i> m/s <sup>2</sup>	
Fiat 505 C	10,83	10,73	9,80	18,12
Fiat 605 C	4,21	3,80	2,14	6,06
Fiat 665	3,95			

merjave veljajo za celotno frekvenčno območje tresenja in niso zmeraj odločilne za obremenitve traktoristov, ker smo ljudje mnogo občutljivejši na nizkofrekvenčne vibracije. Dogajanja pri nizkih frekvencah pa so prikazana v poglavju o obremenitvah traktoristov (4.3.4.).

Preglednica 17: Koeficient dušenja vibracij na sedežih  
*Dämpfungskoeffizienten der Sitzschwingungen*

Traktor <i>Schlepper</i>	Smer vibracij <i>Schwingungsrichtung</i>			Vektorska velikost <i>Vektorwert</i>
	<i>vertikalna</i>	<i>horizontalna</i>	<i>aksialna</i>	
Fiat 505 C	6,29	3,93	3,47	4,20
Fiat 605 C	3,05	1,74	0,66	1,46
Fiat 665	1,62	—	—	—

### 4.3. Obremenitve traktoristov s tresenjem

Obremenitve traktoristov s tresenjem med spraviom lesa smo najprej poskušali ugotoviti z merjenjem jakosti linearnih pospeškov na vsem frekvenčnem območju na sedežu med posameznimi delovnimi operacijami. Iz ugotovljenega trajanja izpostavljenosti smo izračunali tudi tehtano srednjo vrednost pospeškov za ves produktivni in delovni čas. Tak postopek je delno uporavičen, saj oblažinjene sedežev večinoma zaduši visokofrekvenčne vibracije, nizkofrekvenčne pa so za traktoriste prava obremenitev. Natančneje smo ugotavljali obremenitve traktoristov z analizo frekvenčnih porazdelitev vibracij, ko smo jakosti vibracij pri vožnji čez oviro, prilagojene ali popravljene z jakostjo vibracij med delom primerjali z dopustnimi mejami obremenitev.



#### 4.3.1. Delovne razmere med merjenjem vibracij

Vibracije na terenu smo praviloma merili skupaj z ropotom v dveh zaporednih dneh na več deloviščih. Meritve vibracij goseničarja Fiat 505 c so bile opravljene leta 1987 in 1979, leta 1984 in 1986 pa še meritve tipov 605 c in 665. Za fiat 505 c so bile merit-

Preglednica 18: Pregled terenskih snemanj vibracij na goseničarjih fiat  
*Überblick der Schwingungsmessungen*

traktor	delovišče	število posnetih ciklusov			organiz. dela	vrsta lesa	povpr. tovor m <sup>3</sup>	
		vertik.	horiz.	aksial.				
Fiat 505 C	Komatevra spomladi	2	2	2	6	I+1	sm	povprečno
	Komatevra poleti	3	1	2	6	I+1	sm	
	Mrzli studenec	2	2	2	6	I+0	sm	2,14
	Belska planina 1	1	2	2	5	I+0	sm	
	Belska planina 2	2	2	2	6	I+0	sm, je	
Fiat 605 C	Radovna Rudno	4	4	4	12	I+1	je, bu, sm	2,06
	polje	2	2	1	5	I+0	sm	2,00
Fiat 665	Kokra	2	4	4	10	I+0	sm	1,80
	Žiganja vas	1	1	1	3	I+1	bo	1,66
	Škofja Loka	3	2	2	7	I+1	sm, bu	2,11
Skupaj		22	22	22	66			

Preglednica 19: Posneti časi dela goseničarjev Fiat  
*Dauer der Schwingungsmessungen beim Holzrücken*

Traktor <i>Schlepper</i>	Smer vibracij			Skupaj <i>Gesamt</i>	povprečni ciklus <i>Durchsch. Zyklus</i> (min)
	vertikalna	horizontal.	aksialna		
	<i>Schwingungsrichtung</i>				
	(min)	(min)	(min)	(min)	
Fiat 505 C	333	265	335	933	32,2
Fiat 605 C	116	153	100	369	21,7
Fiat 665	114	92	113	319	16,0
Skupaj <i>Insgesamt</i>	563	510	548	1621	24,6

ve opravljene na petih deloviščih, za fiat 605 c na dveh in za fiat 665 na treh različnih deloviščih. Nepopolnih terenskih snemanj (izmerjena samo ena komponenta vektorja vibracij npr.) pri končni obdelavi nismo upoštevali. Za fiat 505 c je bilo izmerjeno 29 ciklusov, za fiat 605 c 17 ciklusov in za fiat 665 20 ciklusov. Skupni pregled snemanj je zbran v 18. preglednici. V vsaki od treh komponent vektorja vibracij je bilo na terenu posnetih po 22 ciklusov. Skupaj je bilo posnetih 1621 minut dela traktorjev goseničarjev. Povprečni cikel je trajal 24,6 minute. Najdlje je bil sneman fiat 505 c (933 minut), precej manj pa fiat 605 c in 665 (369 oz. 319 minut). Posamezne smeri vibracij so bile snemane približno v sorazmerju po tretjinah (19 preglednica).

#### 4.3.2. Jakost vibracij na sedežu traktorja med delovnimi operacijami spravila lesa

Med delovnimi operacijami spravila lesa je traktorist različno obremenjen z vibracijami. Največjim obremenitvam je traktorist izpostavljen med polno in prazno vožnjo, nekaj manj pa med privlačenjem tovora in rampanjem. Te delovne operacije skupaj predstavljajo od 40,9% do 61,1% delovnega časa pri tem je dodatnega časa 15,3% delovnega časa).

V 20. preglednici so prikazane izračunane obremenitve z linearno merjenimi vibracijami v delovnih operacijah za vsa analizirana delovišča pri spravilu s traktorju goseničarji. Trajanje delovnih operacij smo izračunali tako, da smo upoštevali 84,7% produktivnega časa v delovnem času. To je bilo nujno, kajti iz posameznih časovnih študij zagotovo ne bi dobili prave slike delavnika. Izračunani časovni deleži delovnih operacij so v razmerju z dejansko posnetim trajanjem istih operacij ob upoštevanju 15,3% dodatnega časa. Za vsak traktor so podane jakosti pospeškov v posameznih smereh, izračunana pa je tudi vektorska velikost pospeška.

V produktivnem času znašajo s trajanjem izpostavljenosti tehtane srednje jakosti vibracij v posamezni smeri pri

fiatu 505 c od 0,80 do 4,48  $m/s^2$

fiatu 605 c od 2,11 do 2,48  $m/s^2$  in pri

fiatu 665 od 1,25 do 2,59  $m/s^2$

Vektorske velikosti tehtanih srednjih jakosti vibracij pa se gibljejo pri fiatu 505 od 1,90 do 6,61  $m/s^2$ , pri fiatu 605 od 4,06 do 4,12  $m/s^2$  in pri fiatu 665 od 3,08 do 3,39  $m/s^2$ . Zdi se, da je srednja jakost vibracij na sedežu največja pri fiatu 605, najmanjša pa pri fiatu 505, vendar so razlike med posameznimi delovišči tolikšne, da tipov traktorjev ni mogoče zanesljivo primerjati. Na jakost vibracij in s tem na obremenitev traktoristov namreč veliko bolj vplivajo delovne razmere kot pa uporabljene tip traktorja.

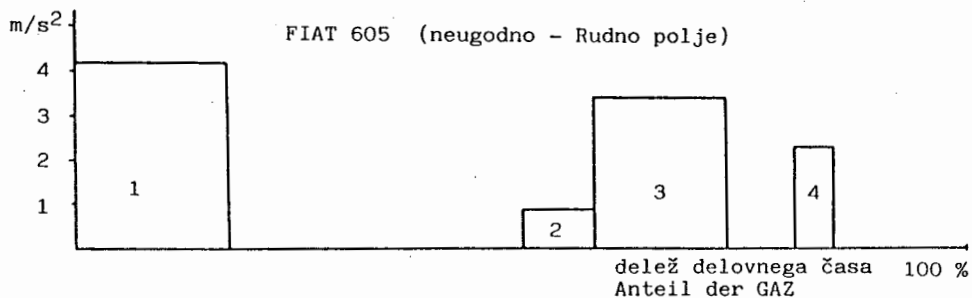
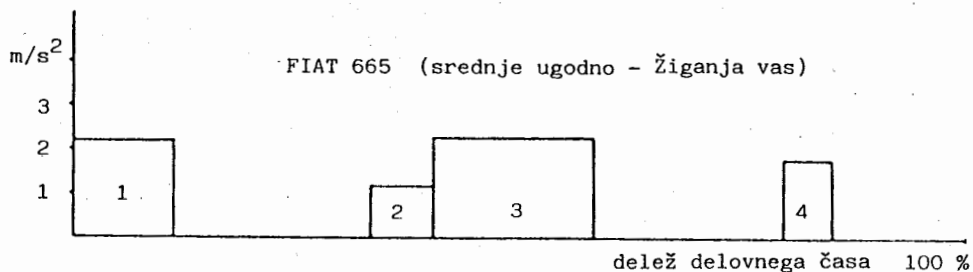
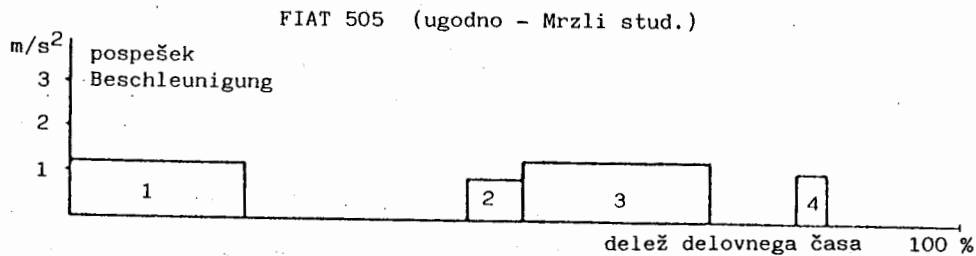
Za primerjavo prikazujemo na 18. grafikonu za vsak tip traktorja po eno naključno izbrano predstavitev trajanja in jakosti vertikalnih pospeškov na sedežu goseničarja. Trajanje delovnih operacij in velikost vertikalnih pospeškov sta med goseničarji

Preglednica 20: Vibracije na sedežu goseničarjev Fiat  
Schwingungen am Sitz der Raupenschlepper

Element dela Arbeitselement	FIAT 505 C																								
	KOMATEURA pomlad			KOMATEURA poletje			MRZLI STUDENEC			BELSKA PLANINA I.			BELSKA PLANINA II.												
	% sestava	pospeški m/s <sup>2</sup>	Vek.	% sestava	pospeški m/s <sup>2</sup>	Vek.	% sestava	pospeški m/s <sup>2</sup>	Vek.	% sestava	pospeški m/s <sup>2</sup>	Vek.	% sestava	pospeški m/s <sup>2</sup>	Vek.										
	a <sub>z</sub>	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>	a <sub>z</sub>	a <sub>x</sub>	a <sub>y</sub>										
Prazna vožnja	22,8	1,49	2,51	2,23	3,67	29,7	2,73	5,90	3,90	7,58	19,5	1,19	1,40	1,99	2,17	27,2	1,22	1,01	1,07	1,91	22,8	1,35	1,25	1,41	2,32
Razvlačevanje	6,2	0,27	0,65	0,33	0,78	2,6	0,12	0,32	0,35	0,49	9,5	0,00	0,00	0,00	0	5,7	0,00	0,00	0,00	0	5,9	0,00	0,00	0,00	0
Vežanje	16,1	0,45	0,58	0,35	0,81	10,8	0,07	0,00	0,17	0,18	15,5	0,24	0,13	0,00	0,27	9,3	0,00	0,00	0,00	0	10,2	0,06	0,00	0,00	0,06
Privlačevanje	4,7	0,74	0,88	1,04	1,55	4,0	0,84	1,24	0,98	1,79	6,9	0,94	0,64	0,63	1,30	6,4	1,08	0,39	0,79	1,39	5,9	0,60	0,57	0,89	1,22
Polna vožnja	19,8	1,73	2,78	3,09	4,50	23,8	2,94	5,16	6,80	9,03	21,0	1,29	1,22	1,79	2,84	18,4	1,43	1,04	1,44	2,28	25,4	1,66	1,46	2,42	3,28
Odvezovanje	110,9	0,00	0,24	0,23	0,33	10,2	0,13	0,45	0,36	0,59	9,0	0,28	0,23	0,28	0,46	8,6	0,00	0,00	0,00	0	8,8	0,14	0,07	0,24	0,29
Rampanje	3,2	0,91	1,58	1,10	2,13	3,6	1,35	2,62	1,67	3,39	3,3	1,10	1,10	1,49	2,15	9,1	0,64	0,79	0,68	1,22	5,7	0,89	1,32	1,62	2,27
Produkt. čas	84,7	1,18	1,93	1,93	2,97	84,7	2,27	4,48	4,30	6,61	84,7	0,94	0,95	1,35	1,90	84,7	1,03	0,80	1,61	2,07	84,7	1,18	1,10	1,59	2,26
Dod. čas (gor)	0	0,79	0,46	0,48	1,03	0	0,40	0,00	1,14	1,14	0	0,36	0,34	0,11	0,51	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,22	0,00	0,51	0,56
Dod. čas (dol)	15,3	0,73	0,56	0,56	1,08	15,3	0,38	0,68	0,96	1,24	15,3	0,83	0,28	0,36	0,95	15,3	0,00	0,15	0,75	0,76	15,3	0,00	0,33	0,60	0,68
Delovni čas	100	1,08	1,78	1,78	2,74	100	2,09	4,12	3,96	6,08	100	0,86	0,87	1,24	1,74	100	0,95	0,74	1,48	1,91	100	1,09	1,01	1,46	2,08



Graf. 18 Jakost in trajanje vertikalnih vibracij na sedežu goseničarjev  
*Pegel und Dauer der Vertikalen Sitzschwingungen an Raupenschleppern*



1 - prazna vožnja  
 Leerfahrt

2 - privlačenje  
 Heranziehen

3 - polna vožnja  
 Lastfahrt

4 - rampanje  
 Stapeln

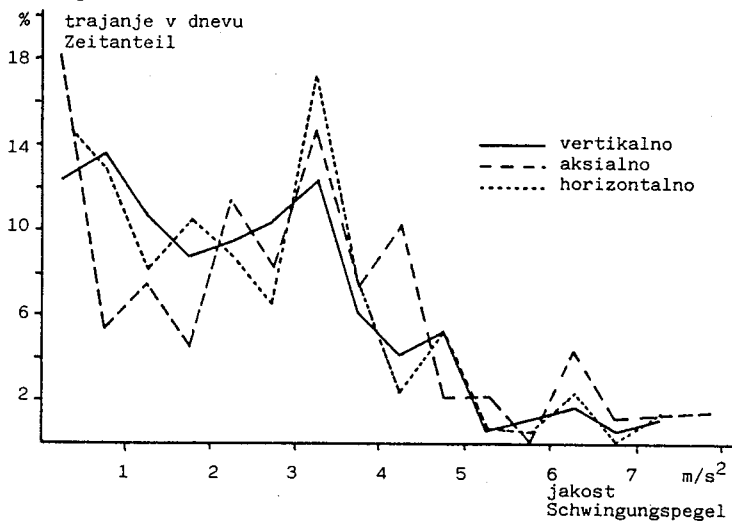
istega tipa različna od delovišča do delovišča. Ploščine pravokotnikov tako grafično predstavljajo velikost pospeška v vertikalni smeri, ponderiranega s trajanjem posameznih delovnih operacij. Pri izračunu obremenitev smo upoštevali le delovne operacije, med katerimi je traktorist sedel na sedežu. Skupna prikazana površina pomeni lahko obremenitev traktoristov z linearno merjenimi vibracijami. Obdobja z obremenitvami že v posameznem ciklusu prekinjajo obdobja brez obremenitev. Zastoji in odmori med cikli prav tako pomenijo ugodno prekinitev izpostavljenosti tresenju.

#### 4.3.3. Kako pogosto se pojavljajo različne jakosti tresenja na traktoristovem sedežu

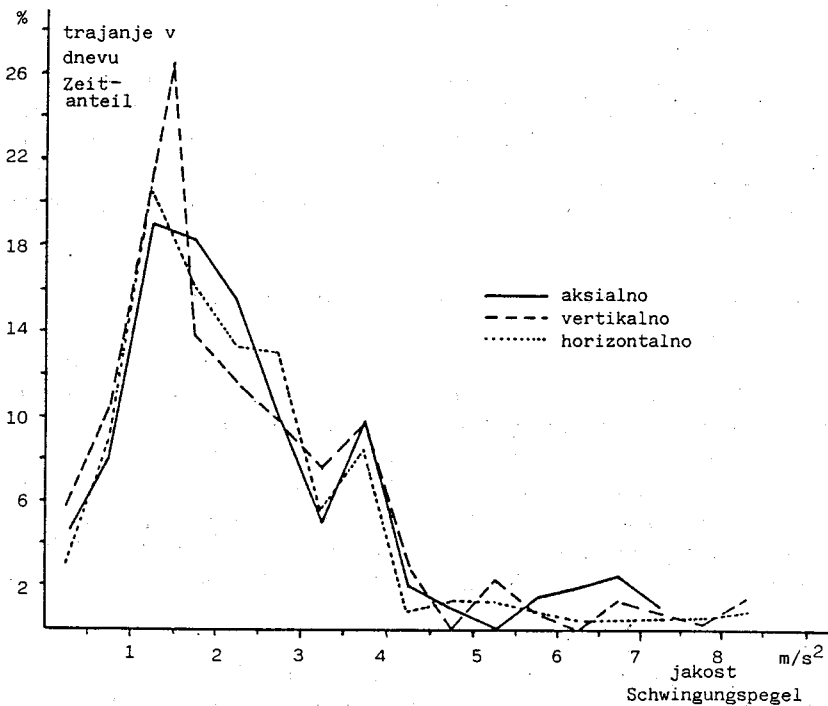
Za traktoristovo obremenitev z vibracijami je pomembno tudi, koliko časa je traktorist izpostavljen določeni jakosti vibracij. Zato smo izračunali pogostnost različnih jakosti vibracij v času, ko je traktorist med delom sedel na sedežu. Razčlenili smo vsako smer vibracij posebej. Večina izmerjenih pospeškov je bila v intervalu od 0 do 10  $m/s^2$ . Interval smo razdelili na 20 razredov po 0,5  $m/s^2$  in z računalnikom ugotovili časovne porazdelitve (relativne frekvence) jakosti vibracij.

Na 19. in 20. grafikonu je prikazana pogostnost pospeškov na traktoristovem sedežu. Ker smo z goseničarjem Fiat 605 c in 665 opravili manj meritev kot s tipom 505 c, prikazujemo za vsak tip traktorja le po eno delovišče. Že na prvi pogled so vidne razlike. Pri tipu 605 c sta jasno vidni dve mesti največjih pogostnosti 0,5  $m/s^2$  in 3  $m/s^2$ . Vertikalna in horizontalna komponenta vektorja vibracij se lepo ujemata v mestih zgostitve, odstopa pa aksialna komponenta v prvem mestu zgostitve. Povsem drugačna je slika pri fiatu 665. Tu je izrazito eno mesto zgostitve pogostnosti

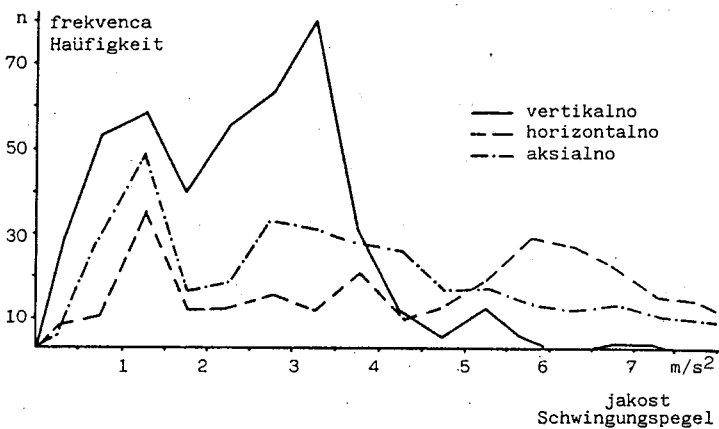
Graf. 19 Pogostnost jakosti vibracij na sedežu goseničarja Fiat 605 — Rudno polje  
*Verteilung des Schwingungspegels in der GAZ am Sitz des Raupenschleppers Fiat 605*



Graf. 20 Pogostnost jakosti vibracij na sedežu goseničarja Fiat 665 — Radovna  
*Verteilung des Schwingungspegels in der GAZ am Sitz des Raupenschleppers Fiat 665*



Graf. 21 Pogostnost jakosti vibracij na sedežu goseničarja Fiat 505 C — Komateu-  
 ra poleti  
*Verteilung des Schwingungspegels in der GAZ am Sitz des Raupenschleppers Fiat 505 C*



(1,5 m/s<sup>2</sup>), drugo pa je precej nižje (pri 3,5 m/s<sup>2</sup>). Zanimivo je, da se vse smeri precej dobro ujemajo. Od 4 m/s<sup>2</sup> se pogostnost pospeškov bistveno zmanjša glede na največjo pri 1 m/s<sup>2</sup>. Več kot 1/4 vertikalnih pospeškov je pri jakosti 1 m/s<sup>2</sup>, horizontalnih je 21% in aksialnih 19%.

Pogostosti jakosti vibracij fiata 505 c prikazujemo na 21. grafikonu. Porazdelitev ima dva izrazita vrhova, prvi je pri 1—1,5 m/s<sup>2</sup>, drugi pa pri 3—3,5 m/s<sup>2</sup>. Precej manj izrazita je porazdelitev pogostnosti horizontalnih pospeškov. Prva zgostitev je pri 1 m/s<sup>2</sup>, druga je pa manj izrazita in pri 5,5—6 m/s<sup>2</sup>. Največja zgostitev aksialnih pospeškov je pri 1—1,5 m/s<sup>2</sup>, od 3 m/s<sup>2</sup> pa zlagoma pada do največjih pospeškov.

#### 4.3.4. Obremenitev traktoristov s tresenjem pri spravlilu lesa z goseničarji

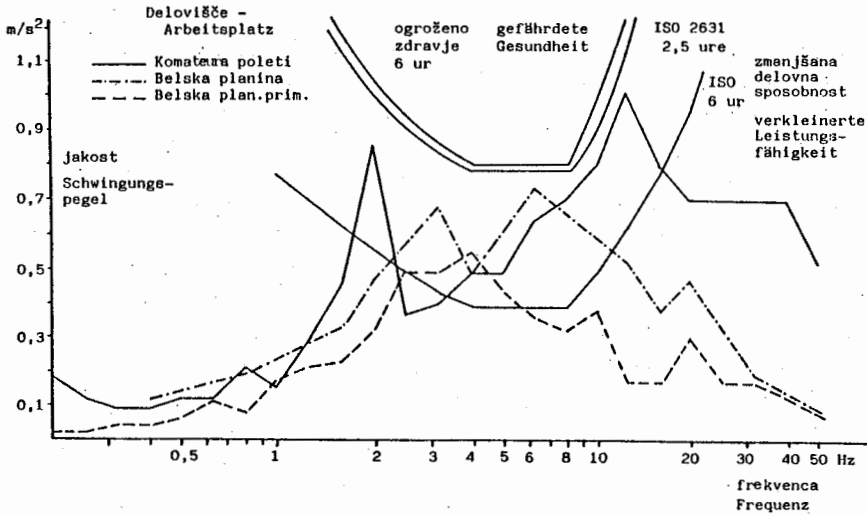
Ker je človek različno občutljiv na različne frekvence tresenja, je treba za ugotovitev pravih obremenitev traktoristov ugotoviti, kakšne so frekvence vibracij, ki jim je traktorist izpostavljen. Ker tega med delom nismo mogli izmeriti (glej metodiko — poglavje 4.1.), smo privzeli domnevo, da je porazdelitev frekvenc med delom enaka kot pri vožnji čez oviro, vendar na nižji ravni. Izmerjene jakosti v nizkofrekvenčnih pasovih pri vožnji čez oviro smo popravili s količnikom linearnih pospeškov med vožnjo čez oviro in med spravlilom lesa. Tako korigirane frekvenčne porazdelitve jakosti vibracij smo primerjali z dopustnimi mejami obremenitev na grafikonih 22—26.

Na 22. grafikonu je prikazana frekvenčna analiza vertikalnih vibracij za fiat 505 c. Pri 2 Hz in v območju od 2,5—17 Hz presega dovoljeno 6-urno obremenitev zmanjšane delovne sposobnosti. Ne presega pa 6-urne meje ogroženega zdravja in 2,5-urne meje zmanjšane delovne sposobnosti. Izmed vseh frekvenčnih analiz vibracij smo izbrali traktor, pri katerem smo izmerili največje pospeške. S tem traktorjem je torej mogoče v najbolj neugodnih merjenih delovnih razmerah delati 6 ur produktivnega časa, ne da bi to škodovalo zdravju, in 2,5 ure na dan, ne da bi se zmanjšala delovna zmogljivost (učinki) zaradi vpliva tresenja.

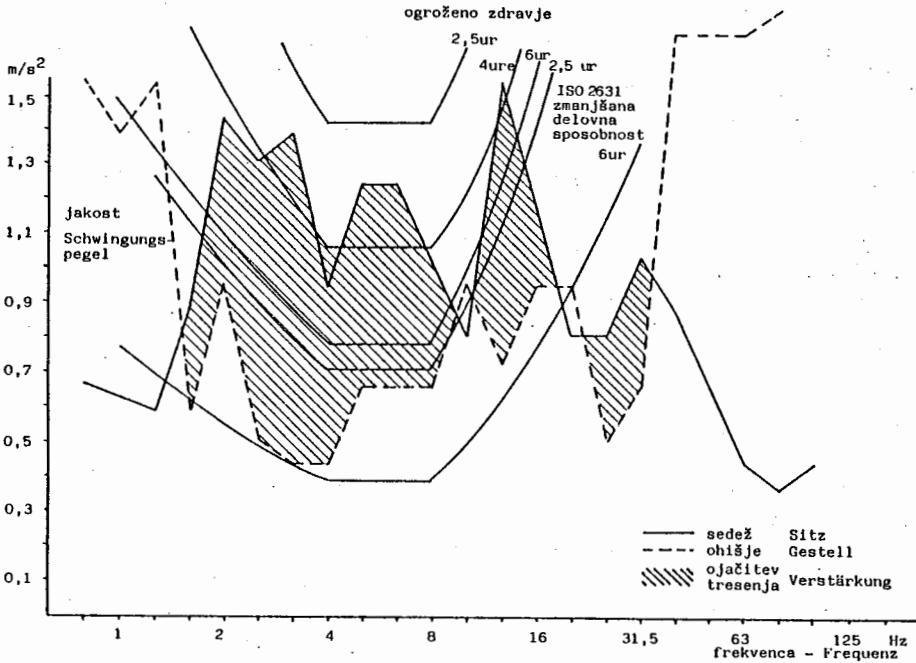
Na 23. grafikonu je prikazana frekvenčna analiza vertikalnih vibracij na sedežu traktorja Fiat 605 c (Radovna) v primerjavi z istosmernimi vibracijami na ohišju traktorja. Vertikalne vibracije na sedežu močno presegajo tudi mednarodni standard ISO, ki dovoljuje 6-urno obremenitev v delovnem času, ne da bi bilo ogroženo zdravje, na frekvenčnem območju od 2 Hz do 12 Hz. Na tem delovišču bi lahko znižal torej produktivni čas, ne da bi to škodovalo zdravju, le dobre 3 ure na dan, delovno zmogljivost pa izmerjene vibracije vedno zmanjšujejo. Primerjava vertikalnih vibracij na sedežu in na ohišju traktorja po frekvenčnih pasovih pokaže slabe dušilne sposobnosti sedeža. Le-te so precej daleč od zelenih, ker so področja, kjer sedež ojača vibracije (resonanca), zelo obsežna (črtkana polja).



Graf. 22 Frekvenčna analiza vertikalnih vibracij na sedežu gosničarja Fiat 505  
*Frequenzanalyse der vertikalen Sitzschwingungen am Fiat 505*



Graf. 23 Frekvenčna analiza vertikalnih vibracij gosničarja Fiat 605 C — Radovna  
*Frequenzanalyse der vertikalen Schwingungen am Fiat 605*



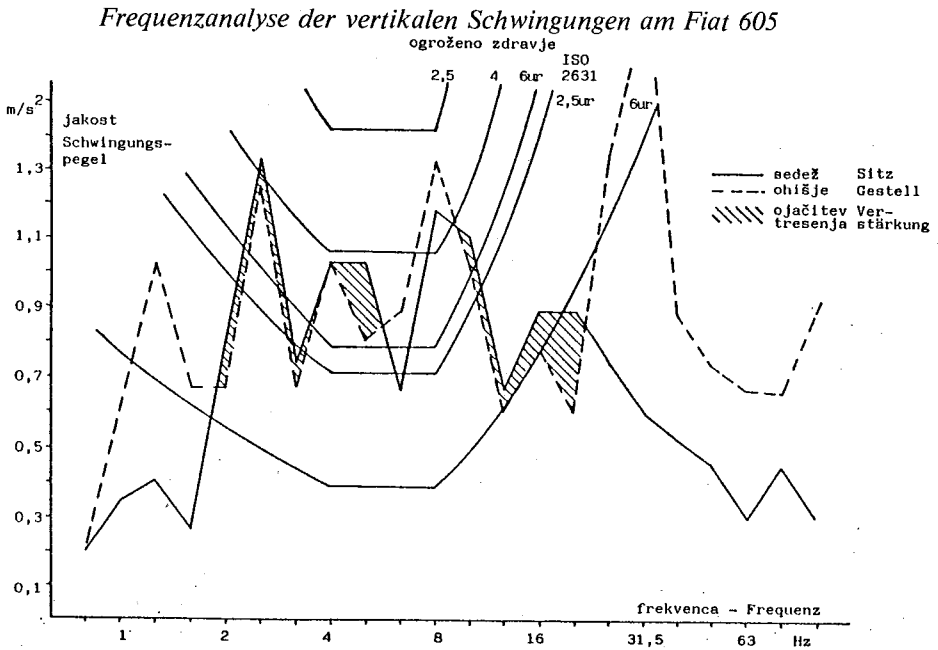
Frekvenčno analizo vertikalnih vibracij za goseničarja Fiat 605 (Rudno polje) prikazuje 24. grafikon. Tudi tu so vibracije prevelike, da bi traktorist brez nevarnosti za zdravje delal 6 ur produktivnega časa. Na tem delovišču bi bilo lahko produktivnega časa, ne da bi bilo ogroženo zdravje zaradi vertikalnih vibracij, nekaj manj kot 4 ure na dan, delovna zmogljivost pa je zmanjšana že po 1 uri dela. Traktoristov sedež ne duši vertikalnih vibracij dovolj dobro, tudi v frekvenčnem območju od 3,13 Hz do 6,3 Hz, kjer je človeško telo najbolj občutljivejše za vibracije. Na prvi pogled sedež na traktorju Fiat 605 (Rudno polje) bolje duši vertikalne vibracije od enakega traktorja, ki je delal na Radovni. Vendar pa so bile v Radovni izmerjene sorazmerno manjše vertikalne vibracije na ohišju traktorja kot na Rudnem polju in je zato območje ojačitve vibracij večje. Oba sedeža na traktorjih Fiat 605 c preslabo dušita vibracije in bi ju morali zamenjati z ustreznjšima.

Na 25. grafikonu so prikazani rezultati frekvenčne analize vertikalnih vibracij na sedežu in ohišju traktorja Fiat 665. Na treh mestih na frekvenčnem spektru so vibracije še posebno škodljive, ker jih sedež še ojači: od 0,8 Hz do 1,6 Hz, od 3,13 Hz do 4 Hz in od 6,3 Hz do 12,5 Hz. Zadnji dve mesti ojačitev vibracij na sedežu sta še posebno neugodni, ker sta v območju največje človekove občutljivosti. Primerjava vertikalnih vibracij na traktoristovem sedežu z mednarodnim standardom ISO pove, da je mogoče na dan produktivno delati, ne da bi to škodovalo zdravju, le nekaj nad 3 ure, delovna zmogljivost pa je zmeraj zmanjšana. Čeprav je sedež povsem na novo oblikovan že na samem kmetijskem traktorju, pa je to merjenje pokazalo, da ni primeren za delo v gozdu, ker vibracij na ohišju med vožnjo po vlaki ne duši dovolj (hitrost vožnje je bila sorazmerno velika).

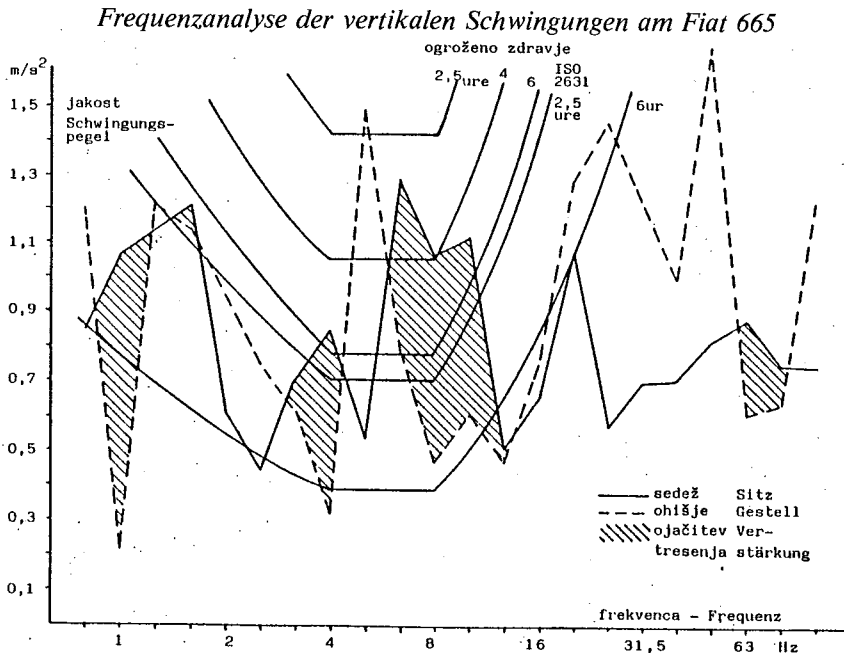
Za primerjavo z vertikalnimi vibracijami je na 26. grafikonu prikazana frekvenčna analiza aksialnih vibracij na sedežu traktorja Fiat 665 (Kokra). Največje vibracije so bile izmerjene pri frekvenci 12,5 Hz, vendar so manjše, kot je po standardih ISO dopustno za 6 ur dela (zmanjšana delovna zmogljivost). Nevarnejše so aksialne vibracije na frekvenčnem območju od 1 Hz do 3,13 Hz, ki sicer presegajo meje zmanjšane zmogljivosti, dopustne po standardih ISO za 6 ur produktivnega dela, vendar ne ogrožajo zdravja tudi po 6 urah. Za popolnejšo primerjavo bi morali narediti še frekvenčno analizo vibracij v horizontalni smeri. Vendar že ta primerjava kaže, da so vibracije v vertikalni smeri najnevarnejše in najbolj ogrožajo traktoristovo zdravje.

Za primerjavo posameznih tipov goseničarjev Fiat so v 21. preglednici in na 27. grafikonu prikazane frekvenčne analize vertikalnih vibracij na najneugodnejših deloviščih za tri tipe goseničarjev. Zadnje smo primerjali z mednarodnim standardom ISO. Za traktorista je najmanj škodljiv fiat 505 c. Na frekvenčnem območju od 2 do 12,5 Hz presega dovoljene meje za 6-urno obremenitev (zmanjšana delovna zmogljivost), meje ogroženega zdravja (6 ur), pa ne doseže nikjer na frekvenčnem območju. Žal pa je preseganje 6-urne dovoljene obremenitve ravno na območju največje človekove občutljivosti.

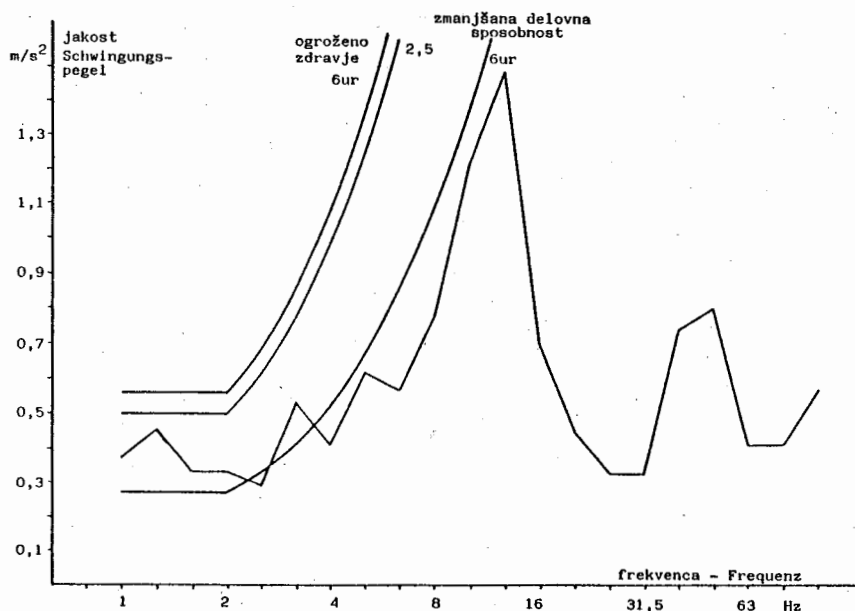
Graf. 24 Frekvenčna analiza vertikalnih vibracij goseničarja Fiat 605 C — Rudno polje



Graf. 25 Frekvenčna analiza vertikalnih vibracij goseničarja Fiat 665 — Škofja Loka



Graf. 26 Frekvenčna analiza aksialnih vibracij goseničarja Fiat 665 — Kokra  
*Frequenzanalyse der seitlichen Sitzschwingungen am Fiat 665*



Goseničar Fiat 605 c ima na traktoristovem sedežu precej bolj neugodne vertikalne vibracije od tipa 505 c. Na frekvenčnem območju od 1,6 Hz do 20 Hz močno presega 6-urno mejo ogroženega zdravja po standardu ISO. Vertikalne vibracije so celo tako visoke, da na območju od 2 Hz do 12,5 Hz presega mejo zmanjšane delovne sposobnosti že po 2,5 urah dela. Tudi fiat 665 z vertikalnimi vibracijami traktoristu ne prizanaša. Na frekvenčnem območju od 4 Hz do 12,5 Hz precej presega mejo zmanjšane delovne sposobnosti (2,5 ure), pri 6-urni obremenitvi pa ogroža zdravje pri frekvenci 3,13 Hz ter pri 5 do 10 Hz.

Končna ugotovitev je, da vertikalne vibracije na sedežu goseničarjev Fiat 605 c in 665 ogrožajo traktoristovo zdravje, če je traktorist izpostavljen vibracijam 6 ur na dan. Pri 2,5 do 3-urni obremenitvi zdravje traktoristov ni ogroženo. Najstarejši tip goseničarja Fiat 505 c pa glede vertikalnih vibracij ne ogroža traktoristovega zdravja, pač pa pri 6-urni obremenitvi zmanjšuje delovno sposobnost. Na neugodnih deloviščih torej vibracije, ki jim je traktorist izpostavljen pri delu z novejšimi tipi goseničarjev Fiat, pomenijo preobremenitev že po krajšem času dela. Obremenitve so večje kot pri delu z goseničarjem Fiat 505 c. Najbolj neugodno je delo s fiatom 605, skratka, sedež je najmanj ustrezen.

Preglednica 21: Frekvenčne analize vertikalnih vibracij goseničarjev FIAT  
*Frequentanalysen der vertikalen Sitzschwingungen*

Frekv. Hz	FIAT 505 C			FIAT 605 C		FIAT 665
	JEZERSKO 29. 6. 78	BELSKA PLANINA 13. 4. 79	BELSKA PLANINA 5. 9. 79	RADOVNA 30. 8. 84	RUDNO POLJE 21. 8. 86	ŠKOFJA LOKA 19. 8. 6
0,8	0,21	0,19	0,08	0,70	0,20	0,85
1	0,16	0,24	0,18	0,36	0,34	1,07
1,25	0,30	0,28	0,21	0,63	0,35	0,17
1,6	0,47	0,33	0,23	0,95	0,27	1,21
2	0,86	0,48	0,32	1,54	0,80	0,61
2,5	0,37	0,58	0,49	1,42	1,33	0,44
3,13	0,40	0,68	0,49	1,50	0,74	0,71
4	0,49	0,49	0,55	1,03	1,03	0,85
5	0,49	0,61	0,43	1,34	1,03	0,54
6,3	0,64	0,73	0,37	1,36	0,67	1,29
8	0,71	0,66	0,32	1,11	1,18	1,07
10	0,80	0,59	0,38	0,87	1,11	1,12
12,5	1,00	0,52	0,18	1,66	0,67	0,51
16	0,79	0,38	0,18	1,26	0,89	0,65
20	0,70	0,47	0,30	0,87	0,89	1,07
25	0,70	0,33	0,18	0,87	0,74	0,58
31,5	0,70	0,20	0,18	1,11	0,60	0,70
40	0,70	0,14	0,13	0,95	0,52	0,71
50	0,52	0,09	0,08	0,71	0,45	0,82

#### 4.4. Ugotovitve in sklepi

Po že uveljavljeni metodiki ugotavljanja obremenitev z vibracijami smo ugotavljali obremenjenost traktoristov goseničarjev tipov Fiat 505 c, 605 c in 665. Meritve vibracij za fiat 505 c so bile opravljene v l. 1978 in 1979 (5 traktorjev na 3 deloviščih), za fiat 605 c l. 1984 in 1986 (2 traktorja na dveh deloviščih) in za fiat 665 v istem obdobju kot za fiat 605 c (3 traktorji na 3 deloviščih). Skupaj je bilo posnetih 66 ciklusov spravila lesa z goseničarji ali po 22 ciklusov za vsako smer posebej.

Pri vseh traktorjih smo linearno izmerili najmanjše vertikalne pospeške, razen pri fiatu 605 c, kjer je najmanjši pospešek v aksialni smeri. Razmerje med komponentami vibracij za posamezne tipe goseničarjev Fiat je:

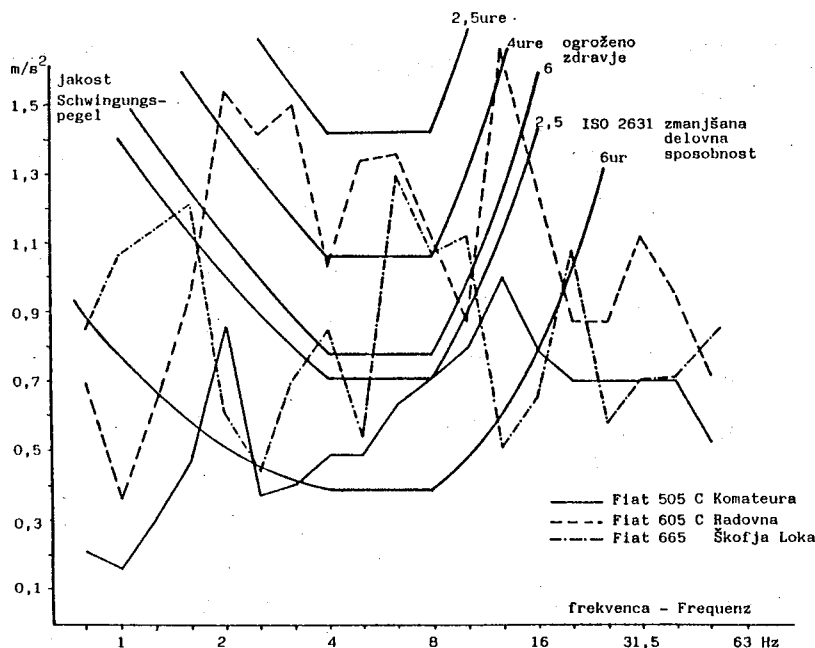
fiat 505 c — vert. posp.: aksial. posp. = 1 : 1,59 : 1,64

fiat 605 c — vert. posp.: horiz. posp.: aksial. posp. = 1 : 1,03 : 0,93

fiat 665 — vert. posp.: horiz. posp.: aksial. posp. = 1 : 1,55 : 1,41.

Razmerje vektorja vibracij v produktivnem času za posamezne tipe goseničarjev pa je: fiat 505 c : fiat 605 c : fiat 665 = 4,29 : 4,15 : 4,13.

Graf. 27 Primerjava frekvenčnih analiz vertikalnih vibracij na sedežih goseničarjev  
*Vergleich der Frequenzanalysen der vertikalen Sitzschwingungen an Raupenschleppern*



Z novejšimi modeli se je vektorska velikost vibracij nekaj znižala, sočasno pa so dušilne sposobnosti sedeža fiat 605 c tako slabe, da so v aksialni smeri vibracije celo ojačane.

Več kot polovico produktivnega časa je traktorist zapslen z deli, pri katerih je izpostavljen škodljivim vplivom vibracij.

Frekvenčne analize vertikalnih pospeškov na sedežih goseničarjev kažejo, da vertikalne vibracije na sedežu fiat 505 c ne ogrožajo zdravja ob 6-urni obremenitvi v delovnem času. Novejša tipa Fiat 605 c in 665 pa imata na sedežih traktoristov precej bolj neugodne vibracije: pri tipu Fiat 605 c velikost vertikalnih vibracij presega dopustno mejo ogroženega zdravja (6 ur) na širokem frekvenčnem pasu; tip Fiat 665 pa tudi presega dovoljeno 6-urno mejo ogroženega zdravja, vendar smo v določenih frekvenčnih pasovih (žal tudi tam, kjer je človekovo telo najbolj občutljivejše — od 4 do 8 Hz). Nobeden pa ne ogroža zdravja pri 2,5-urni obremenitvi.

Traktoristi na goseničarjih Fiat 505 c, 605 c in 665 so zmeraj preobremenjeni z vibracijami, saj te vedno zmanjšujejo njihovo delovno sposobnost, če je na dan več kot 6 ur produktivnega časa. V neugodnih delovnih razmerah samo fiat 505 c dovoljuje 6-urno dnevno obremenitev, druga dva tipa pa le približno 3-urno brez škode

za zdravje. Dovoljeni časi obremenitve z vertikalnimi vibracijami so torej manjši od običajnega trajanja izpostavljenosti vibracijam (razen pri fiatu 505 c).

Pri traktorjih bi morali zdajšnje sedeže zamenjati s takšnimi, ki bi bolje dušili tudi transverzalne vibracije (te so tudi do 60% večje od vertikalnih). Delna rešitev se ponuja tudi, kar zadeva organizacijo dela. Ob organizaciji dela I + 1 bi oba delavca morala biti usposobljena za vsa opravila pri spravilu lesa z goseničarjem in bi vsak polovico dnevnega delovnega časa delala kot traktorista, polovico pa kot pomočnika. Tako bi dnevno obremenitev z vibracijami razpolovili in vsaj malo omilili neugodne delovne razmere. Seveda pa takšna rešitev ni končna, ampak najbrž samo odlaga problem bolezenskih okvar vibracij v prihodnost. Pri zdajšnjem stanju in organizaciji dela z goseničarji Fiat žal lahko pričakujemo, da se bodo pojavile zdravstvene okvare traktoristov zaradi preobremenjenosti z vibracijami.

## 5. POVZETEK

V raziskavi primerjamo ergonomске značilnosti treh tipov goseničarjev Fiat, prilagojenih za spravilo lesa. To so Fiat 505 c z mehanično vodenim vitlom in zadnjo zaščitno desko brez drugih prilagoditev za spravilo in brez ergonomskih izboljšav ter Fiat 605 in Fiat (BNT) 665, ki imata še prednjo odzivno desko, varnostno kabino in nekatere druge ergonomske prilagoditve človeku.

Raziskave novejših dveh traktorjev, ki so bile opravljene v letih 1984—1986, primerjamo z ergonomskimi značilnostmi fiata 505 c, ki so bile ugotovljene v obsežnejši raziskavi traktorjev za spravilo lesa v letih 1975—1979.

Metodika raziskav je bila obakrat enaka. Najprej smo z ergonomskimi vprašalnimi polami celostno ugotavljali ergonomske značilnosti treh tipov traktorjev. Nato smo z obsežnimi meritvami podrobneje preučili ropot in tresenje na traktorjih ter ugotavljali obremenitve traktoristov s tema najneugodnejšima dejavnikoma delovnega okolja.

Na vprašanja ergonomske pole smo pri fiatu 505 lahko ugodno odgovorili le na 38% vprašanj, pri fiatu 605 na 62% in pri fiatu 665 že na 73%. Če prištejemo še delno ergonomsko ugodne odgovore, so odstotki teh odgovorov 49, 73 oz. 87%. Tako smo ugotovili, da je goseničar Fiat 505 ergonomsko neustrezen, fiata 605 in 665 pa sta ergonomsko zadovoljivo prilagojena človeku, ki z njima dela. Predvsem varnostna kabina povečuje traktoristovo varnost in hkrati omogoča lažji vstop v traktor. Večje dimenzije traktorjev in hidravlično vodeni vitel omogočajo večji delovni prostor za traktorista, več prostora je za sedež, boljša pa je tudi razporeditev elementov za upravljanje stroja. Tudi sami elementi so pri novejših strojih bolje oblikovani, vendar so nekateri še mehanični in zahtevajo velike sile. Kabina sicer varuje pred padavinami, je pa še zmeraj odprta. Nove ergonomske izboljšave so mogoče le s temeljnimi konstrukcijskimi spremembami, kot so zaprta kabina in hidravlično ali električno vodeni elementi za upravljanje.

Preglednica 22: Ropot goseničarjev fiat  
*Lärm an Raupenschleppern Fiat*

traktor	ropot neobremenjenega traktorja		obremenitve traktoristov med spravlom lesa po deloviščih	povprečne obremenitve traktoristov z ropotom	trajanje preobremenitev z ropotom	
	pri frekvenčni analizi	pri vrtljajih motorja				
<i>Schlepper</i>	<i>Lärmpegel des unbelasteten Schleppers</i>		<i>Lärmbelastungen der Fahrer an Arbeitsplätzen</i>		<i>Dauer des Überbelastungen % der GAZ</i>	
	<i>Frequenzanalyse</i>		<i>Drehzahl</i>	<i>durchschnitt</i>		
	<i>Leerlauf</i>	<i>Vollgas</i>	2000	Lekv		
	prosti tek	polni plin	2000 vrtlj./min.	Lekv produktivni čas	% der GAZ delovni čas	
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	%
Fiat 505 c	73	93	86—90	86—90	89,0	0—9
Fiat 605 c	80	94	88—93	91—93	91,1	3—14
Fiat 665	79	95	89—91	86—94	91,4	0—21

Med merjenjem so bile ugotovljene med traktorji istega tipa in med posameznimi delovišči večje razlike, tako da je težko sklepati na razlike med tremi tipi goseničarjev. Kljub temu frekvenčne analize ropota in analiza odvisnosti ropota od števila vrtljajev motorja kažejo, da je najhrupnejši fiat 665 in najtišji fiat 505, fiat 605 pa je nekje v sredini. Pri polnem plinu je jakost ropota goseničarjev od 93—95 dB(A), konice segajo do 103 dB(A). Pri fiatu 665 ropot pogosto presega normativno krivuljo NR 90. Tudi obremenitve traktoristov z ropotom med spravlom lesa so največje pri fiatu 665. Na posameznih deloviščih spravlila z goseničarji znašajo dnevne obremenitve od 84,8 do 93,6 dB(A) in pri fiatih 605 in 665 na večini posnetih deloviščih presegajo jugoslovansko dopustno mejo 90 dB(A). Obremenitve traktoristov z ropotom so odvisne od delovnih razmer na posameznih deloviščih, zlasti od pravilne razdalje, razgibanosti vlake, organizacije dela, velikosti kosov lesa in seveda od uporabljenega tipa traktorja (22. preglednica). Novejši tipi goseničarjev povzročajo tolikšne obremenitve, da bi bila nujna uporaba varoval sluha, vsaj med vožnjami po vlakah.

Tresenje goseničarjev smo ugotavljali med spravlom lesa in med poskusno vožnjo čez standardizirano oviro. Jakost smo merili na okvirju in na sedežu traktorja, ločeno za vse tri smeri (komponente velikosti vektorja). Vibracije na ohišju pod sedežem med spravlom lesa so bile največje pri fiatu 505, najmanjše pa pri fiatu 665. Sedeži pa so zelo različno močno dušili vibracije, tako da so v povprečju vektorske velikosti tresenja (linearno na vsem frekvenčnem območju) na sedežih vseh treh tipov traktorjev približno enake (4,13—4,29 m/s<sup>2</sup>). Naša pričakovanja, da originalni



sedež na fiat 605 dobro duši tresenje, se niso uresničila. Zdi se, da ni prilagojen tresenju, ki nastaja pri vožnji po neravni gozdni vlaki. Jakost tresenja (linearno) na sedežih je zelo različna po posameznih deloviščih spravila in v posamezni smeri. Tako je znašala v produktivnem času pri fiat 505 c od 0,80 do 4,48 m/s<sup>2</sup>, pri fiat 605 c od 2,11 do 2,48 m/s<sup>2</sup> in pri fiat 665 od 1,25 do 2,59 m/s<sup>2</sup> v posamezni smeri. Razlike med delovišči so sicer zelo velike, vendar se zdi, da so povprečne jakosti vibracij največje pri fiat 605, najmanjše pa pri fiat 505. Najpogosteje izmerjena trenutna jakost tresenja na sedežu je med 1 in 1,5 m/s<sup>2</sup>. Primerjava jakosti tresenja med pravilom, frekvenčnih analiz vertikalnih vibracij med vožnjo čez oviro in dopustnih meja traktoristove izpostavljenosti tresenju pokaže, da so novejši tipi goseničarjev, zlasti fiat 605, zaradi močnih nizkofrekvenčnih vibracij na sedežu za traktorista bolj neugodni kot goseničar Fiat 505. Tako je mogoče s fiatom 505 delati tudi v najbolj neugodnih snemanih delovnih razmerah 6 ur produktivnega časa, ne da bi bilo zdravje traktorista ogroženo (delovna zmogljivost se po standardu ISO zmanjša po 2,5 urah). S fiatom 605 je mogoče delati brez ogrožanja zdravja samo 3 do 4 produktivne ure na dan (delovna zmogljivost se zmanjša že po manj kot 1 uri dela). Podobno velja tudi za delo z goseničarjem Fiat 665. Vibracije v obeh transverzalnih smereh na sedežu (naprej — nazaj) so pri vseh treh tipih goseničarjev sicer po jakosti večje od vertikalnih, vendar traktorista manj ogrožajo, ker nastopajo pri frekvencah, kjer je človek manj občutljiv.

Raziskava ergonomskih značilnosti traktorjev goseničarjev za spravilo lesa je torej pokazala, da so novejši tipi goseničarjev Fiat (605 c in 665) celotno sicer boljje ergonomsko prilagojeni človeku, vendar pa povzročajo večje obremenitve z ropotom in vibracijami kot fiat 505 c (23. preglednica). Zato so potrebni varnostni ukrepi: uporaba glušnikov med vožnjo, izboljšanje in vzdrževanje sedežev, menjavanje traktoristov pri spravilu, načrtovanje in graditev gladkih vlak.

Preglednica 23: Ergonomske značilnosti goseničarjev  
*Ergonomische Eigenschaften der Raupenschlepper*

traktor	delež ergonomsko ugodnih ocen	traktoristove obremenitve z ropotom	tresenje — dopustno trajanje dnevnega produkt. časa brez ogroženosti zmanjšanja delovne zdravja zmogljivosti	
<i>Schlepper</i>	<i>Anteil der günstigen Beurteilungen</i>	<i>Lärmbelastungen des Fahrers</i>	<i>Schwingungen ohne Gefährdung der Gesundheit</i>	<i>Dauer der RAZ ohne Verminderung der Leistung</i>
	%	dB(A)	ure <i>Stunden</i>	ure <i>Stunden</i>
Fiat 505 c	38	89,0	6	2,5
Fiat 605 c	62	91,1	3—4	pod 1
Fiat 665	73	91,4	3	pod 1

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Untersuchung wurden die ergonomischen Eigenschaften der drei Typen von Raupenschleppern Fiat, adaptiert für Holzrücken, verglichen. Es wurde der Fiat 505 c mit mechanisch gelenkter Winde, mit hinterer Schutzplatte ohne anderen Adaptationen für Rücken und ohne ergonomische Verbesserungen mit den Fiat 605 und Fiat 665 (BNT), die schon vordere Stappelplatte, Schutzkabine und einige ergonomische Anpassungen besitzen, verglichen. Die Untersuchungen der zwei neueren Typen wurden in Jahren 1984—1986 durchgeführt, die ergonomischen Eigenschaften vom Fiat 505 c wurden aber in einer umfangreichen Untersuchung der Rückenschlepper in Jahren 1975—1979 festgestellt.

Die Methodik der Untersuchung war beidesmal gleich. Zuerst beurteilten wir mittels ergonomischen Prüflisten die gesamten ergonomischen Eigenschaften der drei Typen von Schleppern. Mit umfangreichen Messungen haben wir dann den Lärm- und Schwingungspegel an Schleppern und die Beanspruchung der Fahrer mit diesen zwei unangenehmsten Faktoren der Arbeitsumwelt festgestellt.

Beim Fiat 505 c konnten nur 38% Fragen aus der ergonomischen Prüfliste günstig beantwortet werden, beim Fiat 605 gab es 62% günstigen Antworten, beim Fiat 665 aber schon 73%. Wenn man noch teilweise günstige Antworten zuzählt, sind die entsprechenden Anteile der Antworten 49, 73 und 87%. So kann es festgestellt werden, dass der Raupenschlepper Fiat 505 c ergonomisch nichtzutreffend ist, die Typen 605 und 665 sind jedoch dem Menschen, der mit ihnen arbeitet, schon befriedigend ergonomisch angepasst. Vor allem wird die Sicherheit des Fahrers durch die Sicherheitskabine wesentlich vergrössert. Sie ermöglicht gleichzeitig einen leichteren Ein- und Ausstieg aus dem Schlepper. Grössere Dimensionen des Schleppers und hydraulisch gelenkte Winde ermöglichen einen grösseren Arbeitsraum, mehr Raum für den Sitz und eine bessere Anordnung der Bedienelemente. Auch die Bedienelemente sind bei neueren Maschinen besser gestaltet, obwohl einige noch mechanisch sind und grosse Kräfte für ihre Betätigung verlangen. Die Kabine schützt auch gegen Niederschlägen, ist aber noch immer offen. Weitere ergonomische Verbesserungen sind nur mit gründlichen konstruktiven Änderungen, wie eine geschlossene Kabine, hydraulisch oder elektrisch gelenkte Bedienelemente, möglich.

Während der Lärmmessungen wurden zwischen einzelnen Schleppern desselben Typs und zwischen einzelnen Arbeitsplätzen grössere Unterschiede festgestellt. Darum ist es schwer Schlüsse was die Unterschiede zwischen drei Schleppertypen angeht, zu ziehen. Trotzdem zeigen die Frequenzanalysen des Lärms und die Abhängigkeiten des Lärmpegels von der Motordrehzahl, dass der Fiat 665 der lauteste, der Fiat 505 der leiseste Schlepper und der Fiat 605 irgendwo in der Mitte ist. Beim Vollgas beträgt der Lärmpegel der Raupenschlepper 93—95 dB(A), die Spitzen reichen bis zu 103 dB(A). Beim Fiat 665 überschreitet der Lärmpegel oft die normative Kurve NR 90. Auch die Lärmbelastungen des Fahrers erreichen die grösste Werten beim Rücken mit dem Fiat 665. An verschiedenen Arbeitsplätzen betragen die täglichen

Arbeitsbelastungen 84,8 bis 93,6 dB(A) und damit überschreiten sie beim Rücken mit dem Fiat 605 und 665 die in Jugoslawien erlaubte Grenze 90 dB(A). Die Lärmbelastungen der Schlepperfahrer sind von Arbeitsverhältnissen an einzelnen Arbeitsplätzen, besonders von der Rückentfernung, der Neigung der Rückegasse, der Arbeitsorganisation, der Stückgrösse und allerdings vom Typ des Schleppers (Tabelle 22) abhängig. Die neuere Typen des Raupenschleppers verursachen solche Lärmbelastungen, dass die Verwendung des Gehörschutzes, wenigstens während der Fahrten notwendig wäre.

Die Schwingungen wurden während des Holzrückens und bei der Versuchsfahrt über einem standardisierten Hindernis festgestellt. Es wurden die Beschleunigungen am Gestell und am Sitz des Schleppers, getrennt für drei Richtungen (drei Vektorkomponenten) gemessen. Die grössten Schwingungen am Schleppergestell unter dem Sitz wurden beim Rücken mit dem Fiat 505, die kleinsten beim Fiat 665 festgestellt. Die Sitze haben die Schwingungen sehr unterschiedlich stark gedämpft. So ist der durchschnittliche Vektorwert (linear im gesamten Frequenzbereich gemessen) an den Sitzen aller drei Schleppertypen ungefähr gleich ( $4,13$ — $4,29$   $m/s^2$ ). Unsere Erwartungen, dass der originelle Sitz am Fiat 665 die Schwingungen gut dämpft, wurden nicht erfüllt. Es scheint, dass er den Schwingungen, die bei der Fahrt an unebenen Rückengassen entstehen, nicht angepasst ist. Der linear gemessene Schwingungspegel an Schleppersitzen ist sehr verschieden an verschiedenen Arbeitsplätzen und in verschiedenen Richtungen. So betragen die durchschnittlichen Beschleunigungen in einzelnen Richtungen in reiner Arbeitszeit beim Fiat 505 c von  $0,80$  bis  $4,48$   $m/s^2$ , beim Fiat 605 von  $2,11$  bis  $2,48$   $m/s^2$  und beim Fiat 665 von  $1,25$  bis  $2,59$   $m/s^2$ . Die Unterschiede zwischen Arbeitsplätzen sind gross, dennoch scheint es, dass die grössten durchschnittlichen Schwingungen beim Fiat 605, die kleinsten aber beim Fiat 505 auftreten. Am häufigst gemessene momentane Beschleunigungen am Sitz liegen zwischen  $1$  und  $1,5$   $m/s^2$ . Die Vergleiche der Schwingungspegel während des Rückens, der Frequenzanalysen der vertikalen Schwingungen bei der Versuchsfahrt zeigen, dass die neueren Typen der Raupenschlepper, vor allem der Fiat 605, wegen der Schwingungen am Sitz bei niedrigen Frequenzen, für den Fahrer weniger günstig sind, als der Fiat 505 ist. Mit dem Fiat 505 kann man nämlich auch in ungünstigsten Forschungsarbeitsverhältnissen über 6 Stunden reiner Arbeitszeit ohne Gefährdung der Arbeitergesundheit Holz rücken. (Die Leistungsfähigkeit wird nach ISO schon nach 2,5 Stunden gemindert). Beim Rücken mit dem Fiat 605 ist es der vertikalen Schwingungen wegen nur 3—4 Stunden der RAZ ohne Gefahr für Gesundheit möglich zu arbeiten. (Die Leistungsfähigkeit vermindert sich schon früher als nach 1 Stunde Arbeit) Ähnlich gilt auch für das Holzrücken mit dem Raupenschlepper Fiat 665. Die Sitzschwingungen in beiden transversalen Richtungen (vorn — hinten und seitlich) haben bei allen drei Typen von Raupenschleppern grössere Beschleunigungen, sind aber für den Fahrer weniger belastend, weil sie bei Frequenzen, wo der Mensch weniger empfindlich ist, auftreten.

Die Untersuchung der ergonomischen Eigenschaften der Raupenschlepper adaptiert für das Holzrücken hat also gezeigt, dass die neueren Typen der Schlepper (der Fiat

605 und der Fiat 665) in allgemeinem dem Menschen ergonomisch besser angepasst sind, verursachen aber grössere Belastungen des Fahrers mit Lärm und Schwingungen als der Schlepper Fiat 505 c (Tabelle 23). Darum sind die Sicherheitsmassnahmen: Verwendung des Gehörschutzes während der Fahrt, Verbesserung und Unterhaltung der Sitze, Wechsel der Arbeiter beim Rücken, Planen und Ausbau der gläteren Rückegassen nötig.

## 7. LITERATURA

1. GOLOB, A., 1979. Obremenjenost traktorista z ropotom pri spravilu lesa z goseničarjem. *Gozdarski vestnik* 37, št. 7—8.
2. HANSSON, PETERSON, 1980. An ergonomic Checklist for transport and materials — handling machinery. The National Board of Occupational Safety and Health. Skogsarbeten, The College of Forestry, Stockholm.
3. HENICH, D., 1981. Mjerenje buke i vibracija. *Biblioteka mehanizacije*. Zagreb, št. 3, str. 161—180.
4. KOREN, J., 1982. Dušenje tresenja pri sedežih traktorjev za spravilo lesa. *Gozdarski vestnik*, 40, št. 10, str. 400—408.
5. KOŠIR, B., 1982. Obremenitev traktoristov z vibracijami. *Gozdarski vestnik*, 40, št. 1, str. 12—19.
6. KRIVEC, A., 1979. Proučevanje traktorskega spravila lesa. *Strokovna in znanstvena dela* 65, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Ljubljana.
7. KRIVEC, A., 1979. Temelji znanstvene organizacije dela v gozdni proizvodnji. BF, VTOZD za gozdarstvo, 388 str., Ljubljana.
8. LIPOGLAVŠEK, M., 1979. Ergonomija. BF, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 195 str.
9. LIPOGLAVŠEK, M., KOŠIR, B., 1982. Ergonomske značilnosti traktorjev za spravilo lesa. *Zbornik gozdarstva in lesarstva* L 20, št. 2, str. 171—360, Ljubljana.
10. LIPOGLAVŠEK, M. KUMER, B. KOCIJANČIČ, 1981. Delo traktoristov v gozdu. *Strokovna in znanstvena dela* 68, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana.
11. RECHSCHUH, TSCHÖCKEL, 1977. Checkliste für die ergonomische Beurteilung von Forstmaschinen. *Mitteilung des KWF*, Band XIX, Buchschlag.
12. \*, 1974. Guide for the evaluation of human exposure of whole body vibration. International Organisation for Standardisation. ISO 2631 — 1974 (E).
13. \*. Draft ISO Recommendation 2204.
14. \*, 1971. Pravilnik o splošnih ukrepih in normativih za varstvo pri delu pred ropotom v delovnih prostorih. *Uradni list SFRJ* št. 29/1971.