

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE  
VIRE

Luka ŠTERBENK

**OBREMENITEV DELAVCA Z ROPOTOM IN S  
TRESENJEM PRI GRADNJI GOZDNIH VLAK Z  
GRADBENIMI STROJI**

Diplomsko delo  
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE  
VIRE

Luka ŠTERBENK

**OBREMENITEV DELAVCA Z ROPOTOM IN S TRESENJEM PRI  
GRADNJI GOZDNIH VLAK Z GRADBENIMI STROJI  
DIPLOMSKO DELO**

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**EXPOSURE OF THE WORKER WITH NOISE AND VIBRATIONS  
DURING CONSTRUCTION OF FOREST TRACKS**

B.SC. THESIS

Professional Study Programmes

Ljubljana 2013

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika, za somentorja dr. Antona Pojeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Luka Šterbenk

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD	Dv1
DK	GDK 363.0+302(043.2)=163.6
KG	Ergonomija, gozdne prometnice, gradnja vlak, obremenitev z ropotom, obremenitev s tresenjem.
KK	
AV	ŠTERBENK, Luka
SA	POTOČNIK, Igor (mentor) / POJE, Anton (somentor)
KZ	SI - 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2013
IN	OBREMENITEV DELAVCA Z ROPOTOM IN S TRESENJEM PRI GRADNJI GOZDNIH VLAK Z GRADBENIMI STROJI
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	VI, 38 str., 5 pregl., 8 sl., 13 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z diplomsko nalogo so želeli prikazati in ugotoviti, kakšnemu ropotu in tresenju je izpostavljen delavec v gradbenem stroju pri izdelavi vlake. Glavna hipoteza naloge je bila, da obremenitve ne bodo presegle mejnih in opozorilnih vrednosti, ki jih predpisujeta pravilnika o varovanja zdravja delavcev s področij hrupa in vibracij. Meritve so opravili na dveh deloviščih, v GGO Slovenj Gradec in v GGO Kočevje. V GGO Slovenj Gradec so bila tla mehka in neskalnata, v GGO Kočevje pa je bila podlaga kamnita. Meritve in časovno študijo so opravili na dveh bagrih, prvi Takeuchi in drugi Caterpillar, z različnima strojnikoma. Do največjih obremenitev z ropotom je na Koroškem prihajalo med prazno vožjo (76,12 dB(A)), na Kočevskem pa med premikom z mehanskim drobljenjem (79,86 dB(A)). Največje obremenitve s tresenjem je na Koroškem povzročala priprava terena (1,20 m/s <sup>2</sup> ) in na Kočevskem premik (1,24 m/s <sup>2</sup> ). Meritve so pokazale, da v obeh primerih spodnji mejni vrednosti za ropot (80 dB(A)) nista bili prekoračeni. V obeh primerih sta bili prekoračeni opozorilni vrednosti dnevne izpostavljenosti, normalizirani na referenčno obdobje 8 ur (0,5 m/s <sup>2</sup> ) tresenja celotnega telesa, ne pa mejni vrednosti dnevne izpostavljenosti za 8 ur (1,15 m/s <sup>2</sup> ).

**KEY WORDS DOCUMENTATION**

- DN Dv1
- DC GDK 363.0+302(043.2)=163.6
- CX Ergonomics, forest roads, skidd trails construction, exposure to noise, exposure to whole-body vibration.
- CC
- AU ŠTERBENK, Luka
- AA POTOČNIK, Igor (supervisor)/POJE, Anton (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
- PY 2013
- TI EXPOSURE OF THE WORKER WITH NOISE AND VIBRATIONS DURING CONSTRUCTION OF FOREST TRACKS
- DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
- NO VI, 38 p., 5 tab., 8 fig., 13 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The research was done, to show and determine what noise levels and vibration levels the excavator operator is exposed during construction of skidding roads. The main hypothesis was that the values measured in the field would not exceed the action and limit values determined by Slovenian law acts on workers' health. Measurements were performed at two sites, at the forest management unit (FMU) Slovenj Gradec and at FMU Kočevje. At FMU Slovenj Gradec the soil structure was soft and stone-less, at FMU Kočevje the soil basis was heavily rocky. The measurements and a time study were made for two different excavators (Takeuchi TB 070, Caterpillar 323 D) with two different operators. The highest exposures to noise were measured at FMU Slovenj Gradec during the movement of the excavator (76.12 dB(A)), at FMU Kočevje during shifting and mechanical chorusing of rocks at the same time (79.86 dB(A)). The highest exposures to vibrations were measured at FMU Slovenj Gradec during displacement of logging residuals and wood from construction area (1.20 m/s<sup>2</sup>) and shifting of excavator between operations at FMU Kočevje (1.24 m/s<sup>2</sup>). Estimated daily noise exposure level corrected with impact of impulsive noise didn't exceed lower exposure action values (80 dB(A)) at any excavator (77.06 dB(A), 79,97 dB(A)). On the contrary exposure to whole-body vibrations (0.78 m/s<sup>2</sup>, 0.97 m/s<sup>2</sup>) did exceed daily exposure action value (0.5 m/s<sup>2</sup>), but not limit value (1.15 m/s<sup>2</sup>).

## **Kazalo**

<b>1 UVOD</b> .....	1
<b>2 DOSEDANJE RAZISKAVE OBREMENITEV GOZDNIH DELAVCEV Z ROPOTOM IN S TRESENJEM</b> .....	2
<b>3 RAZISKOVALNI HIPOTEZI</b> .....	3
<b>4 METODE RAZISKAVE</b> .....	4
4.1 OPIS DELOVIŠČ IN DELOVNIH RAZMER .....	4
4.2 OPIS DELOVNIH SREDSTEV IN DELAVCEV .....	5
4.3 OPIS METODE SNEMANJA .....	7
<b>4.3.1 Merilni inštrumenti in njihova namestitvev med delom</b> .....	7
<b>4.3.2 Obremenitve in dopustne mere</b> .....	7
<b>4.3.3 Opis poteka meritev</b> .....	9
<b>4.3.4 Opis časovne študije in delovnih operacij</b> .....	10
<b>4.3.5 Potek dela</b> .....	14
4.4 OBDELAVA PODATKOV .....	15
<b>5 REZULTATI</b> .....	17
5.1 POTEK OBREMENITEV SKOZI DELOVNIK .....	17
5.2 MERITVE IN ANALIZE ROPOTA .....	19
5.3 MERITVE IN ANALIZE TRESENJA .....	22
5.4 MODEL OBREMENITEV DELAVCA Z ROPOTOM IN TRESENJEM ZA OSEMURNI DELOVNIK .....	26
5.5 FREKVENČNI SPEKTER JAKOSTI ROPOTA .....	31
<b>6 RAZPRAVA</b> .....	33
<b>7 SKLEP</b> .....	35
<b>8 VIRI</b> .....	37

#### Kazalo Preglednic:

Preglednica 1: Obremenitev delavca z ropotom in tresenjem med snemanjem na Koroškem.....	24
Preglednica 2: Obremenitev delavca z ropotom in tresenjem med snemanjem na Kočevskem.....	25
Preglednica 3: Modelni čas osmih delovnih ur na Koroškem .....	28
Preglednica 4: Modelni čas osmih delovnih ur na Kočevskem .....	29
Preglednica 5: Primerjava modelnih vrednosti obremenitev z zakonodajo.....	31

#### Kazalo slik:

Slika 1: Takeuchi TB 070.....	5
Slika 2: Caterpillar 323D.....	6
Slika 3: Intervalne ocene jakosti ropota in tresenja po delovnih operacijah na Koroškem....	18
Slika 4: Intervalne ocene jakosti ropota in tresenja po delovnih operacijah na Kočevskem..	19
Slika 5: Osem urne modelne obremenitve z ropotom in tresenjem.....	30
Slika 6: Primerjava frekvenčnih spektrov jakosti ropota za Koroško in Kočevsko .....	31
Slika 7: Primerjava frekvenčnih spektrov jakosti ropota med izkopom in prazno vožnjo na Koroškem.....	32
Slika 8: Primerjava frekvenčnih spektrov med mehanskim drobljenjem s pnevmatskim kladivom in premik na Kočevskem.....	33

## 1 UVOD

Za učinkovito gospodarjenje z gozdovi morajo biti gozdovi dostopni za ljudi in stroje, kar nam omogočajo primarne prometnice oz. gozdne ceste in sekundarne prometnice oz. gozdne vlake. Po nekaterih podatkih povprečna odprtost z gozdnimi vlakami v Sloveniji dosega 100 metrov na hektar, kar je v splošnem zadovoljivo, vendar so mestoma gozdovi še popolnoma zaprti za gospodarjenje, tako da bo v prihodnje potrebno še nadaljnje odpiranje gozdov tako za traktorsko spravilo, še bolj pa za sodobne načine sečnje in spravila, katerih predstavnik sta stroj za sečnjo in zgibni polprikoličar. Uporaba teh strojev zahteva še večjo odprtost gozdov v primerjavi z dosedanjimi načini dela.

Vplivi delovnega okolja, kot sta med drugim ropot in tresenje v delovnem stroju, dokazano škodujejo zdravju delavcev. Kvarni vplivi, katerih posledica je bila invalidnost, so bili v Slovenskem gospodarstvu potrjeni pri sečnji z motorno žago. Do preobremenitev prihaja tudi pri spravilu lesa s traktorji. V nasprotju s sečnjo in spravilom obremenitve z ropotom in s tresenjem pri gradnji ali vzdrževanju vlak niso bile nikoli merjene. Temo za to diplomsko nalogo smo zato izbrali z namenom, da bi zapolnili vrzel, ki je nastala v preiskavah na področju ergonomije.



## **2 DOSEDANJE RAZISKAVE OBREMENITEV GOZDNIH DELAVCEV Z ROPOTOM IN S TRESENJEM**

Tematiko vpliva ropota in tresenja na sekače in ostale gozdne delavce so temeljito obravnavali v diplomskih nalogah in drugih elaboratih (Lipoglavšek, 1998; Poje, 2011; Šilc, 2011; Obranovič, 2010; Šenica, 2012; Žunič, 2010). Raziskave na področju ropota in tresenja v gradbenih strojih sta na podlagi meritev opravila Neitzel in Yost (2001). V obsežni raziskavi za dve večji gozdarski podjetji sta med merjenjem vplivov na gozdarske delavce, obravnavala tudi strojnika pri gradnji ceste. Nista merila različnih strojev in nista upoštevala vpliva podlag, vendar sta izdelala okvirni spektrum ropota, ki nastaja pri delu in izdelavi gozdnih cest. Ugotovila sta, da obremenitev strojnika z ropotom med osem urnim delovnikom dosega jakost 81 dB(A). Obremenitve delavca s tresenjem za ta delovni stroj nista izmerila.

Za lažje določanje obremenjenosti delavca v gradbenem stroju smo za primerjavo vzeli obremenitev delavcev z ropotom in tresenjem v 8 urnem delovniku in ne po posameznih delovnih operacijah. Pri sečnji z motorno žago je sekač obremenjen z jakostjo ropota od 96 dB(A) do 100 dB(A) (Obranovič 2010). Sodobnejši prilagojeni traktorji povzročajo ropot od 73 dB(A) do 77 dB(A) (Žunič 2010), medtem ko starejši prilagojeni kmetijski traktorji in zgibniki povzročajo od 89 dB(A) do 97 dB(A) (Lipoglavšek 1998). Pri mehanizirani strojni sečnji v harvesterju in forvarderju je raven hrupa od 70 dB(A) do 74 dB(A) (Poje, 2011).

Tresenje povzročeno pri sečnji in delu z motorno žago se giblje od  $4,8 \text{ m/s}^2$  do  $7,7 \text{ m/s}^2$  (Šilc 2011), merjeno na rokah in dlaneh. Pri spravi lesa in delu s traktorji, sečnimi stroji in z zgibniki prihaja do tresenja celotnega telesa. Pri sodobnejših prilagojenih kmetijskih traktorjih se vrednosti gibljejo od  $1,24 \text{ m/s}^2$  do  $1,97 \text{ m/s}^2$ . Zgibniki, starejši kmetijski traktorji in goseničarji povzročajo večje tresenje, od  $2,46 \text{ m/s}^2$  do  $3,85 \text{ m/s}^2$ , kjer največja vrednost  $3,85 \text{ m/s}^2$  predstavlja obremenitev s tresenjem za starejši traktor goseničar (Šenica, 2012; Žunič, 2010). Pri moderni strojni sečnji so te vrednosti nižje, pri harvesterju se giblje od  $0,17 \text{ m/s}^2$  do  $0,3 \text{ m/s}^2$ , pri forvarderju pa od  $0,41 \text{ m/s}^2$  do  $1,69 \text{ m/s}^2$  (Poje, 2011).

Iz dosedanjih raziskav je razvidno, da v gozdarstvu v večini primerov prihaja do prekoračitve vseh opozorilnih vrednosti za ropot z izjemo pri sodobnejših prilagojenih kmetijskih traktorjih in strojih za sečnjo. Pri pregledu obremenitve z jakostjo ropota ugotovimo, da le sodobnejši traktorji in stroji za strojno sečnjo ne presegajo spodnje opozorilne vrednosti izpostavljenosti. Pri pregledu obremenitve s tresenjem ugotovimo, da vsi stroji za sečnjo in spravilo razen harvesterja presegajo opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti tresenju.

### **3 RAZISKOVALNI HIPOTEZI**

Na podlagi dosedanjih izkušenj in raziskav na področju obremenjenosti delavcev z ropotom in s tresenjem pri delu v gozdu smo postavili naslednji hipotezi:

1. Dnevna izpostavljenost strojnika bagra ne presega dopustnih obremenitev delavca z ropotom in tresenjem, opredeljenih v slovenski in evropski zakonodaji.

2. Obremenitev strojnika je odvisna od podlage na kateri dela in je večja pri gradnji vlak na kamnitih podlagah.

Ad 1.) Zvočno izolirane kabine, na strojih in avtomatska regulacija dodajanja plina na motorju pripomoreta k temu, da je ropot v kabini zadušen in manj vpliva na strojnika.

Ad 2.) Na mehkejši podlagi je raven ropota, ki obremenjuje strojnika nižja. Obremenitev s tresenjem je večja v primeru uporabe pnevmatskega udarnega kladiva za drobljenje kamnin.

## 4 METODE RAZISKAVE

### 4.1 OPIS DELOVIŠČ IN DELOVNIH RAZMER

Meritve smo opravili na dveh deloviščih in v obeh primerih je potekala gradnja nove vlake. Prvi dan meritev smo opravili na gozdno gospodarskem območju Slovenj Gradec (Koroška), v oddelku 08211 A, v krajevni enoti Črna na Koroškem. Tam je potekala novogradnja vlake v skupni dolžini 150 metrov na zasebnem zemljišču. Teren je bil zelo strm, od 50 – 55 % , vlaka je potekala pobočno. Podlaga je bila mehka prst, izkop ni segal do kamnite matične podlage. Drevje na trasi je bilo posekano pred začetkom izkopa in skrojeno na 4 metrske sortimente ter puščeno na trasi. Med izkopom so se posamično pojavljale zaplate laporja in peščenjaka, za odstranitev le teh strojnik ni potreboval pnevmatskega udarnega kladiva, ampak je preboj opravil z izkopno žlico. Meritve so potekale v toplem in suhem vremenu.

Drugi objekt je bil na Kočevskem, na gozdno gospodarskem območju Kočevje (Kočevska), v gozdno gospodarski enoti Grčarice, oddelek 1. Teren je bil za razliko od prvega bolj položen. Težavo na tem območju sta predstavljali kamnita podlaga in plitva prst, saj je trasa potekala po tipičnem kraškem reliefu. Skalovitost je znašala do 40 %. Zaradi neravne podlage je bilo potrebno predhodno drobljenje materiala s pnevmatskim udarnim kladivom in kasnejša groba izravnava terena z izkopno žlico za oblikovanje profila vlake. Skupna dolžina novozgrajene vlake je bila 270 m. Drevje na trasi je bilo posekano vnaprej odstranjeno s trase vlake. Tudi druga meritev je potekala v toplem in suhem vremenu.

## 4.2 OPIS DELOVNIH SREDSTEV IN DELAVCEV

Na prvem objektu na Koroškem je izgradnja vlake potekala z bagrom znamke Takeuchi, model TB 070, letnik 1998 z 11,238 obratovalnimi urami in zaprto kabino (slika 1).



Slika 1: Takeuchi TB 070, (RitchieSpecs Equipment Specifications Ritchie Bros. Auctioneers)

Srednje velik bager na gosenični pogon je dolg 2185,4 mm, z največjim razponom hidravlične roke do 6909,8 mm, visok 2566,4 mm in širok 2286 mm. Skupna teža bagra z roko, žlenco in natočenimi tekočinami je 7280,2 kilogramov. Njegov Nissanov štirivaljni dizelski agregat prostornine 2,9 l razvije moč 41,8 kW (56 konjskih moči) pri 2300 vrtljajih na minuto, in zmore največji navor 187,1 Nm. Opremljen je z gumijastimi gosenicami, odzivno desko in široko zajemalno žlenco ter za 360 stopinj vrtljivo kabino. Motor proizvede hrup jakosti (LwA) do 100 dB(A) merjen izven kabine (ropot motorja).

Bager je v lasti strojnika, ki v gozdarstvu dela že 35 let. Star je 54 let, visok 174 cm, tehta 65 kilogramov in je nekadilec. Je samostojni podjetnik in ima mehanizacijo, potrebno za

izgradnjo in vzdrževanje gozdnih vlak in cest. Po potrebi je tudi sekač, da si pripravi in podre odkazano drevje na novi trasi vlake (Takeuchi... 2013).

Na drugem delovišču na Kočevskem so uporabljali večji bager, primeren za zahtevnejši teren – model 323 D znamke Caterpillar na gosenični pogon in z zaprto kabino (slika 2). Modelno leto izdelave stroja je 2008, do meritev je opravil 5120 delovnih ur. Skupna teža stroja s serijsko žlico in z vsemi tekočinami je 23.400 kilogramov. Poganja ga motor prostornine 6,4 l z močjo 110 kW (150 konjskih moči), ki pri 1800 vrtljajih na minuto razvije 206 Nm navora. Motor izpolnjuje pogoje za uvrstitev v evro III, okoljskih norm o emisijah motorjev z notranjim izgorevanjem. Emisija hrupa (LwA), ki ga povzroča bager zunaj kabine je 102 dB(A). Največji razpon hidravlične roke znaša 9440 mm, motor prenaša moč na železne gosenice, kabina se vrti za 360 stopinj. Višina bagra je 3050 mm, dolžina kabine 3650 mm in širina 2750 mm. Širina podvozja na zunanjih straneh gosenic je 2380 mm, dolžina pa 4450 mm. Strojnik v gozdarstvu dela 7 let. Star je 30 let, visok 176 cm, tehta 88 kilogramov in je kadilec (podatek je pomemben, ker kadilci dlje časa delajo ob odprtem oknu in so izpostavljeni večjemu ropotu), (Cat... 2013).



Slika 2: Caterpillar 323D, (Foto Šterbenk L.)

### 4.3 OPIS METODE SNEMANJA

#### 4.3.1 Merilni inštrumenti in njihova namestitvev med delom

Za merjenje ropota smo na obeh strojih uporabili ista inštrumenta; merilnik zvoka znamke Brüel & Kjaer 2250, ki poleg drugih parametrov beleži ekvivalentno jakost ropota z A - filtrom (LAeq (dB(A))), ekvivalentno impulzivno jakost ropota uteženo z A - filtrom (LA1eq (dB(A))) in konično vrednost jakosti ropota utežene s C – filtrom (LCpeak (dB(C))) in pripadajoči mikrofoni Brüel & Kjaer 4189.

V obeh delovnih strojih smo poskušali merilne naprave namestiti približno na enaka mesta za čim boljše primerjavo podatkov. Tako smo merilnik ropota postavili za strojnikov sedež, mikrofoni pa z vakuumsko sponko pritrdili na zadnje steklo stroja 10 – 15 cm od glave strojnika. Merilnik in mikrofoni sta bila povezana s kablom, ki strojnika ni oviral pri delu, saj smo ga na zadnje steklo pričvrstili z lepilnim trakom.

Obremenitev s tresenjem smo merili z merilnikom tresenja Brüel & Kjaer 4447, ki beleži jakosti tresenja v vseh treh smereh (RMS X, Y, Z ( $m/s^2$ )) utežene s pripadajočimi filtri za celo telo ( $W_d$ ,  $W_k$ ) in vektorsko jakost tresenja (RMS VTV ( $m/s^2$ )).

Adapter Brüel & Kjaer 4515 B002 z akcelometrom Brüel & Kjaer 4524 smo namestili na sredino sedeža, saj je okrogel in gumijast, tako da strojnik na njem sedi. Adapter akcelometra je bil vedno usmerjen tako, da je X os kazala v smer vožnje, Y os pa je bila prečno na njo. Kabelska povezava med merilnikom in gumijastim adapterjem je bila nameščena tako, da strojnika ni ovirala pri delu.

#### 4.3.2 Obremenitve in dopustne mere

Varstvo pri delu je v Sloveniji opredeljuje Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Ul. RS, št. 43/2011). Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 7/2001) in o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (Ur. l. RS št. 94/2005) sta sestavljena v skladu z Direktivo Evropskega

parlamenta in Sveta 2003/10/ES z dne 6. februarja 2003 o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup).

V 3. členu Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2011) so določene mejne vrednosti izpostavljenosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti v osemurnem delavniku ter naslednje konične ravni zvočnih tlakov:

a) mejni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za  $L(EX,8h) = 87 \text{ dB(A)}$  in  $p(\text{peak}) = 200 \text{ Pa}$  ( $140\text{dB(C)}$ ) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ ;

b) zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za  $L(EX, 8h) = 85 \text{ dB(A)}$  in  $p(\text{peak}) = 140 \text{ Pa}$  ( $137 \text{ dB(C)}$ ) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ ;

c) Spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti:

ločeno za  $L(EX, 8h) = 80 \text{ dB(A)}$  in  $p(\text{peak}) = 112 \text{ Pa}$  ( $135 \text{ dB(C)}$ ) glede na referenčni tlak  $20 \mu\text{Pa}$ .

V skladu s Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2011) smo v raziskavi obravnavali konično raven zvočnega tlaka ( $LC_{\text{peak}}$ ), ki je maksimalna vrednost C – vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka, merjenega v dB(C), ekvivalentno jakost ropota in srednjo vrednost jakosti ropota, ki ustreza fiziološkemu učinku nihajočega ropota v odvisnosti od časovnih obdobj in jakosti ropota. Za vrednotenje obremenitev smo izračunali za  $LA_{\text{eq}}$  kor. oziroma  $L_{EX(8h)}$ , kjer je prikazana izpostavljenost v osem urnem delavniku, ki poleg ekvivalentne jakosti ropota ( $LA_{\text{eq}}$ ) upošteva tudi impulzivno jakost ropota ( $LA_{\text{Ieq}}$ ). Če je razlika med njima večja kot  $2 \text{ dB(A)}$  se  $LA_{\text{eq}}$  prišteje razlika, če je razlika večja od  $6 \text{ dB(A)}$  se prišteje  $6 \text{ dB(A)}$ . Večje kot je impulzivno nihanje, večja je razlika med kazalnikoma. Če sta kazalnika enaka impulzivnega zvoka ni. Pri izračunih je pomembno, da sta oba kazalnika merjena istočasno.

Na podlagi Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu (2011) so opredeljene mejne in dopustne vrednosti tresenja, katerim je lahko izpostavljen delavec v 8 delovnih urah. V pravilniku je naveden tudi potek zdravstvenega nadzora in možnost informiranja delavcev.

Za potrebe naše raziskave smo uporabili mejne vrednosti tresenja celotnega telesa. To so mehanske vibracije, ki ob prenašanju na telo preko stopal, zadnjice in hrbta predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti pogoste so težave s križem in poškodbe hrbtenice.

V 4. členu Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracij pri delu (2005) so navedene opozorilne vrednosti izpostavljenosti za vibracije celotnega telesa, ki so:

- mejna vrednost dnevne izpostavljenosti normalizirana na referenčno obdobje osmih ur je  $1,15 \text{ m/s}^2$ ,
- opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na normalno referenčno obdobje osmih ur je  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

Ocena ravni izpostavljenosti temelji na izračunu dnevne izpostavljenosti osmih ur v vektorski smeri tresenja. Izražen je kot ekvivalentni nepretrgani pospešek skozi osemurno obdobje. Temelji na izračunu efektivne vrednosti pospeška ali vrednost največje doze vibracije. Ocena ravni izpostavljenosti se sme opraviti tudi na podlagi ocene, temelječe na informacijah, ki jih glede na ravni emisije uporabljene delovne opreme predložijo proizvajalci in na podlagi specifičnih delovnih postopkov ali meritev (Pravilnik ...o vibracijah, 2005).

#### **4.3.3 Opis poteka meritev**

Prvi terenski dan na Koroškem smo s snemanjem začeli ob osmi uri zjutraj. Pred namestitvijo inštrumentov smo se pogovorili s strojnikom, ki je na kratko razložil, katere so glavne delovne operacije, ki se bodo dogajale – za lažjo izdelavo časovne študije in okvirni potek delovnega dneva.

Merilne aparate smo začeli nameščati ob začetku časovne študije in to upoštevali kot zastoj zaradi meritev. Preverili smo, da merilne naprave strojnika ne ovirajo, nato smo začeli z merjenjem. Opisovanje delovnih operacij in časovna študija sta potekala z varne razdalje in



dobrim pregledom nad vsem delom strojnika. S svojo prisotnostjo strojnika nismo želeli motiti, tako da je lahko normalno in utečeno opravljal svoje delo. Po preizkusu delovanja naprav smo začeli z delom. Označili smo mesto, kjer je strojnik nadaljeval z gradnjo delno že izdelane vlake, tako smo po končanem snemanju lahko izmerili dolžino novo zgrajene vlake, izdelane v času naših meritev. Merilni inštrumenti so delovali brezhibno, strojnik pa ni imel težav z našo prisotnostjo in je delal v svojem normalnem ritmu. Tudi med našo študijo in opisom ni prišlo do nobenih težav. Za boljši pregled v računskem delu smo beležili strojnikovo prisotnost v kabini, saj je med posameznimi operacijami le-to moral zapustiti (privezovanje, odvezovanje sortimentov). Tekom snemanja se je dogajalo tudi, da je odprla vrata zaradi zračenja ali zaradi operacij, pri katerih je moral zapustiti kabino. Med samo gradnjo vlake je strojnik imel vrata bagra ves čas zaprta. Merilne naprave so beležile tudi čas malice in zaključni čas meritev.

Na Kočevskem smo z delom začeli ob devetih zjutraj. Strojnik je moral pred začetkom dela doliti gorivo in stroj prestaviti do delovišča. Po kratkem posvetu glede poteka dela smo v kabino začeli nameščati merilne naprave. Pozorni smo bili, da smo jih postavili podobno kot na Koroškem.

Merjenje se je začelo brez večjih zaostankov in strojnik je začel z delom malo po deseti uri. Zaradi položnega terena smo časovno študijo lahko izdelali v varni oddaljenosti od stroja in brez da bi ovirali delavca. Enako kot na Koroškem smo tudi tu v časovni študiji beležili ali so vrata na stroju med delom odprta ali zaprta. Vrata so bila ves čas zaprta, razen pri menjavi orodja na bagru.

Med meritvami, je na obeh terenskih dneh bil vedno prisoten pomočnik iz oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, ki je skrbel za pravilo nameščanje inštrumentov in dajal koristne napotke glede časovne študije in beleženja.

#### **4.3.4 Opis časovne študije in delovnih operacij**

Za potrebe ugotavljanja obremenitev strojnika z ropotom in s tresenjem smo vzporedno opravili časovno študijo strojnikovega dela. Z njo smo hoteli ugotoviti koliko delovnega

časa porabi strojnik za posamezno delovno operacijo. Cilji študije časa so lahko tudi drugi, kot npr. ugotavljanje strukture delovnega časa zaradi deležev dodatnega časa, izkoriščenosti naprav, obremenjenosti delavcev, ali pa ugotavljanje logičnega zaporedja dogodkov v delovnem procesu (Košir, 1996).

Pri našem merjenju na terenu smo uporabljali kontinuirano metodo študije časa. Za to metodo je značilno, da se časi merijo nepretrgano od začetka do konca, obenem pa se beležijo še vmesni časi posameznih delovnih operacij.

Na Koroškem smo zabeležili dve podfazi, ki smo jih poimenovali izgradnja vlake in predspravilo. V podfazo izgradnje vlake smo uvrstili izkop, izkop panjev, izravnava z odzivno desko in priprava terena. V podfazi predspravila pa so bile delovne operacije rampanje, polna vožnja, prazna vožnja in vezanje/odvezovanje.

Na Kočevskem smo določili fazo, gradnje vlake. V to fazo spadajo delovne operacije premik, priprava terena, mehansko drobljenje s pnevmatskim udarnim kladivom, groba izravnava z udarnim kladivom, premik + mehansko drobljenje, premik + fina izravnava z izkopno žlico, čiščenje terena in zastoj zaradi delovnih sredstev (menjava orodja).

Za nedvoumno razumevanje posameznih delovnih operacij so le-te v nadaljevanju podrobneje opisane.

Koroška

Gradnja vlake:

- Izkop: je izkopavanje prsti z izkopno žlico bagra, izdelava mešanega prečnega profila vlake z zasekom v odkopno brežino in podsipanjem nasipne brežine.
- Izkop panjev: preden je strojnik lahko začel z izkopom vlake, je moral odstraniti panje, na trasi vlake, ki so ostali po sečnji. Te je podlagal na peto nasipa vlake kot oporo za vozišče.

- Priprava terena: v to operacijo smo vključili odmikanje vej, sečnih ostankov in sortimentov, ki so ležali na trasi vlake. Veje in sečne ostanke je enako kot panje uporabil za peto nasipa.
- Izravnavo z odzivno desko: je operacija oblikovanja osnovnega profila vlake ali oblikovanja planuma, ki je na vlaki hkrati vozišče. Pri tem si strojnik pomaga tudi z izkopno žlico.

#### Predspravilo:

- Vezanje/odvezovanje: med vezanjem sortimentov na hidravlično roko, strojnik zapusti kabino in z jekleno vrvjo pripne sortimente. Pri odvezovanju je vrstni red dela enak, le da sortimente odpne na zbirnem mestu.
- Rampanje: strojnik z odzivno desko bagra sortimente zrine na kup.
- Polna vožnja: pri polni vožnji strojnik s strojem po vlaki vlači pripete sortimente do zbirnega mesta.
- Prazna vožnja: vožnja od zbirnega mesta sortimentov do delovišča, ali kakršen koli premik po trasi, brez privezanih sortimentov. Prazna vožnja je tudi vsak premik z bagrom po delovišču.

#### Kočevska

##### Gradnja vlake;

- Premik: premik stroja med posameznimi delovnimi operacijami.

- Priprava terena: je odmikanje večjih ostankov s trase vlake, kot so vrhi posekanih dreves, ruvanje panjev, v nekaterih primerih tudi podiranje polomljenega drevja s hidravlično roko. Pri tem se panje uporabi kot podlaga za peto nasipa, na mestih kjer je to potrebno.
- Mehansko drobljenje s pnevmatskim udarnim kladivom: drobljenje kamnite podlage s pnevmatskim udarnim kladivom na hidravlični roki bagra in rahljanje planuma trase.
- Premik + mehansko drobljenje: je hitra, težko časovno odmerljiva delovna operacija, zato smo združili premikanje in mehansko drobljenje. Je le kratko drobljenje kamnine med premikom oz. manjši popravki, na že izdelanem delu vlake.
- Groba izravnava z udarnim kladivom: je izravnava terena z vodoravno postavljenim pnevmatskim kladivom. Podobna operacija kot premik + mehansko drobljenje, le da stroj pri tem miruje, pnevmatsko kladivo pa uporablja le kot odzivno desko.
- Premik + fina izravnava z izkopno žlico: delo z izkopno žlico – obdelava planuma vlake. Z žlico popravlja zadnje nepravilnosti na trasi, ki so nastale zaradi mehanskega drobljenja (vbokline, izbokline) in z njo prelaga material, da je površina čim bolj ravna in prevozna.
- Čiščenje terena: je odmikanje manjših sečnih ostankov, vej na rob trase, da niso nametane po vlaki.
- Zastoj zaradi delovnih sredstev (menjava orodja): za grobo izravnavo je potrebna izkopna žlica, to pa mora strojnik sam namestiti. Menjava poteka na mestu, kjer je odložena žlica. Strojnik najprej ročno odklopi pnevmatsko kladivo, nato pa s pomočjo hidravlične roke le-tega odloži na tla. Izkopno žlico najprej priklopi s pomočjo hidravlične roke, nato pa priključi potrebna vodila in operacija je zaključena.

Za snemanje časovne študije smo uporabili posebej pripravljene snemalne liste, kjer smo zapisovali delovne operacije in njihovo trajanje. Pod opombe smo dodajali delovne operacije ali dogodke, ki se v prejšnjih postopkih niso pojavljali in so po načinu in izdelavi izstopali od videnega.

#### **4.3.5 Potek dela**

Na Koroškem smo z delom začeli po namestitvi merilnih inštrumentov. Med pripravo smo že začeli s časovno študijo. Strojnik je z delom začel, takoj ko smo zaključili s pripravami v kabini. Skozi ves dan so si delovne operacije sledile v zaporednih ciklih. Vsak cikel se je začel s privezovanjem že izdelanih sortimentov, ki so ležali na trasi še neizdelane vlake. Strojnik jih je z jekleno vrvjo pripel na hidravlično roko in jih z bagrom odvedel na zbirno mesto, oddaljeno 30 metrov od konca vlake. Tam je izstopil iz kabine in sortimente odpel. Po njihovem odpenjanju jih je po potrebi zložil z odzivno desko. Sledila je prazna vožnja do roba trase. Delo se je nadaljevalo z izkopno žlico, s katero je odmaknil vse sečne ostanke in jih potisnil na zunanji rob planuma, kjer so kasneje služili kot podlaga za peto nasipa. Nato je z žlico na hidravlični roki odkopal in izruval panje, ki so ostali po sečnji in jih enako kot sečne ostanke podlagal na spodnji del planuma za peto. Sledila je izdelava mešanega profila vlake, najprej izdelava odkopne brežine iz katere je material nasipal na nasipno brežino. Rob odkopne brežine in vlake je bil na zgornji stani označen s količki, višina planuma pa na drevesnih deblih. Ko je zaključil z izkopom, je z odzivno desko izravnal nepravilnosti na vlaki, se prestavil na konec vlake in ponovil cikel z novim privezovanjem sortimentov. Strojnik je zaprto kabino zapustil le med privezovanjem in odvezovanjem sortimentov. Med glavnim odmorom je bil motor stroja izključen.

Na Kočevskem se je delo z bagrom ločilo na dva dela. V prvem delu dneva je strojnik uporabljal le pnevmatsko udarno kladivo. Tudi tu so delovne operacije potekale v enakomernem ciklu. Najprej se je z bagrom postavil na konec že izdelane vlake in začel z odmikanjem vej in sečnih ostankov s trase. Te je enostavno odrinil s pnevmatskem kladivom na obe strani vlake. Ostankov ni bilo veliko, saj so bili lepo zloženi na kupe, napoti je bila le kakšna veja, največ dela so zahtevali panji. Strojnik jih je večino izruval iz zemlje, pnevmatsko udarno kladivo, pa mu je služilo kot vzvodna ročica. Večje, starejše in boljše

zakoreninjene panje je najprej s pnevmatskim udarnim kladivom zdrobil na manjše kose in jih nato izruval iz podlage. Kjer je bilo potrebno, si je sečne ostanke in dele panjev podlagal v peto nasipa. Sledilo je mehansko drobljenje kamnine. Z udarnim pnevmatskim kladivom je večje skale zdrobil najprej v večje kose, jih razporedil po trasi in jih še zmanjšal z dodatnim drobljenjem. Nato je udarno kladivo postavil pod kotom in z njim na grobo razporedil kamenje in prst, da se je lahko s strojem premaknil naprej in nadaljeval z odmikanjem sečnih ostankov, pripravo terena ter drobljenjem kamenja. Velikokrat je sočasno s premikom na hitro popravil že izdelan del vlake s kratkim drobljenjem ali grobo izravnavo. Strojnik je bil ves čas v kabini, zapustil jo je le zaradi osebnih potreb in med menjavo delovnih priključkov na hidravlični roki. Ko je vlako izdelal do priključka na gozdno cesto, se je s strojem vrnil do mesta z gradbeno opremo in pnevmatsko kladivo zamenjal za široko izkopno žlico. Menjava nastavka na roki je potekala deloma ročno in deloma s pomočjo stroja. S pritrjenim novim orodjem se je s strojem premaknil do mesta, kjer je začel z gradnjo vlake in začel z izkopno žlico fino izravnavo. Z žlico je zajemal kamenje in prst ter polnil luknje, ki si še ostale na trasi. Na bagru ni imel odrivne deske, zato je površino izravnaval z žlico. Teren je ravnal tudi med premikanjem stroja po vlaki.

#### 4.4 OBDELAVA PODATKOV

Vse dobljene podatke terenskih dni smo prenesli v Microsoft Excel, s katerim smo izdelali tudi vse izračune, grafe in preglednice. Najprej smo glede na potek delovnih operacij do sekunde natančno prenesli časovno študijo za oba snemalna dneva. Za izračun in prikaz rezultatov nismo uporabili vseh, z merilnimi inštrumenti izmerjenih vrednosti, ampak le tiste, pomembne za našo raziskavo. Govorimo o kazalnikih maksimalna vrednost C-vrednotenega trenutnega zvočnega tlaka ( $LC_{peak}$ ), ekvivalenta jakost ropota ( $LA_{eq}$ ) in pa kazalnik, kjer se upošteva tudi prisotnost impulznega hrupa ( $LA_{Ieq}$ ). Za izračun obremenitev s tresenjem smo uporabili efektivne vrednosti pospeškov (RMS), po vseh treh smereh tresenja, v aksialni (RMS X), horizontalni (RMS Y) in vertikalni smeri (RMS Z) ter rezultanto oziroma vektorsko velikost tresenja (RMS VTV).

Izmerjene podatke smo uskladili s časovno študijo, da smo lahko določili katere izmere sodijo h kateri delovni operaciji. Izmerjene podatke smo v časovno študijo vnesli ob začetku

merjenja naprav, ne pa ob začetku časovne študije. Upoštevati smo morali tudi časovni zamik merilne naprave zvoka, znamke Brüel & Kjaer 2250, ki znaša štiri sekunde. Vsaka vrstica v preglednici predstavlja eno sekundo.

Za izračun obremenitve z ropotom smo uporabili srednjo vrednost jakosti ropota (ekvivalentna jakost ropota), ki ustreza fiziološkemu učinku nihajočega ropota. Izračuna se po enačbi 1.

$$LA_{eq} = \left( \frac{\sum(t_i \times 10^{0,1L_i})}{\sum t_i} \right) \quad \dots(1)$$

Za izračun obremenitve osem urni izpostavljenosti (LEX(8h)) z ropotom smo glede na pravilnik izračunali razliko med kazalnikoma LAI<sub>eq</sub> in LA<sub>eq</sub>: Izmerjeni ekvivalentni jakosti ropota smo prišteli razliko, ko je le ta večja od 2 dB(A) in manjša od 6 dB(A), ko je razlika večja od 6 dB(A) ekvivalentni jakosti ropota prištejemo 6 dB(A). Tako dobljene rezultate smo označili kot LA<sub>eq</sub> kor.

Pri izračunu obremenitev s tresenjem po frekvenčnih pasovih smo morali izmerjene vrednosti prilagoditi občutljivosti človekovega ušesa z uporabo zvočnega filtra A po enačbi 2.

$$A: Ra(f) = \frac{12200^2 \times f^4}{(f^2 + 20,6^2) \times (f^2 + 12200^2) + \sqrt{f^2 + 107,7^2} \times \sqrt{f^2 + 737,9^2}} \quad \dots(2)$$

Obremenitve s tresenjem v aksialni (RMS X), horizontalni (RMS Y), vertikalni smeri (RMS Z) in vektorski velikosti (RMS VTV) smo izračunali s tehtano kvadratno sredino po enačbi 3.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum(RMS_i \times t_i)}{\sum t_i}} \quad \dots(3)$$

## 5 REZULTATI

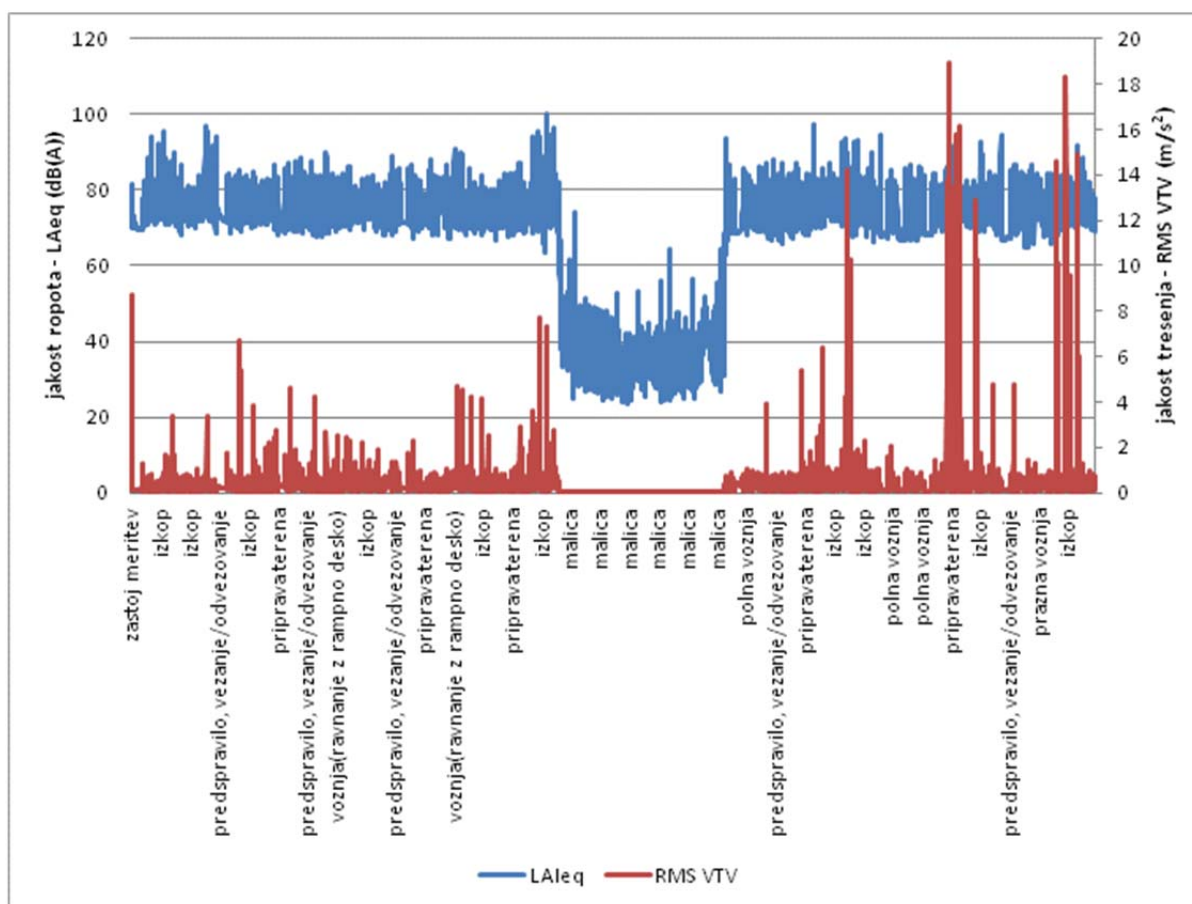
### 5.1 POTEK OBREMENITEV SKOZI DELOVNIK

S potekom obremenitev med celotnim delovnikom smo želeli pokazati, kje prihaja do največjih razlik med posameznimi operacijami na istem terenu in kakšne so razlike med podlagami na Koroškem in Kočevskem.

Na slikah 3 in 4 so zajeti celotni podatki posameznih krajev in podani z vrednostmi; jakost ropota v  $L_{Aeq}$  (dB(A)) in jakost tresenja v RMS – VTV ( $m/s^2$ ). Na ordinatni osi so delovne operacije glede na časovno študijo.

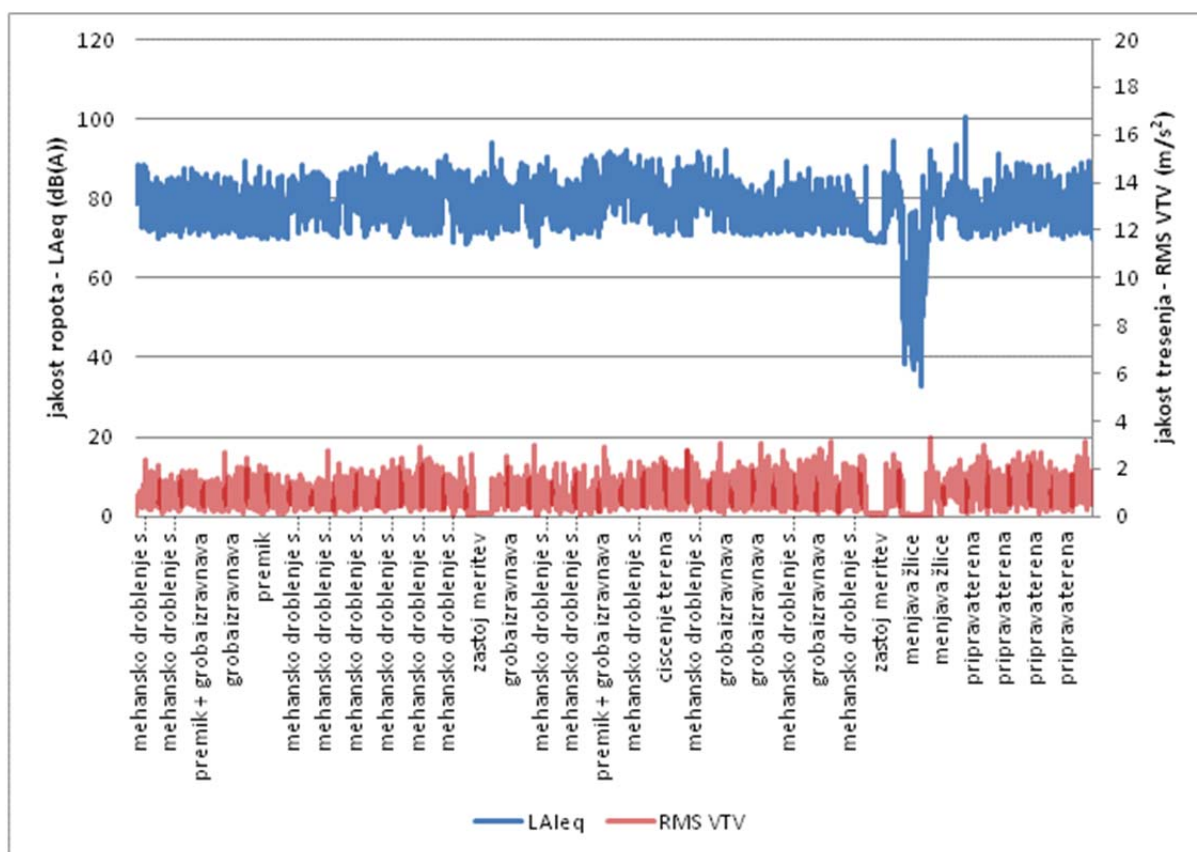
Slika 3 prikazuje obremenitve z ropotom in tresenjem na Koroškem. Jasno so vidne razlike med posameznimi delovnimi operacijami, najbolj izstopa glavni odmor (malica), kjer so vednosti jakosti ropota med 24 dB(A) in 78 dB(A). Ti podatki, kakor tudi vsi ostali podatki veljajo za ropot v kabini. V produktivnem času se raven ropota med celotnimi meritvami enakomerno giblje med 64 dB(A) in 101 dB(A). Vidne so razlike prehodov za višje vrednosti jakosti ropota pri posameznih delovnih operacijah. Do največjih obremenitev prihaja med izkopom in pripravo terena. Pri meritvah tresenja celega telesa prihaja do večjih nihanj med različnimi operacijami, kar se kaže skozi celotno merjenje. Vrednosti se gibljejo od  $0 m/s^2$  do  $19 m/s^2$ . Največje jakosti tresenja so pri izkopu, izkopu panjev in pripravi terena. Do tega prihaja, ker se izkopna žlica pregloboko vkoplje v zemljo in pri dvigovanju premakne celoten bager. Do podobnih obremenitev prihaja tudi pri pripravi terena in izkopu panjev.





Slika 3: Jakosti ropota in tresenja po delovnih operacijah Koroškem.

Slika 4 prikazuje obremenitve z ropotom in tresenjem na Kočevskem. Razvidno je, da tako pri ropotu kot pri tresenju prihaja do znatno manjših nihanj med posameznimi operacijama, na kar lahko vpliva tudi velikost stroja. Jakost ropota se giblje od 34 dB(A) do 102 dB(A). Največja sprememba jakosti ropota je med menjavo orodja na hidravlični roki bagra, kjer je razvidno, da je med operacijo motor stroja bil ugasnjen. Raven tresenja se giblje med  $0,4 \text{ m/s}^2$  in  $3 \text{ m/s}^2$ . Tudi v tem primeru je lepo razvidna menjava orodja, kjer strojnik ni v kabini in je motor ugasnjen. Enako je opaziti med zastojem meritev, ko strojnik zgolj sedi v prižganem stroju in nič ne dela.



Slika 4: Intervalne ocene jakosti ropota in tresenja po delovnih operacijah na Kočevje.

## 5.2 MERITVE IN ANALIZE ROPOTA

Dobljene rezultate smo podali v dveh sklopih preglednic, ločeno glede na kraj opravljenih meritev. V prvem sklopu so podani podatki za dejanski odmerjen čas na Koroškem in v Kočevju, v drugem pa so na podlagi merjenih časov izračunane obremenitve na strojnika v kabini. Do razlik prihaja zaradi obremenitev v neproduktivnem času, saj v Kočevju med merjenjem ni bilo glavnega odmora (malica). Zato je obremenitev delavca med neproduktivnim časom znatno manjša kot na Koroškem.

V preglednicah 1 in 2 se pojavlja oznaka np. To pomeni, da med delovnim elementom ni bilo mogoče izmeriti obremenitve delavca, ker le-ta ni bil v stroju, vsi merilni inštrumenti so bili namreč nameščeni v notranjosti kabine.

Analize obremenitev so pokazale, da so bile največje trenutne jakosti ropota (LCpeak) pri različnih delovnih operacijah na Koroškem (preglednica 1) od 114,7 dB(C) do 129,33 dB(C) na Kočevskem (Preglednica 2) pa od 121,54 dB(C) do 128,42 dB(C). Na Koroškem so najvišje vrednosti trenutne jakosti ropota med prazno vožnjo 129,33 dB(C) in izkopom 127,28 dB(C). Do tako visokih vrednosti prihaja najverjetneje zaradi visokih vrtljajev motorja, pri polni vožnji z dodajanjem plina ter obremenitvi zaradi teže sortimentov, med izkopom pa zaradi avtomatskega uravnavanja vrtljajev motorja in poviševanja le teh pri izkopu trše zemlje. Med rampanjem zaradi počasne vožnje in nežnega odiranja sortimentov ni prihajalo do višjih vrednosti od 114,77 dB(C). Na Kočevskem izstopajo tri delovne operacije; mehansko drobljenje s pnevmatskim udarnim kladivom (128,42 dB(C)), premik + fina izravnava z izkopno žlico (126,08 dB(C)), kjer prihaja do velikega trenja med orodjem na roki in skalami pod obremenitvijo motorja za prestavljanje ali drobljenje večjih skal in med premikom (126,22 dB(C)) na kar vpliva hitrost vožnje in posledično višji vrtljaji motorja. Vpliv imajo tudi kovinske gosenice, ki ne dušijo zvoka. Čiščenje in priprava terena sta na Kočevskem povzročala najnižje jakosti ropota (121,54 dB(C)) in (121,86 dB(C)), saj je obremenitev stroja med operacijama najmanjša. Razlike najvišjih in najnižjih vrednosti trenutnih jakosti ropota med delovnimi operacijami so bile na Koroškem 7,79 dB(C) in na Kočevskem 6,88 dB(C).

Na terenu smo v sklopu meritev beležili tudi, kdaj je strojnik med delom imel vrata odprta in kdaj zaprta. Ugotovili smo le manjše razlike. Na Koroškem se je ropot med izkopom ob odprtih vratih povečal s 74,26 dB(A) na 74,40 dB(A), na Kočevskem pa se je jakost ropota pri mehanskem drobljenju s pnevmatskim kladivom ob odprtih vratih celo znižala, in sicer z 79,59 dB(A) na 79,4 dB(A).

Izmerjena impulzivna dinamika ropota (LA<sub>Ieq</sub>) kaže, da se vrednosti gibljejo od 77,74 dB(A) do 79,92 dB(A) na Koroškem in od 76,45 dB(A) do 83,35 dB(A) na Kočevskem. Na Koroškem izstopajo tri delovne operacije; izkop, polna in prazna vožnja. Najglasnejša od teh je polna vožnja (79,92 dB(A)), sledita izkop (79,65 dB(A)) in prazna vožnja (79,21 dB(A)). Tudi do teh vrednosti prihaja zaradi večje obremenjenosti s hrupom motorja, kar je najbolj očitno pri polni vožnji, med vleko sortimentov. Najnižje vrednosti so med pripravo terena in dosegajo 77,74 dB(A). Največje vrednosti na Kočevskem smo izmerili med mehanskim

drobljenjem s pnevmatskim kladivom (82,95 dB(A)) in med operacijo premik + mehansko drobljenje (83,33 dB(A)), kar nam pove, da so impulzivne vrednosti najvišje pri uporabi mehanskega udarnega kladiva, ko ta drobi skale in hrup motorja med premikanjem. Najmanjšo vrednost smo zabeležili pri grobi izravnavi z udarnim kladivom (78,37 dB(A)), kjer stroj miruje in ravna teren s hidravlično roko. Pri tej operaciji je motor le malo obremenjen. Razlike med najvišjimi in najnižjimi vrednosti impulzivne dinamike ropota med delovnimi operacijami so znašale na Koroškem 2,18 dB(A) in na Kočevskem 6,88 dB(A). Ekvivalentna jakost ropota ( $L_{Aeq}$ ) se je na Koroškem gibala od 69,41 dB(A) do 77,20 dB(A), na Kočevskem pa od 72,67 dB(A) do 79,86 dB(A). Tako kot pri impulzivni jakosti ropota sta bili najglasnejši delovni operaciji na Koroškem polna vožnja (77,20 dB(A)) in prazna vožnja (76,12 dB(A)), ki jih povzročata motor. Na Kočevskem sta najglasnejša premik z mehanskim drobljenjem (79,86 dB(A)) in mehansko drobljenje s pnevmatskim udarnim kladivom (79,59 dB(A)). Najmanjšo ekvivalentno jakost ropota je na Koroškem povzročala priprava terena, (77,74 dB(A)) na Kočevskem pa čiščenje terena (76,45 dB(A)). Razlike med najvišjimi in najnižjimi vrednostmi ekvivalentne jakosti ropota med delovnimi operacijami so bile na Koroškem 4,5 dB(A) in na Kočevskem 7,19 dB(A).

Korigirana ekvivalentna jakost ropota se uporablja za vrednotenje obremenitev z ropotom, saj upošteva impulzivno dinamiko ropota in ekvivalentno jakost ropota. V primeru, da impulzivnega zvoka ni, sta si kazalnika  $L_{A_{Ieq}}$  in  $L_{Aeq}$  enaka. Večja kot je razlika med kazalnikoma, večje je nihanje impulzivnega zvoka. Na Koroškem prihaja do razlik med 1,47 dB(A) in 5,39 dB(A). Največje razlike med  $L_{A_{Ieq}}$  in  $L_{Aeq}$  so pri izkopu (5,39 dB(A)), izkopu panjev (5,02 dB(A)) in pri pripravi terena (5,04 dB(A)). Do tako močnih impulzivnih nihanj prihaja najverjetneje zaradi različnih obremenjenosti stroja in vpliva glasnosti motorja, katerega obremenitev je odvisna od delovne operacije. Najmanjša razlika med kazalnikoma je med prazno vožnjo kjer znaša 1,47 dB(A). Na Kočevskem so največje razlike med pripravo terena (5,95 dB(A)), operacija premik + fina izravnavna z izkopno žlico (4,62 dB(A)) in med premikom (4,43 dB(A)). Za močno prisotnost impulzivnega zvoka na Kočevskem bi lahko izpostavili tudi podlago in železne gosenice, s katerimi se premika bager, saj so obremenitve največje med premikanjem. Zanimivo je, da do najmanjših razlik prihaja med mehanskim drobljenjem s pnevmatskim kladivom (3,36 dB(A)). Na Koroškem se vrednosti  $L_{Aeq}$  kor. gibljejo od 76,23 dB(A) do 78,95 dB(A) na Kočevskem pa od 75,75

dB(A) do 82,23 dB(A). Na Koroškem je po tem kazalniku najglasnejša polna vožnja (78,95 dB(A)) in na Kočevskem premik z mehanskim drobljenjem (82,23 dB(A)), ki za 2,23 dB(A) presega spodnjo opozorilno mej. Najtišja delovna operacija na Koroškem je priprava terena (76,23 dB(A)) in na Kočevskem pa (75,75 dB(A)) čiščenje terena. Razlike med najvišjimi in najnižjimi vrednostmi korigirane ekvivalentne jakosti ropota med posameznimi operacijami so na Koroškem 2,72 dB(A) in na Kočevskem 6,48 dB(A).

### 5.3 MERITVE IN ANALIZE TRESENJA

Na Koroškem smo izmerili najmanjšo vrednost tresenja v aksialni (RMS X) smeri med rampanjem  $0,01 \text{ m/s}^2$ . V celotnem dnevu nismo v tej smeri zabeležili večjih vrednosti, kot jih predpisuje zakon o varovanju zdravja. Najvišje so bile med pripravo terena ( $0,37 \text{ m/s}^2$ ). V horizontalni smeri (RMS Y) je med pripravo terena in izkopom presežena opozorilna vrednost, saj obremenitve dosežejo  $0,67$  in  $0,54 \text{ m/s}^2$ . Do tega prihaja najverjetneje zaradi obračanja kabine levo in desno med odmikanjem vej, izkopom in prelaganjem materiala. Ostale obremenitve v tej smeri se gibljejo od  $0,17 \text{ m/s}^2$  pri izravnavi z odzivno desko do  $0,20 \text{ m/s}^2$  med polno vožnjo. V vertikalni smeri (RMS Z) opozorilno vrednost prekorači priprava terena  $0,55 \text{ m/s}^2$ , najverjetneje zaradi poskakovanja kabine gor in dol med odmikanjem vej in gladenjem terena z izkopno žlico. Vrednosti pri ostalih operacijah se gibljejo od  $0,26 \text{ m/s}^2$  pri polni vožnji do  $0,47 \text{ m/s}^2$  med izkopom. Glede na vektorske vibracije je najbolj izstopala priprava terena ( $1,20 \text{ m/s}^2$ ), ki je edina prekoračila mejno vrednost izpostavljenosti tresenju. Do teh obremenitev prihaja zaradi sunkovitega ustavljanja kabine med odmikanjem vej in sečnih ostankov. Opozorilna vrednost je bila prekoračena pri izkopu ( $0,98 \text{ m/s}^2$ ) in izkopu panjev ( $0,54 \text{ m/s}^2$ ). Do teh obremenitev prihaja najverjetneje zaradi zatikanja izkopne žlice in poskakovanja kabine. Ostale vrednosti jakosti tresenja se gibljejo od  $0,39 \text{ m/s}^2$  do  $0,48 \text{ m/s}^2$ .

Na Kočevskem največje obremenitve s tresenjem v aksialni smeri povzroča premik ( $0,36 \text{ m/s}^2$ ) zaradi premikanja kabine naprej in nazaj med vožnjo po neravni podlagi. Ostale vrednosti se gibljejo od  $0,23 \text{ m/s}^2$  do  $0,35 \text{ m/s}^2$  in nobena ne presega opozorilne vrednosti. V horizontalni smeri obremenitve med delovnimi operacijami premik, priprava terena, groba izravnavna z udarnim kladivom, premik + fina izravnavna z izkopno žlico in čiščenje terena

presegajo opozorilno vrednost in se gibljejo od  $0,51 \text{ m/s}^2$  do  $0,62 \text{ m/s}^2$ . Nastajajo zaradi sunkovitega premikanja celotne kabine levo in desno. V vertikalni smeri obremenitve med vsemi delovnimi operacijami razen čiščenju terena ( $0,47 \text{ m/s}^2$ ) presega opozorilno vrednost in se gibljejo od  $0,54 \text{ m/s}^2$  do  $0,82 \text{ m/s}^2$ . Te se najbolj prenašajo skozi sedež stroja, ko ta poskakuje med izdelavo vlake. Obremenitve s tresenjem v vektorski smeri pri vseh delovnih operacijah presega opozorilno vrednost. Posebaj izstopata premik ( $1,24 \text{ m/s}^2$ ) in priprava terena ( $1,19 \text{ m/s}^2$ ), ki presegata mejno vrednost za tresenje. Vse vrednosti se gibljejo od  $0,94 \text{ m/s}^2$  do  $1,24 \text{ m/s}^2$ . Na to najverjetneje vpliva tako velikost stroja, železne gosenica in trda kamnita podlaga, ki ne blaži tresljajev povzročenih zaradi motorja in delovne opreme stroja. Opazno je tudi povečanje obremenitev s tresenjem zaradi uporabe pnevmatskega udarnega kladiva.



Preglednica 2: Obremenitev delavca z ropotom in s tresenjem med snemanjem na Kočevskem.

kraj	čas	faza	element dela	v kabini (x)	posneti čas	struktura časa	Lcpeak	LAleq	LAeq	Laeq. Kor	RMS X	RMS Y	RMS Z	RMS VTV
				zunaj kabine (0)	(min)	(%)	dB(C)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )
Kočevska	produktiven	gradnja vlake	premik	x	9,2	5,9	126,22	81,12	76,69	80,09	0,36	0,55	0,82	1,24
			priprava terena	x	21,6	13,9	121,86	80,71	74,77	79,02	0,35	0,62	0,66	1,19
			meh. drobljenje s pnevmatskim klad.	x	60,5	38,9	128,42	82,95	79,59	82,09	0,25	0,48	0,61	0,98
			groba izravnava z udarnim kladivom	x	25,0	16,1	121,97	78,37	74,30	77,57	0,29	0,54	0,54	1,01
			premik + groba izravnava	x	5,1	3,3	126,08	79,48	74,86	78,65	0,30	0,57	0,56	1,06
			premik + mehansko drobljenje	x	5,1	3,3	122,98	83,33	79,86	82,23	0,23	0,41	0,63	0,91
			čiščenje terena	x	18,2	11,7	121,54	76,45	72,67	75,75	0,26	0,51	0,47	0,94
	neproduktiven		zastoj zaradi delavca	0	3,4	2,2	np	np	np	np	np	np	np	np
			zastoj zaradi delovnih sredstev	0	4,8	3,1	np	np	np	np	np	np	np	np
			zastoj zaradi delavca	x	0,6	0,4	118,11	77,44	73,12	76,61	0,27	0,39	0,47	0,82
			zastoj zaradi delovnih sredstev	x	2,0	1,3	126,86	82,03	78,32	81,16	0,32	0,41	0,79	1,08
skupaj			<b>produktiven čas</b>	x	144,7	98,3	128,42	81,35	77,55	80,38	0,28	0,52	0,61	1,03
			<b>neproduktiven čas</b>	x	2,6	1,7	126,86	82,03	78,32	81,16	0,15	0,20	0,36	0,51
			<b>delovni čas</b>	x0	155,5	100,0	128,42	81,36	77,56	80,39	0,28	0,51	0,59	1,00



#### 5.4 MODEL OBREMENITEV DELAVCA Z ROPOTOM IN TRESENJEM ZA OSEMURNI DELOVNIK

Na podlagi izmerjenih vrednosti smo izdelali modelne obremenitve za osemurni delovnik (preglednici 3 in 4). Modelni tabeli obremenitev smo izdelali na osnovi dejanskih meritev s terena. Vsakem dnevu smo dodali tudi 30 minut odmora, kateremu smo določili ekvivalentno jakost ropota ( $L_{Aeq}$ ) 50 dB(A), ki naj bi predstavljala vpliv delovnega okolja. Skozi časovno študijo smo beležili tudi, ali je strojnik v kabini ali ne. Ker so vsi merilni inštrumenti bili v kabini, zunaj kabine ni bilo mogoče meriti obremenjenosti z ropotom. Za oceno zunanjšega hrupa smo uporabili podatke o emisiji hrupa, ki jo navajata proizvajalca. Tako smo za povprečno oddaljenost 10 metrov od stroja izračunali, da hrup pri privezovanju in odvezovanju na Koroškem doseže 72 dB(A) in na Kočevskem med menjavo orodja pa 74 dB(A).

Z upoštevanjem izpostavljenosti delavca z ropotom izven kabine smo ugotovili, da se dnevne obremenitve delavca z ropotom ( $L_{Aeq}$ ) v produktivnem času na Koroškem (preglednici 1 in 3) zmanjšajo za 0,38 dB(A) v primerjavi z obremenitvami izmerjenimi na terenu (74,88 dB(A)). V neproduktivnem času je razlika v jakosti ropota 8,04 dB(A) saj se jakost zmanjša iz 69,41 dB(A) na 61,37 dB(A). V osemurnem delovniku je izračunana modelna obremenitev (74,20 dB(A)) za 0,67 dB(A) nižja od izmerjene. S temi modelnimi časi ugotovimo, da strojnik v celotnem delovniku ni preobremenjen z ropotom, saj ne preseže spodnje opozorilne vrednosti za izpostavljenost ropotu.

Tudi na Kočevskem pri modelnih izračunih obremenitve strojnika z ropotom prihaja do razlik če jih primerjamo z obremenitvami izmerjenimi na terenu (preglednici 2 in 4). Te razlike niso tako očitne kot na Koroškem, saj delavec večino osemurnega delovnika dela v zaprti zvočno izolirani kabini. Tako se na Kočevskem med produktivnim časom obremenjenost ropotom 77,55 dB(A) ne spremeni, ker med tem ne zapusti kabine. V neproduktivnem času je obremenjenost zmanjšana zaradi menjave orodja in zadrževanja izven delovnega stroja. Tako se obremenjenost zmanjša iz 78,32 dB(A) na 72,27 dB(A), kar je za 6,05 dB(A) manj od izmerjenih vrednosti. V osemurnem delovnem času je razlika med

obremenitvama 0,42 dB(A), saj glede na izmerjene vrednosti modelna obremenitev strojnika z ropotom zmanjša iz 77,56 dB(A) na 77,14 dB(A). Tudi na Kočevskem strojnik v osem urnem delovniku ne presega spodnje opozorilne vrednosti za izpostavljenost ropotu, vendar se vrednosti gibljejo na meji in bi bila priporočljiva uporaba glušnikov.

Pri modelnih obremenitvah s tresenjem so se obremenitve, zaradi spremenjenega trajanja glavnega odmora spremenile v neproduktivnem času. Na Koroškem je bil glavni odmor z 41,3 skrajšan na 30 minut, kar pripomore, da se obremenitve v celotnem delovnem času osmih ur povečajo iz  $0,71\text{m/s}^2$  na  $0,78\text{ m/s}^2$ .

Na Kočevskem smo morali celotno trajanje glavnega odmora dodati. Zato se je modelna obremenitev strojnika s tresenjem celega telesa zmanjšala iz  $1,00\text{m/s}^2$  na  $0,97\text{ m/s}^2$ .

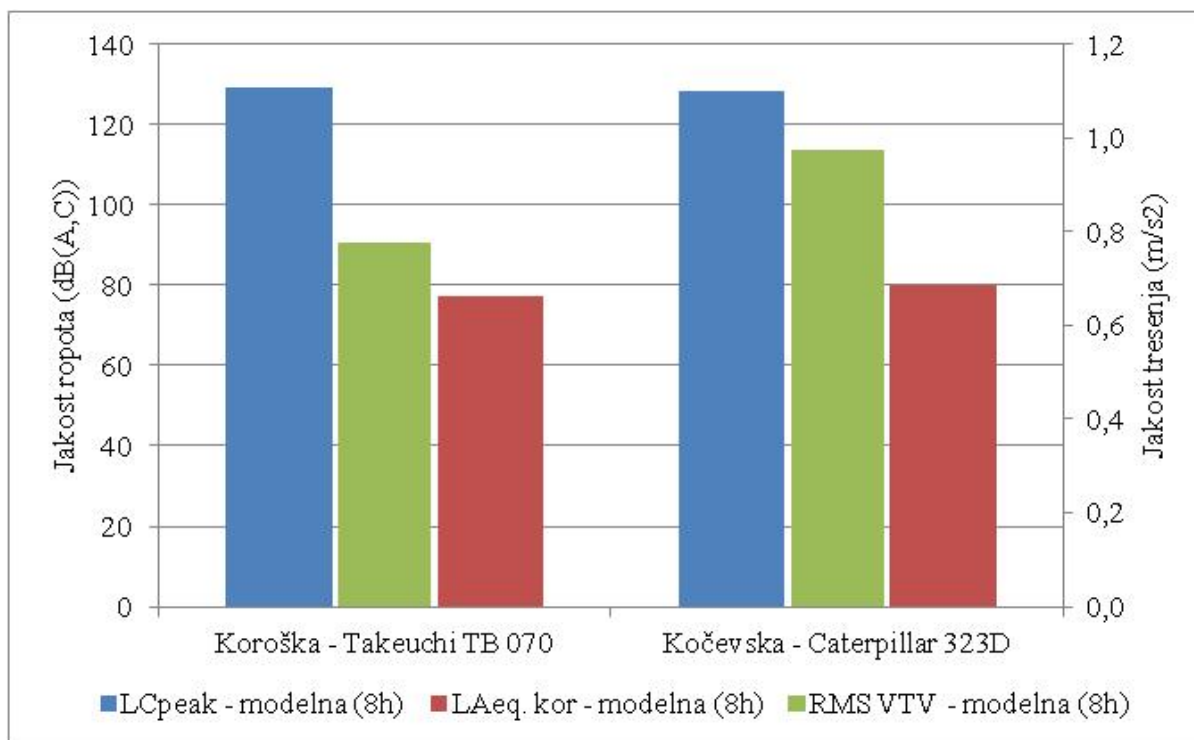
Na obeh deloviščih in strojih obremenitve s tresenjem presegajo opozorilno vrednost ne pa tudi mejne vrednosti za tresenje v osem urnem delovniku.

Preglednica 3: Modelni čas osmih delovnih ur na Koroškem

kraj	čas	faza	element dela	v kabini (x)	posneti čas (min)	modelni čas (min)	struktura časa (%)	LAeq dB(A)	RMS X (m/s <sup>2</sup> )	RMS Y (m/s <sup>2</sup> )	RMS Z (m/s <sup>2</sup> )	RMS VTV (m/s <sup>2</sup> )	
				zunaj kabine (0)									
Koroška	produktiven	gradnja vlake	izkop	x	77,7	175,7	36,6	74,26	0,28	0,54	0,47	0,98	
			izkop panjev	x	5,5	12,5	2,6	72,93	0,27	0,19	0,28	0,54	
			izravnava z odzivno desko	x	10,6	24,0	5,0	75,87	0,10	0,17	0,28	0,39	
			priprava terena	x	29,6	67,0	14,0	72,70	0,37	0,67	0,55	1,20	
			predspravilo	rampanje	x	0,4	0,9	0,2	74,97	0,01	0,18	0,31	0,40
				polna vožnja	x	22,2	50,2	10,5	77,20	0,13	0,20	0,26	0,43
				prazna vožnja	x	17,3	39,0	8,1	76,12	0,22	0,18	0,28	0,48
	neproduktiven		predspravilo, vezanje/odvezovanje	0	34,2	77,4	16,1	72,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			zastoj zaradi delavca	0	0,9	2,0	0,4	72,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			glavni odmor	0	41,3	30,0	6,3	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			zastoj zaradi delavca	x	0,6	1,3	0,3	69,41	0,01	0,18	0,12	0,29	
			<b>produktiven čas</b>			446,7	93,1	74,50	0,24	0,44	0,39	0,81	
			<b>neproduktiven čas</b>			33,3	6,9	61,37	0,00	0,04	0,02	0,06	
			<b>delovni čas (LEX (8h))</b>			480,0	100,0	74,20	0,24	0,42	0,38	0,78	

Preglednica 4: Modelni čas osmih delovnih ur na Kočevskem

kraj	čas	faza	element dela	v kabini (x)		posneti čas (min)	modelni čas (min)	struktura časa (%)	LAeq dB(A)	RMS X (m/s <sup>2</sup> )	RMS Y (m/s <sup>2</sup> )	RMS Z (m/s <sup>2</sup> )	RMS VTV (m/s <sup>2</sup> )
				zunaj kabine (0)									
Kočevska	produktiven	gradnja vlake	premik	x		9,2	26,7	5,6	76,69	0,36	0,55	0,82	1,24
			priprava terena	x		21,6	62,5	13,0	74,77	0,35	0,62	0,66	1,19
			meh. drobljenje s pnevmatskim klad.	x		60,5	175,0	36,5	79,59	0,25	0,48	0,61	0,98
			groba izravnava z udarnim kladivom	x		25,0	72,5	15,1	74,30	0,29	0,54	0,54	1,01
			premik + fina izravnava z izkopno žlico	x		5,1	14,7	3,1	74,86	0,30	0,57	0,56	1,06
			premik + mehansko drobljenje	x		5,1	14,7	3,1	79,86	0,23	0,41	0,63	0,91
			čiščenje terena	x		18,2	52,7	11,0	72,67	0,26	0,51	0,47	0,94
	neproduktiven		zastoj zaradi delavca	0		3,4	9,8	2,1	74,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			zastoj zaradi delovnih sredstev	0		4,8	13,8	2,9	74,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			glavni odmor	0		0,0	30,0	6,3	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			zastoj zaradi delavca	x		0,6	1,7	0,4	73,12	0,27	0,39	0,47	0,82
			zastoj zaradi delovnih sredstev	x		2,0	5,9	1,2	78,32	0,32	0,41	0,79	1,08
<b>skupaj</b>			<b>produktiven čas</b>				418,7	87,2	77,55	0,28	0,52	0,61	1,03
			<b>neproduktiven čas</b>				61,3	12,8	72,27	0,11	0,14	0,26	0,36
			<b>delovni čas (LEX (8h))</b>				480,0	100,0	77,14	0,27	0,49	0,57	0,97



Slika 5. Osem urne modelne obremenitve z ropotom in tresenjem.

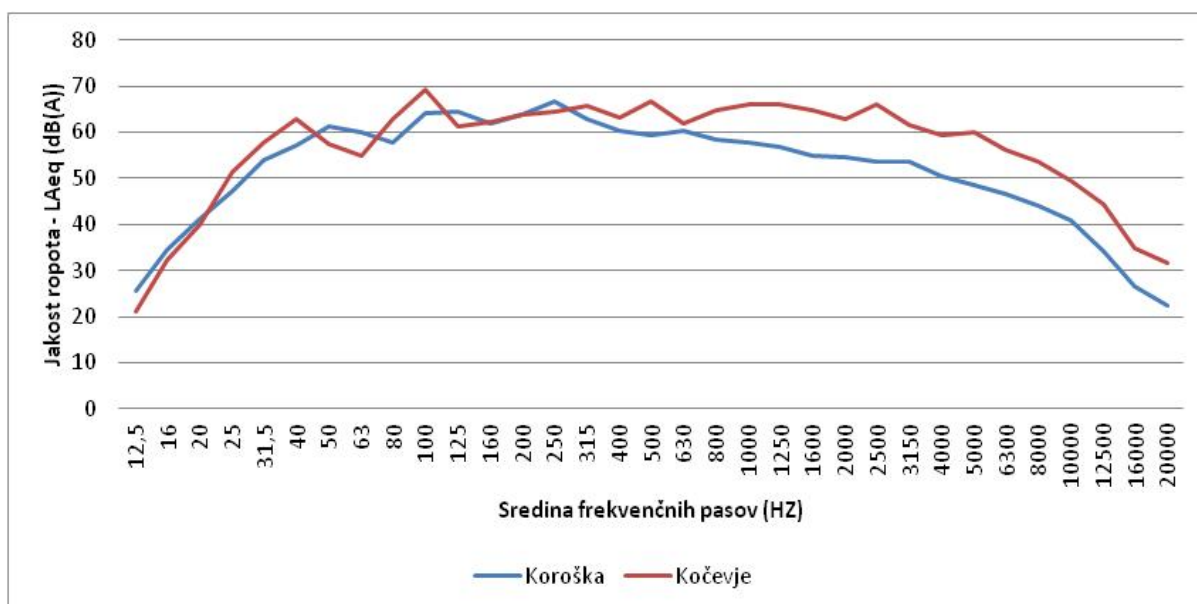
Za natančno primerjavo po pravilniku o varovanju zdravja pred vplivi ropota in tresenja, smo izračunali tudi modelno korigirano ekvivalentno jakost ropota (LAeq kor.). Za izračun le te smo modelni ekvivalentni jakosti ropota prišteli razliko med LAIeq in LAeq izmerjeno na terenu (slika 5). Pri tem ni bilo mogoče upoštevati impulzivnega ropota, ko delavec ni bil v kabini. Tako izračunana modelna vrednost za Koroško je bila 77,06 dB(A), za Kočevsko pa 79,97 dB(A), kar pomeni, da dnevne obremenitve na nobenem stroju ne presegajo spodnjih opozorilnih mej določenih s pravilnikom (preglednica 5). Enako velja tudi za primerjave s koničnimi vrednostmi jakosti ropota.

Preglednica 5: Primerjava modelnih vrednosti obremenitev z zakonodajo.

modelne vrednosti	LC-peak dB(C)	LAeq kor. dB(A)	RMS VTV m/s <sup>2</sup>
Zakonske meje			
sp. Opozorilna vrednost	140	87	0,5
mejna vrednost	135	80	1,15
Koroška	129,33	77,06	0,78
Kočevska	128,42	79,97	0,97

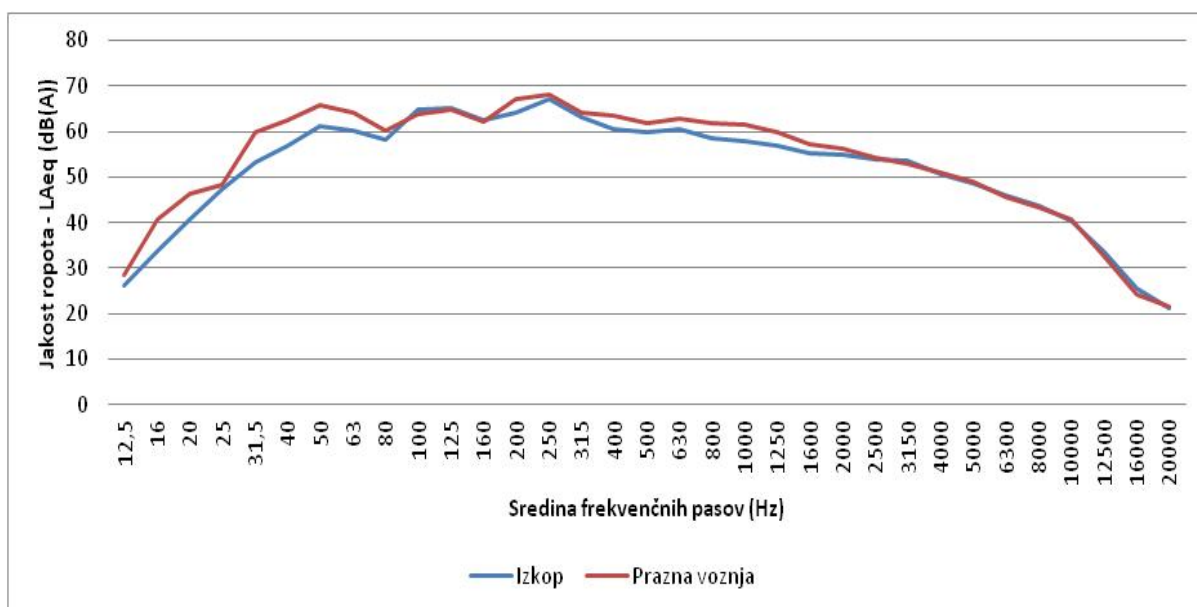
## 5.5 FREKVENČNI SPEKTER JAKOSTI ROPOTA

Na sliki 6 sta prikazani jakosti ropota  $L_{Aeq}$  (dB(A)) po sredini frekvenčnih pasov (Hz) na Koroškem in Kočevskem v času celotnega snemanja na terenu. V frekvenčnih pasovih od 25 do 125 Hz sta dva vrha višjih jakosti ropota, ki jih lahko pripišemo delovanju motorja. Do opaznejših sprememb med meritvam na Koroškem in Kočevskem prihaja od 315 Hz dalje, kjer na večjo obremenitev z ropotom na Kočevskem najverjetneje vpliva uporaba udarnega pnevmatskega kladiva.



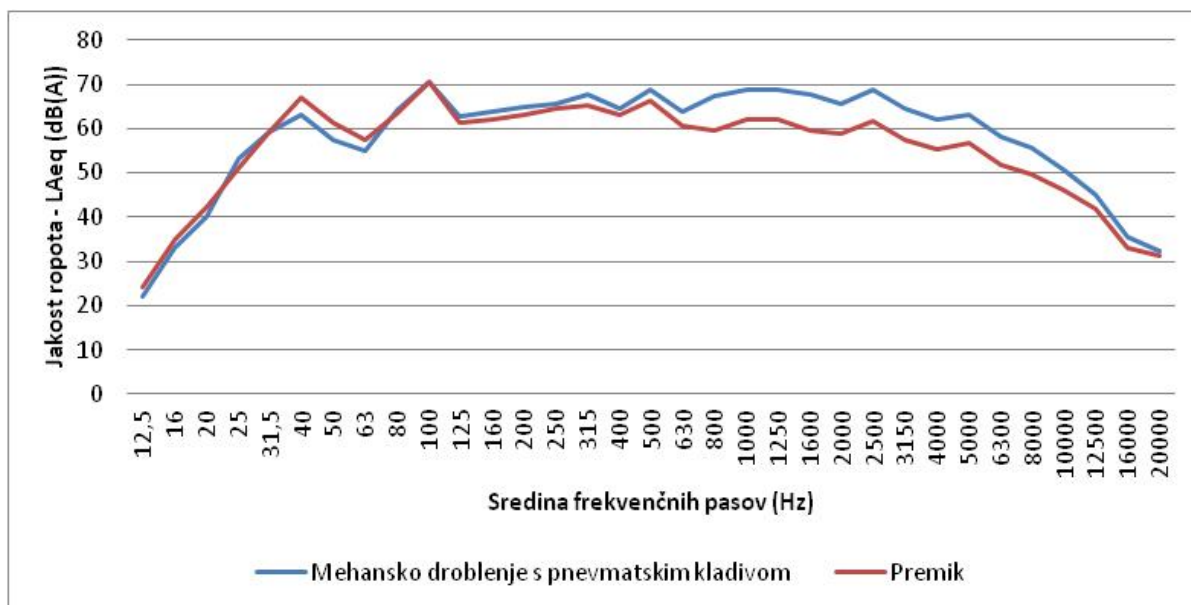
Slika 6: Primerjava frekvenčnih spektrov jakosti ropota med Koroško in Kočevsko.

Slika 7 prikazuje primerjavo med delovnimi operacijama izkop in prazna vožnja na Koroškem. Ti operaciji smo izbrali, da bi lahko primerjali vpliv vrtljajev motorja na ropot, ki ga povzročata različni obremenitvi. Med izkopom si stroj samodejno uravnava vrtljaje, ki so potrebni za delo, pri prazni vožnji pa le-te uravnava strojnik. Iz primerjav je razvidno, da med obema operacijama po frekvenčnih pasovih ropota ni bistvenih razlik v poteku krivulj ter da je ropot pri prazni vožnji konično višji kot pri izkopu.



Slika 7: Primerjava frekvenčnih spektrov jakosti ropota, med izkopom in prazno vožnjo na Koroškem.

S sliko 8 smo podobno kot pri prejšnji ponazorili jakost ropota motorja in pnevmatskega udarnega kladiva po frekvenčnih pasovih na Kočevskem. V frekvenčnih pasovih 40 in 100 Hz sta zopet vidna dva vrha podanih vrednosti jakosti ropota, kar pripisujemo vrtljajem motorja. Spet opazimo, da je obremenjenost z ropotom manjša pri mehanskem drobljenju s pnevmatskim udarnim kladivom, ker dodajanje plina za to delovno operacijo poteka avtomatsko, za razliko od premika, kjer plin dodaja strojnik sam. Do vidnejših razlik prihaja od 500 Hz naprej. Tu se dokazano poveča vpliv udarnega kladiva zaradi drobljenja kamnin.



Slika 8: Primerjava frekvenčnih spektrov jakosti ropota, med mehanskim drobljenjem s pnevmatskim kladivom in premikom na Kočevskem.

## 6 RAZPRAVA

Z našo raziskavo smo izpolnili naloge, ki smo si jih postavili. Ugotovili smo, kakšnim obremenitvam z ropotom in s tresenjem je strojnik izpostavljen med izdelavo gozdne vlake. Ugotovili smo, da obremenjenost z ropotom ne presegajo zakonsko opredeljenih norm (v primeru dveh strojev – tako da ne moremo posploševati za vse gradbene stroje, ki se uporabljajo v gozdarstvu), kar pa ne velja za obremenitve s tresenjem. Tako sta na obeh objektih raziskave preseženi opozorilni vrednosti dnevne izpostavljenosti tresenju celega telesa. Na Koroškem je opozorilna vrednost presežena za  $0,28 \text{ m/s}^2$ , na Kočevskem pa za  $0,47 \text{ m/s}^2$ .

Razvidno je, da na Koroškem pri modelnem času, zaradi upoštevanja strojnikove oddaljenosti od stroja, ko ni v kabini in privezuje ali odvezuje sortimente, njegova izpostavljenost ropotu upada. Ta se zmanjša s  $74,87 \text{ dB(A)}$  na  $74,20 \text{ dB(A)}$ , tako je strojnik v osemurnem delovniku za  $2,94 \text{ dB(A)}$  manj obremenjen z ropotom, kot strojnik na Kočevskem z  $77,14 \text{ dB(A)}$ . Pri računanju modelnih časov in vpliva tresljajev prihaja do manjših sprememb, tako zaradi odbitka pri odmoru na Koroškem (11,3 minut) in dodane



malice na Kočevskem (30 minut). Na Koroškem se zato vpliv vektorskega tresenja zviša za  $0,07 \text{ m/s}^2$ , na Kočevskem pa zmanjša za  $0,03 \text{ m/s}^2$ .

Obremenjenost z ropotom bageristov med osem urnim delovnikom je najbolj primerljiva z obremenitvami traktoristov sodobnih adaptiranih kmetijskih traktorjev za delo v gozdu, ker obremenitve osem urnega delovnika znašajo od 73 dB(A) do 77 dB(A). Pri obremenjenosti s tresenjem, pa se delo bagerista najbolj približa obremenjenosti strojnika forvardeja, katerega obremenitve se gibljejo od  $0,41 \text{ m/s}^2$  do  $1,69 \text{ m/s}^2$ . V ameriški raziskavi, ki sta jo opravljala Neitzel in Yost (2001), sta pri izdelavi gozdarske ceste izmerila obremenjenost strojnikov z ropotom 81 dB(A), kar je več kot kažejo naše meritve.

Kot najglasnejša delovna operacija se je na Kočevskem izkazal premik z mehanskim drobljenjem kamenja ( $L_{Aeq} = 79,86 \text{ dB(A)}$ ), na Koroškem pa zaradi različnih opravil polna vožnja ( $L_{Aeq} = 77,20$ ). Toda teh operacij zaradi različnih opravil ne moremo primerjati med sabo. Neposredno primerljivi operaciji sta prazna vožnja na Koroškem in premik na Kočevskem, kjer je razlika pri ravni hrupa  $0,5 \text{ dB (A)}$ , v korist večjega stroja na Kočevskem. V tem primeru ne moremo ugotoviti, če gre za razliko med podlagama ali med strojem, saj je manjši Takeuchi na gumijastih gosenicah in mehki podlagi, večji Catrepillar pa na železnih gosenicah in kamniti podlagi. Kljub temu, da obremenitev z ropotom ne presega zakonsko predpisanih vrednosti, je priporočljiva uporaba glušnikov pri večjem stroju, saj so modelirane obremenitve neposredno pod opozorilno mejo.

Rezultati meritev obremenitev delavcev s tresenjem so pokazali, da so bile največje jakosti tresenja dosežene med premikanjem stroja na Kočevskem ( $1,24 \text{ m/s}^2$ ), ki za ( $0,09 \text{ m/s}^2$ ) presega mejno vrednost ( $1,15 \text{ m/s}^2$ ). Tudi tukaj kaže, da gre za razlike obremenjenosti strojnika zaradi podlage, vendar je spet vprašljivo v kolikšni meri so razlike posledice oblike, tehniških značilnosti in velikosti strojev. Ugotovili smo, da so bile najvišje jakosti tresenja v vertikalni smeri, zato je predlagamo, da bi se v strojih v raziskavo vključili ergonomski sedeži, ki bolj učinkovito dušijo tresenje v vertikalni smeri, saj so vsi ergonomski sedeži v strojih najbolj prilagojeni za horizontalno smer (vzmetni sedeži), nekateri pa tudi v aksialni smeri (prosti hod naprej, nazaj).

Če bi hoteli na podlagi meritev trditi, da so obremenitve z ropotom in s tresenjem odvisne od tipa, starosti vozila, usposobljenosti in izkušenosti strojnika ter tipa podlage, bi morali zagotoviti širši obseg meritev in kontrolirane pogoje.

## 7 SKLEP

Z analizo in preračunom podatkov smo prišli do rezultatov, ki so naši hipotezi delno potrdili. Na njihovi osnovi smo dokazali, da je delo v gradbenih strojih pri izdelavi vlake z vidika obremenjevanja z ropotom in tresenjem manj obremenjujoče kot delo z motorno žago in s starejšimi tipi traktorjev.

*Dnevna izpostavljenost strojnika bagra ne presega dopustnih obremenitev delavca z ropotom in tresenjem, opredeljenih v slovenski in evropski zakonodaji.*

Našo prvo hipotezo lahko le delno potrdimo, saj opozorilne vrednosti za ropot niso presežene, ne glede na to ali delavec delo ves čas opravlja v kabini ali izven nje. Prva hipoteza ne drži pri meritvah obremenjenosti s tresenjem, saj pri obeh strojih presega opozorilno vrednost dnevne izpostavljenosti – tako obremenitve strojnika na Koroškem  $0,78 \text{ m/s}^2$  kot na Kočevskem  $0,97 \text{ m/s}^2$ .

*Obremenitev strojnika je odvisna od podlage na kateri dela in je večja pri gradnji vlak na kamnitih podlagah.*

Druga hipoteza je v večji meri potrjena. Modelirana povprečna obremenitev strojnika s hrupom je večja na kamniti podlagi, vendar bi to lahko upoštevali kot preverjeno dejstvo le v primeru, če bi na obeh lokacijah delali z istim ali enakima strojema.

S to diplomsko nalogo smo odprli vrata za bodoče meritve. Dobili smo nekaj reprezentativnih podatkov, ki pa so nam samo za oporo pri nadaljnjih odločitvah z vidika ergonomije uvrstiti sodobno gradnjo vlak med ostale faze gozdne proizvodnje ter, da bi dobili boljše podatke o vplivu podlage bi bile potrebne obsežne meritve z istim strojem, na različnih podlagah, ki bi opravljal enake delovne operacije. Le tako bi lahko zagotovo ločili, katere vplive na strojnika povzroča podlaga. Z dodatnimi raziskavami bi lahko ugotavljali tudi primernost dimenzij strojev za izgradnjo vlak na različnih terenih in vpliv le-teh na strojnika.

## 8 VIRI

Cat 323D L hydraulic excavator,

<http://www.cwmags.com/brochures/Caterpillar/323D/index.php?q=137> (21. maj, 2013)

Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2003/10/ES z dne 6. februarja 2003 o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup). Ur. l. EU, 42/2003.

Košir B. 1996. Organizacija gozdarskih del. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 223 str.

Lipoglavšek M., Kumer P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 214 str.

Neitzel, R., Yost, M. 2001. Tasked-based assessment of occupational vibration and noise exposures in forestry workers. Seattle, University of Washington, Department of Environmental Health.

Obranovič A. 2010. Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 30 str.

Poje, A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah dela, doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta). Ljubljana, samozal.: 237 str.

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. Ur. l. RS, št. 7/2001.

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu, Ur. l. RS, št. 94/2005.

Šenica R. 2011. Obremenitev delavca z ropotom pri sečnji in spravilu lesa. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 29 - 37str.

Šilc M. 2012. Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača s tresenjem: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, biotehniška fakulteta, oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 25 str.

Takeuchi TB070 midi excavator,

<http://www.ritchiespecs.com/specification?type=&category=Midi+Excavator&make=Takeuchi&model=TB070&modelid=103779> (21.maj, 2013)

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. Ur. l. RS, št 43/2011.

Žunič G. 2010. Obremenitev traktorista pri spravilu lesa: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 30 str.

## ZAHVALA

Za pomoč, pregled in odobritev diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Igorju Potočniku.

Posebna zahvala za podporo in pomoč pri izdelavi diplomske naloge, razlago, koristne predloge, nadzor pri izračunih, iskanju delovnih objektov in oblikovanju se zahvaljujem somentorju Antonu Pojetu.

Zahvala gre strojnikoma in Gozdarstvu GRČA, d.d., Kočevje, za sodelovanje pri meritvah in izdelavi diplomske naloge.

Zahvala gre tudi družini, posebej očetu, za koristne nasvete pri izdelavi te naloge, za podporo in spodbujanje.

Še enkrat hvala lepa vsem!