

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

Gregor ŽUNIČ

**VPLIV DELOVNIH RAZMER NA OBREMENITVE
STROJNIKA ZGIBNEGA POLPRIKOLIČARJA Z
ROPOTOM**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2014

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

Gregor ŽUNIČ

**VPLIV DELOVNIH RAZMER NA OBREMENTVE STROJNIKA
ZGIBNEGA POLPRIKOLIČARJA Z ROPOTOM**

MAGISTRSKO DELO
(Magistrski študij - 2. stopnja)

**INFLUENCE OF WORKING CONDITIONS ON OPERATOR'S
NOISE EXPOSURE AT FORWARDING**

M. Sc. Thesis
(Master Study Programmes)

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija druge bolonjske stopnje Gozdarstva in upravljanja gozdnih ekosistemov. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Obremenitve strojnikov zgibnih polprikoličarjev z ropotom ter hkratna študija časa in učinkov je bila izvedena v sodelovanju z Univerzo v Padovi, Oddelkom za okolje in agro-gozdarstvo (Università di Padova, Dipartimento di Territorio e Sistemi Agro-Forestali), Italija. Meritve v Italiji so potekale v pokrajini Asiago blizu Padske nižine, meritve v Sloveniji pa na gozdnogospodarskem območju Novo mesto in Kočevje.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je na seji dne 6.6.2014 za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Igorja Potočnika, za somentorja asist. dr. Antona Pojeta, za recenzenta pa doc. dr. Jurija Marenče.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Gregor Žunič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	GDK 302:377(043.2)=163.6
KG	ropot/hrup/zgibni polprikoličar/forwarder/spravilo lesa/strojna sečnja
KK	
AV	ŽUNIČ, Gregor
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	2014
IN	VPLIV DELOVNIH RAZMER NA OBREMENITVE STROJNIKA ZGIBNEGA POLPRIKOLIČARJA Z ROPOTOM
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP	X, 91 str., 16 pregl., 42 sl., 2 pril., 34 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AL	Leta 2013 je bila narejena raziskava o vplivu delovnih razmer na obremenitve strojnikov zgibnega polprikoličarja z ropotom. Celodnevne meritve časa, učinkov in jakosti ropota so potekale v Italiji in Sloveniji. Raziskava je zajela 5 zgibnih polprikoličarjev ter kategorije spravila ravno in navzdol. Uporabljen je bil mednarodni standard SIST EN ISO 9612:2009, za časovno študijo pa IUFRO klasifikacija. Največja jakost ropota v produktivnem času (PW) je bila izmerjena v času prazne in polne vožnje. 8-urna obremenitev (LA_{ex8h}) brez vpliva radia in odprte kabine je znašala 77,9 dB(A), z vplivom radia in odprte kabine pa 82,6 dB(A) in je presegla spodnjo opozorilno mejo Evropske direktive 2003/10/EC ter Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006). Manjša kot je odprtost gozdov s primarnimi prometnicami (ali daljša kot je razdalja polne vožnje) ter večje kot je število kosov v bremenu, večje so obremenitve z ropotom. Značilno povišan ropot je bil ugotovljen tudi pri poslušanju radia (3,6 dB(A)) oz. pri odprti kabini (11,9 dB(A)). Strojniki bi morali nositi osebno varovalno opremo za zaščito sluha (glušnike) ali ugašati motor stroja kadar se nahajajo izven zaščitne kabine in v odprti kabini. Glede na statistično značilne razlike v obremenitvah je bila predlagana spremenjena členitev delovnega časa na operacije in prijeme.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Du2
DC	FDC 302:377(043.2)=163.6
CX	noise load/forwarder/forwarder driver/timber harvest/mechanized cutting
CC	
AU	ŽUNIČ, Gregor
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	2014
TI	WORKING CONDITION INFLUENCE ON FORWARDER DRIVER NOISE LOAD AT TIMBER HARVEST
DT	M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
NO	X, 91 p., 16 tab., 42 fig., 2 ann., 34 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	The research about the influence of working conditions on operator's noise exposure at forwarding was made in 2013. Whole day time and noise measurements were made in Italy and Slovenia. 5 forwarders were included. Category of forwarding was down and flat. International standard SIST EN ISO 9612:2009 and IUFRO classification of working operations were used. Full drive distance, average piece and net volume time structure showed increment in empty and full drive due to reduction in loading and unloading, while time structure for number of pieces showed increment in loading and unloading due to reduction in empty and full drive. The highest noise load in productive time (PW) was measured during empty and full drive. 8-hour noise exposure (LAex8h) without the influence of radio and open cabin was 77,9 dB(A) and with the influence of radio and open cabin 82,6 dB(A), so it exceeded lower warning limit stated in European directive 2003/10/EC and Slovenian Regulations on the Protection of Workers from Risks Related to Noise Exposure at Work (2006). The lower the openness of forests with primary roads (or the longer the distance of travel) and the bigger the number of pieces, the higher the noise load was. Significantly higher noise load was established while radio was turned on (3,6 dB(A)) and at open cabin (11,9 dB(A)). Forwarder drivers should turn off the machine or wear personal ear protection gear (ear muffs) while being outside the cabin or being inside the open cabin. On the base of statistical analysis new classification of working operations and approaches was proposed.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
2 NAMEN	2
3 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV	3
3.1 ERGONOMSKA PRIMERNOST	4
3.2 STRUKTURA DELOVNEGA ČASA	6
3.3 OBREMENITVE Z ROPOTOM.....	7
4 DELOVNE HIPOTEZE	13
5 OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA	14
5.1 SHEMA RAZISKAVE.....	14
5.2 OBJEKTI RAZISKOVANJA.....	14
5.2.1 Lastnosti območja raziskovanja	14
5.2.2 Lastnosti spravilnih sredstev	19
5.2.3 Lastnosti strojnikov	20
5.3 SESTAVINE IN SESTAVA DELOVNEGA ČASA	21
5.3.1 Časovna študija.....	21
5.3.2 Razčlenitev delovnega časa	21
5.4 METODA RAZISKOVANJA IN OBDELAVE PODATKOV	28
5.4.1 Jakost obremenitve z ropotom.....	28
5.4.2 Meritve podolžnega profila in situacije sečno-spravilnih poti	30
5.4.3 Meritve učinkov pri spravilu lesa in razdalje polne vožnje.....	31
5.4.4 Obdelava podatkov	32

6	REZULTATI.....	33
6.1	UČINKI PRI SPRAVILU LESA IN RAZDALJA POLNE VOŽNJE	33
6.2	ANALIZA IN MODELIRANJE ČASA IZPOSTAVLJENOSTI	36
6.2.1	Struktura časa po delovnih operacijah in prijemih	36
6.2.2	Trajanje delovnih operacij v odvisnosti od delovnih razmer	41
6.2.3	Modelna struktura časa v odvisnosti od delovnih razmer	47
6.3	OBREMENITEV Z ROPOTOM.....	50
6.3.1	Potek obremenitve z ropotom po dnevih.....	50
6.3.2	Jakost obremenitve z ropotom po dnevih.....	55
6.3.3	Obremenitev z ropotom v nominalnem modelu	63
6.3.4	Vpliv delovnih razmer na obremenitev z ropotom.....	68
7	RAZPRAVA.....	72
7.1	ČAS IZPOSTAVLJENOSTI	72
7.2	OBREMENITEV Z ROPOTOM.....	74
8	ZAKLJUČKI	82
9	POVZETEK.....	85
9.1	POVZETEK.....	85
9.2	SUMMARY	86
10	VIRI	88
	ZAHVALA	92
	PRILOGE.....	93

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Strukture delovnega časa zgibnega polprikoličarja različnih avtorjev	6
Preglednica 2: Primerjava raziskav Žunič (2010) ter Obranovič (2013).....	9
Preglednica 3: Obremenitve z ropotom pri delu s stroji za strojno sečnjo (Seixas in sod., 1999).....	11
Preglednica 4: Obremenitve z ropotom pri delu z zgibnimi polprikoličarji VALMET 363 (Seixas in sod., 1999)	11
Preglednica 5: Lastnosti območja raziskovanja	17
Preglednica 6: Lastnosti pravih sredstev	19
Preglednica 7 : Splošne lastnosti strojnikov	21
Preglednica 8: Shematski prikaz delitve in uvrščanja delov časa v višje organizacijske enote po IUFRO klasifikaciji.....	27
Preglednica 9: Neto učinki pri spravilu lesa ter razdalja polne vožnje	34
Preglednica 10: Trajanje in struktura časa izpostavljenosti po dnevih.....	37
Preglednica 11: Trajanje in struktura časa izpostavljenosti za nominalna modela	39
Preglednica 12: Obremenitev z ropotom LAeq po dnevih	55
Preglednica 13: Primerjava jakosti ropota stroja ter stroja in radia.....	61
Preglednica 14: Primerjava statistične značilnosti v jakosti ropota med dnevi.....	62
Preglednica 15: Obremenitve z ropotom (LAeq) za nominalna modela	64
Preglednica 16: Razširjena napaka meritev za nominalna modela	67

KAZALO SLIK

Slika 1: Obremenitve z ropotom pri delu z različnimi delovnimi sredstvi (Seixas in sod., 1999)	10
Slika 2: Prikaz lege delovišč na ravni Evrope	14
Slika 3: Prikaz lege delovišč v Italiji	15
Slika 4: Prikaz lege delovišč v Sloveniji	16
Slika 5: Delovne razmere – 1. dan.....	17
Slika 6: Delovne razmere – 2. dan.....	18
Slika 7: Delovne razmere – 3. dan (Foto: Stefano Grigolato)	18
Slika 8: Delovne razmere – 4. dan (Foto: Stefano Grigolato)	18
Slika 9: Delovne razmere – 5. dan (Foto: Stefano Grigolato)	18
Slika 10: John Deere 1110 E in 1110D – 1. in 2. dan (Foto: Stefano Grigolato).....	20
Slika 11: John Deere 1210 E in 1410D – 3. in 4. dan (Foto: Stefano Grigolato in Marco Pellegrini).....	20
Slika 12: John Deere 1210 E – 5. dan (Foto: Marco Pellegrini)	20
Slika 13: Zastoj – delovna sredstva: prevrnjena polprikolica prvega dne	24
Slika 14: Dotakanje goriva s pomočjo kamionskega dvigala.....	25
Slika 15: Dozimeter BRÜEL & KJAER 4445	28
Slika 16: Elektronski merilnik razdalje in naklona TRUPULSE 360 (Foto: Stefano Grigolato).....	31
Slika 17: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – smreka.....	33
Slika 18: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – hrast	33
Slika 19: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – bukev	33
Slika 20: Struktura časa na delovnem mestu po dnevih	38
Slika 21: Struktura časa podfaze premika in stoji po dnevih	39
Slika 22: Struktura časa na delovnem mestu za nominalna modela.....	40
Slika 23: Struktura časa podfaz premika in stoji za nominalna modela.....	41
Slika 24: Odvisnost trajanja prazne vožnje od delovnih razmer	42
Slika 25: Odvisnost trajanja nakladanja od delovnih razmer	42
Slika 26: Odvisnost trajanja premika med nakladanjem od delovnih razmer	43

Slika 27: Odvisnost trajanja polne vožnje od delovnih razmer	44
Slika 28: Odvisnost trajanja razkladanja od delovnih razmer	44
Slika 29: Odvisnost trajanja premika po skladišču od delovnih razmer	45
Slika 30: Trajanje produktivnega časa (levo) in časa na delovnem mestu (desno) v odvisnosti od delovnih razmer	46
Slika 31: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od razdalje polne vožnje....	47
Slika 32: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od povprečnega kosa	48
Slika 33: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od števila kosov	49
Slika 34: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od neto količine	49
Slika 35: Potek obremenitve z ropotom v prvem delovniku	52
Slika 36: Potek obremenitve z ropotom v drugem delovniku	52
Slika 37: Potek obremenitve z ropotom v tretjem delovniku	53
Slika 38: Potek obremenitve z ropotom v četrtem delovniku	53
Slika 39: Potek obremenitve z ropotom v petem delovniku.....	54
Slika 40: Obremenitev z ropotom (LAeq) po dnevih	56
Slika 41: Obremenitev z ropotom LAeq v nominalnem modelu.....	64
Slika 42: Obremenitev z ropotom (LAeq) za produktivni čas (levo) ter čas na delovnem mestu (desno)	69

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Situacija ter podolžni profili glavnih sečno-spravičnih poti	93
PRILOGA B: Obremenitev z ropotom v odvisnosti od delovnih razmer za delovne operacije	99

1 UVOD

Vsak poklic nosi znano in nepoznano (potencialno) tveganje za pojav širokega spektra poklicnih bolezni in poškodb pri delu. Že okoli leta 400 pr.n.št. je Hipokrat opozoril, da pri določenih rokodelstvih in umetelnostih nastopajo zdravstvene poškodbe (Koselj in sod., 2002). Zavedanje, odkrivanje in preprečevanje škodljivosti poklicnih bolezni in poškodb se je v svetu torej najverjetneje pojavilo že zgodaj s pojavom prvih civilizacij.

Reševanje problema pojavnosti poklicnih bolezni bi se moralo vedno začeti že preventivno, to je pri zavedanju o odgovornosti za pojav poklicnih bolezni in ne kurativno kot je splošna praksa po svetu. Zavedanje o odgovornosti reševanja zdravstvenih problemov v Evropi, tako delodajalcev kot delojemalcev, se je v zadnjih letih povečalo, vendar kljub temu še vedno obstaja velik prepad med zaznanim povečanim zavedanjem ter zmožnostjo in voljo po izboljšanju stanja (Synwoldt in Gellerstedt, 2003). Prav tako kot v tujini, tudi stanje v pogledu poklicne varnosti pri delu v slovenskih gozdovih ni dobro (Varnost in zdravje..., 2003). Odkrivanje in preprečevanje poklicnih bolezni v Sloveniji je zakonsko tripartitno razdeljeno na delodajalca, delojemalca in državo. Domnevamo, da delodajalci večinoma niso zainteresirani za ergonomске izboljšave na delovnem mestu, v kolikor le-te nimajo zanje ugodnega finančnega učinka. Prav zato mora svojo vlogo nujno odigrati predvsem država, ki mora delojemalca zaščititi z ustreznimi zakoni in podzakonskimi akti ter z nadzornimi inštitucijami. Le-te morajo braniti pravico delojemalca do zdravega delovnega mesta, saj je le-ta praviloma najšibkejši člen v tripartitnem odnosu. Varnost in zdravje pri delu v gozdarstvu sta tako potrebna kot tudi mogoča (Varnost in zdravje..., 2003), zato je nujno, da vsi deležniki naredijo vse kar je v njihovi moči za preprečitev nastanka poklicnih bolezni.

Poklicne bolezni povzročajo najrazličnejši dejavniki. Med vsemi poklicnimi boleznimi je ropot najpogostejši povzročitelj poškodbe zdravja (Koselj in sod., 2002). Za delo z gozdarsko mehanizacijo so značilne bolečine zaradi neuravnoteženega ponavljajočega se dela (predvsem bolečine v vratu, ramah in hrbtu), problematične so vibracije in ropot (Guidelines..., 2005). Visoke vrednosti ropota mnogih gozdarskih strojev predstavljajo

tveganje za pojav poklicne izgube sluha za strojnike z dolgim delovnim stažem (Seixas in sod., 1999). Ropot strojev v gozdarstvu je torej resen zdravstveni in poklicni problem.

Pri strojni sečnji in spravilu lesa so obremenitve strojnika z ropotom v splošnem nižje (Messingerová in sod., 2005) kot pri konvencionalni tehnologiji sečnje z motorno žago in spravilu lesa s prilagojenim kmetijskim traktorjem ali zgibnikom (Žunič, 2010; Obranovič, 2013). Vendar pa je obremenjenost z ropotom rezultat tudi okoljskih vplivov, ki pa so mnogokrat spregledani ali zanikani faktor tako s strani delavcev kot tudi nadzornikov (Seixas in sod., 1999). Pri tem se pojavi vprašanje, kako delovne razmere vplivajo na obremenitev delavca z ropotom ter ali so proizvajalci s tehničnim napredkom v popolnosti obvladali škodljiv vpliv ropota, ki izvira iz delovnih razmer. Namen magistrske naloge je prav zato raziskava vpliva delovnih razmer na obremenitve strojnika zgibnega polprikoličarja z ropotom kot poglobitnega vira poklicnih obolenj v Sloveniji in po svetu.

2 NAMEN

Namen magistrske naloge je ugotoviti vpliv delovnih razmer (primarne odprtosti gozdov oz. razdalje polne vožnje, povprečnega kosa, števila kosov in neto količine) na obremenitev strojnikov zgibnih polprikoličarjev z ropotom, določiti vplivne faktorje obremenitve z ropotom, ugotoviti statistično značilne razlike med posameznimi elementi dela ter obremenitve z ropotom primerjati s sprejetimi dopustnimi mejami. Podroben namen magistrskega dela je:

- raziskati vpliv delovnih razmer (neto količine, števila kosov in povprečnega kosa ter primarne odprtosti gozdov oz. razdalje polne vožnje) na obremenitve z ropotom,
- ugotoviti odvisnosti porabe časa oz. časa izpostavljenosti od delovnih razmer (neto količine, števila kosov, povprečnega kosa ter razdalje polne vožnje),
- ugotoviti obremenjenost strojnikov zgibnih polprikoličarjev z ropotom po delovnih operacijah, delih časa ter na delovnem mestu,
- obremenitve z ropotom primerjati s sprejetimi slovenskimi in mednarodnimi dopustnimi mejami ter navesti predloge za zmanjšanje obremenjenosti.

3 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV

Zaradi velikega števila poklicnih obolenj želimo čim bolj zmanjšati negativne vplive strojev na človekovo zdravje (Zupančič, 2008). Na žalost je tako v Sloveniji kot v tujini moč opaziti, da se večina raziskav bolj osredotoča na merjenje in proučevanje učinkov pri delu kot na ergonomsko primernost delovnih mest (Jack in Oliver, 2008; Žunič, 2010). Z začetkom uvajanja novih tehnologij ali novih spravilnih sredstev v slovenske gozdove so se začele pojavljati tudi nove raziskave, vendar pa so se tudi le-te večinoma ukvarjale s proučevanjem stroškov in učinkovitosti pri spravilu lesa (Vranešič, 2008; Zupančič, 2008). To je sicer ugodno iz delodajalčevega in družbenega kratkoročnega vidika povečevanja produktivnosti dela, nikakor pa ne iz dolgoročnega vidika preprečevanja poklicnih bolezni. Zavedati se moramo, da je delodajalec nosilec tako moralne kot tudi pravne odgovornosti za zdravje svojih delavcev. Pri tem mora svojo vlogo odigrati tudi družba oziroma država s svojimi zakonskimi predpisi in omejitvami (Žunič, 2010). Šele v zadnjem času lahko ugotovimo, da se poudarek zopet vrača tudi na proučevanje ergonomske primernosti gozdarskih delovnih sredstev (Žunič, 2010; Poje, 2011; Odar, 2012; Obranovič, 2010, 2013; Šterbenk, 2013).

Koselj in sod. (2002) navajajo, da je hrup med vsemi poklicnimi boleznimi najpogostejši povzročitelj poškodb zdravja. Od vseh prijav se jih kar 50 % nanaša na hrup oz. na akustično travmo kot poklicno bolezen. Po statističnih podatkih je nad 50 % celotne populacije v Evropi in s tem tudi v Sloveniji, obremenjene s čezmerno ravnijo ropota; podnevi nad 65 dB(A) in ponoči nad 50 dB(A). Zanimljivo ni niti podatek, da je okrog 50 % delovne populacije izpostavljene čezmerni ravni hrupa na delovnem mestu, od tega 20 % ravnem nad 85 dB(A), okrog 10 % celotne populacije pa je celo naglušne. Naglušnost prinese nezanemarljive finančne in socialne težave (ker je komunikacija z naglušnimi ljudmi otežena), zato tudi socialni stiki s takšnimi ljudmi pogosto niso mogoči. Prekomerni hrup vpliva med drugim tudi na spremembo psihofizičnih stanj kot je travma, prestrašenost ter razne motorične motnje, ki človeka zaznamujejo v okolju. Poškodba sluha je torej hendikep za prizadetega, za okolico in za družbo v celoti.

Izguba sluha je posledica čezmerne ravni ropota nad 85 do 120 dB(A) in več, pri čemer je 85 dB(A) še dovoljena raven in 120 dB(A) meja bolečine. Učinek čezmerne ravni ropota poveča zlasti čas trajanja in prisotnost impulznega ropota v obliki močnega udarca, poka ali detonacije. Začasni pomik praga slišnosti se v prisotnosti impulznega ropota bistveno pospeši, čas restitucije (rehabilitacije ali povrnitve sluha) pa precej podaljša (Koselj in sod., 2002).

3.1 ERGONOMSKA PRIMERNOST

Veliko tujih raziskav se osredotoča na t.i. skupino vozil za brezpotja (ang. all-terrain vehicles), pri čemer pa raziskujejo različne poklicne bolezni od vibracijskih obolenj do mišično-skeletnih obolenj vratu in zgornjih okončin (Rehn in sod., 2002, 2005a; Åström in sod., 2006). Rehn in sod. (2002) ter Åström in sod. (2006) ugotavljajo, da je med vozniki omenjenih vozil povečano tveganje za mišično-skeletna obolenja, pri čemer so najbolj na udaru obolenja zapestja, ramenskega obroča ter vratu. Rehn in sod. (2002) ugotavljajo, da ni statistično značilnih razlik za pojav bolečin v križu med poklicnimi operaterji vozil za brezpotja, kljub temu, da so prav gozdni stroji tisti, ki povzročajo največje neudobne obremenitve.

Proučevanja ergonomske primernosti različnih proizvajalcev in modelov zgibnih polprikoličarjev in strojev za strojno sečnjo (harvesterjev) sta se v tujini lotila Gerasimov in Sokolov (2009). Ugotavljala sta skladnost ergonomskih kazalnikov s trenutno sprejetimi standardi. Ugotovila sta, da je bil strojnik zgibnega polprikoličarja kar 23 % celotnega posnetega časa v neudobnem delovnem položaju. Najpogostejši vzroki so bili neudobni delovni položaji telesa in glave pri nalaganju in premiku stroja. Podobno so ugotovili tudi Rehn in sod. (2005a), ki navajajo podatek 10 - 19 % celotnega posnetega časa.

Gerasimov in Sokolov (2009) ugotavljata, da je bila med vsemi ergonomskimi kazalniki za zgibne polprikoličarje najslabše ocenjena vidljivost v smeri vožnje, kabina in položaj sedeža ter ropot, ki je presegel dovoljene vrednosti veljavnih standardov. Avtorja navajata tudi skupno ergonomsko primernost posameznega modela stroja. Timberjack 1110D ter

John Deere 1410D sta se izkazala kot »udobna«, medtem ko sta se Valmet 840.3 ter Timberjack 1010D izkazala kot »relativno neudobna«. Avtorja ugotavljata, da novejši modeli proizvajalcev John Deere ter Volvo dosegajo najboljše ergonomske rezultate, pri čemer sta ugotovila, da je star ruski gosenični traktor TDT-55A za današnje čase ergonomsko neprimeren. Stroji za sečnjo in zgibni polprikoličarji so pokazali dobre rezultate tudi pri indikatorjema ponovljivost in kompleksnost dela. Pri ropotu so se najboljše izkazali stroji za sečnjo, sledili so jim zgibni polprikoličarji, zelo slabo pa so se izkazali gosenični traktorji ruske izdelave TDT-55A ter TLT-100. Na splošno se je tehnologija strojne sečnje in spravila lesa v smislu ergonomije ter poklicnega zdravja pokazala kot najprimernejša. Kot najboljši so se izkazali stroji proizvajalca John Deere, kot najslabši pa starejši stroji ruske izdelave. Ugotovitve sta avtorja potrdila z dodatno raziskavo (Gerasimov in Sokolov, 2013).

Raziskovanja ergonomske primernosti zgibnih polprikoličarjev so se lotili tudi Rehn in sod. (2005b). Avtorji trdijo, da pri pregledu znanstvene literature še niso našli raziskav narejenih na podlagi terenskih raziskav med dejanskim obratovanjem. Raziskavo so naredili na 10-ih različnih terenih, z 11-imi vozniki ter na 7-ih različnih zgibnih polprikoličarjih, težkimi med 13 in 20 ton. Vsi so imeli 8 koles, z boogie sistemom za traktor in prikolico. Ugotovili so, da so vibracije odvisne od podlage ter od modela stroja. Najučinkoviteje jih zmanjšamo s tehničnimi izboljšavami, načinom vožnje (še posebno pri polni vožnji) in izogibanju dela v najtežjih delovnih razmerah.

Synwoldt in Gellerstedt (2003) navajata, po mnenju 345 operaterjev strojev za strojno sečnjo in 285 operaterjev zgibnih polprikoličarjev, da je največji ergonomski primanjkljaj strojev za strojno sečnjo in spravilo dostop do kabine (21 %), sledi mu ropot (17 %), sedež (16 %), osvetljenost (12 %), vibracije (11 %) ter vidljivost (9 %). Avtorja trdita, da se investicija v izboljšano ergonomsko primernost izplača, če stroj za strojno sečnjo dela vsaj 200 dni na leto. Dobro ergonomsko opremljeno delovno sredstvo pa lahko predstavlja tudi t.i. »ergonomsko zanko«, saj je lahko operater takšnega stroja še bolj obremenjen. Vzrok lahko najdemo v dejstvu, da je strojnik stroja, ki ga je lahko vzdrževati in uporabljati, zaradi povečane učinkovitosti in podaljšanih delovnih ur še bolj obremenjen kot pri ergonomsko slabše zasnovanem delovnem sredstvu.

3.2 STRUKTURA DELOVNEGA ČASA

Proučevanje strukture delovnega časa je zelo pomembno zaradi trajanja izpostavljenosti jakosti ropota na delovnem mestu.

Preglednica 1: Strukture delovnega časa zgibnega polprikoličarja različnih avtorjev

	Struktura delovnega časa (%)					
	Seixas in sod. (1999)	Messingerová in sod. (2005)	Rehn in sod. (2005b)*	Rehn in sod. (2005b)	Odar (2011)	Gerasimov in Sokolov (2013)
Prazna vožnja	8,4	15	7 - 15	4-16	5,6	8
Nakladanje	49,8	47	32 - 59	43-49	53,7	
Premik					17,3	
Polna vožnja	18,5	17	3 - 20	6-21	8,5	16
Razkladanje	22,8	21	6 - 22	48-13	15	
Nakladanje in razkladanje						73
Zavzemanje položaja						3
Tehnična pavza	0,5					

*Kellog in Bettinger, 1994; Lund, 2000; Sambo, 1999, cit. po Rehn in sod., 2005b

V Preglednici 1 so zbrane strukture časa za delo zgibnega polprikoličarja različnih avtorjev. Seixas in sod. (1999) navajajo strukturo delovnega časa za polprikoličar VALMET 363 v brazilskih evkaliptusovih plantažah, medtem ko Rehn in sod. (2005) navajajo strukturo delovnega časa za delo v srednje-evropskih gozdovih sedmih različnih zgibnih polprikoličarjev s težo med 13 in 20 ton. Na Slovaškem so Messingerová in sod. (2005) ugotovili strukturo delovnega časa za zgibni polprikoličar Timberjack 1110D. Odar (2011) je raziskovala razliko med težavnostjo dela pri klasični (gozdni delavec sekač z motorno žago in traktorist) in strojni (stroj za strojno sečnjo in zgibni polprikoličar) tehnologiji sečnje in spravila lesa. Strojno spravilo lesa je bilo opravljeno s strojem John Deere 1410D. Izpostaviti moramo, da je snemanje trajalo zgolj 58 minut, pri tem pa ni bilo posnetega neproduktivnega časa. Uporabljene metodologije delitev na osnovne delovne operacije so bile zelo različne, kar otežuje primerjavo izsledkov raziskav. Kljub temu lahko razberemo, da so Saixas in sod. (1999), Messingerová in sod. (2005) ter Rehn in sod. (2005b) prišli do zelo podobnih rezultatov za osnovne štiri delovne operacije; prazno

vožnjo (4-16 %), nakladanje (32-59 %), polno vožnjo (3-21 %) ter razkladanje (6-48 %). Nekoliko drugačne rezultate navajata samo Odar (2011) ter Gerasimov in Sokolov (2013), kar pa je posledica drugačnih definicij osnovnih delovnih operacij. V kolikor relativne čase omenjenih raziskav smiselno razdelimo na iste osnovne delovne operacije, lahko zaključimo, da se vsi rezultati časovnih struktur gibljejo v dokaj podobnih relativnih deležih.

3.3 OBREMENITVE Z ROPOTOM

Ropot gozdarskih strojev je večinoma generiran s strani motorja stroja, izpušnega sistema, klimatske naprave in njenih ventilatorjev, transmisije, hidravlike ali zaradi delovanja samega. Ropot transmisije, hidravličnih črpalk in hidravličnih ventilov je večino prenesen do kabine po prenašalnih strukturah, kar pomeni, da je ropot najmanjši, kadar sta kabina in motor ločena oz. na različnih delih stroja. S tem se izognemo večini ropota šasije, vibracijam in tudi resonanci. Ker se ropot izpušnega sistema, ventilatorjev in delovnega procesa prenaša po zraku, bi morala biti kabina zvočno izolirana, da bi preprečila vdor takšnega ropota (Frumerie, 1999). Seixas in sod. (1999) ugotavljajo, da pri traktoristih proces poškodb sluha navadno traja od 5 do 10 let preden se pojavijo dokazane izgube sluha.

Tako v tuji kot tudi domači literaturi je raziskav na temo ropota pri strojni sečnji zelo malo, zato v nadaljevanju povzemamo nekaj virov, ki se ukvarjajo s študijo ropota pri spravilu lesa z različnimi pravičnimi sredstvi ter študijo ropota pri gradnji gozdnih prometnic.

Obremenitve strojnika gradbenih strojev z ropotom, izmerjenim v kabini, pri gradnji novih gozdnih vlak z dvema različnima bagroma je proučeval Šterbenk (2013). V GGO Slovenj Gradec se je skozi produktivni čas jakost ropota pri delu z manjšim bagrom Takeuchi TB 070 enakomerno gibala med 64 in 101 dB(A). Za GGO Kočevje navaja vrednosti 34–102 dB(A), pri čemer so bila opazna znatno manjša nihanja med posameznimi operacijami, kar naj bi bila posledica večje velikosti stroja Caterpillar 323 D. V GGO Slovenj Gradec se je konična raven zvočnega tlaka (LCpeak) gibala med 115 in 129 dB(C), v GGO Kočevje

pa med 122 in 128 dB(C). Ugotovljeno je bilo tudi znižanje za 0,14 dB(A) pri odprtih oz. povišanje za 0,19 dB(A) pri zaprtih vratih kabine. Vzrok za nelogičen rezultat je v tem, da so bila vrata odprta med neproduktivnim časom (motor stroja je bil ugasnjen ali v »prostem« teku), zaprta pa v produktivnem času (motor stroja je bil obremenjen). Na višje ravni impulzivnega zvoka pozitivno vpliva kamnita matična podlaga ter kovinske gosenice. Izračunani sta bili tudi osemurni modelni obremenitvi; za GGO Slovenj Gradec je znašala 74,20 dB(A), za GGO Kočevje pa 77,14 dB(A).

Obranovič (2013) je proučeval ropot pri delu z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V. Za delovni čas navaja gibanje ekvivalentne jakosti ropota med 58 in 109 dB(A). Za produktivni čas v traktorju navaja podatek 84,5 dB(A), za produktivni čas zunaj traktorja vrednost 97,4 dB(A), za celoten produktivni čas 94,1 dB(A), za neproduktivni čas v traktorju 84,6 dB(A), neproduktivni čas zunaj traktorja 85,1 dB(A) ter za celoten neproduktivni čas jakost ropota 85 dB(A). Ekvivalentna jakost ropota v delovnem času je znašala 92 dB(A). Visoke vrednosti ropota so predvsem posledica uporabe motorne žage.

Obranovič (2013) je naredil primerjavo obremenjenosti med kategorijami vlačjenja lesa. Pri spravilu lesa navzgor je bila obremenitev delavca z ropotom višja pri polni vožnji (85,1 dB(A)), medtem ko je bila pri spravilu navzdol višja pri prazni vožnji (84,7 dB(A)). Izkazalo se je, da so obremenitve največje pri vožnji navzgor, z ali brez bremena.

Žunič (2010) je ugotovil, da je traktorist bistveno bolj obremenjen z ropotom kadar je zunaj kabine, še posebno ob dodatni uporabi motorne žage. Do enakega sklepa je prišel tudi Obranovič (2013).

Strojnik zgibnega polprikoličarja večino svojega delovnega časa preživi v notranjosti kabine (Messingerová in sod., 2005; Rehn in sod., 2005; Gerasimov in Sokolov, 2009; Odar, 2011), zato lahko njegovo delo neposredno primerjamo z delovnimi operacijami, pri katerih je tudi traktorist v kabini. Žunič (2010) ter Obranovič (2013) navajata naslednje obremenitve z ropotom za delovne operacije, ki jih traktorist izvaja v kabini:

Preglednica 2: Primerjava raziskav Žunič (2010) ter Obranovič (2013)

	LAeq (dB(A))	
	Žunič (2010)	Obranovič (2013)
Polna vožnja	94,0	84,8
Prazna vožnja	92,0	83,9
Privlačevanje (v traktorju)	87,0	82,3
Premik med zbiranjem	82,0	83,1
Premik po skladišču	84,8	84,0
Rampanje	86,4	85,3

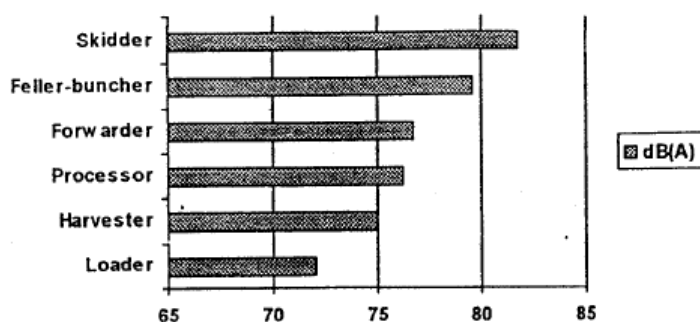
Žunič (2010) in Obranovič (2013) sta analizirala tudi konično raven zvočnega tlaka pri spravilu lesa. Obranovič (2013) je za delovni čas ugotovil, da so najbolj obremenjujoče naslednje delovne operacije: privlačevanje (140,7 dB(C)), krojenje (139,0 dB(C)), premik po skladišču (133,6 dB(C)) ter polna vožnja (133 dB(C)), Žunič (2010) pa naslednje: polna vožnja (136,1 dB(C)), privlačevanje (136,1 dB(C)) ter odvezovanje (136,5 dB(C)).

Žunič (2010) in Obranovič (2013) podajata tudi modelne izračune obremenitev traktorista z ropotom. Obranovič (2013) je ugotovil, da znaša modelna obremenitev korigirana z impulzivno vrednostjo 89,7 dB(A), ker je nad mejno vrednostjo izpostavljenosti Pravilnika ... (2006). Zelo podobno vrednost (89,55 dB(A)) navaja tudi Žunič (2010). Obranovič (2013) je izračunal tudi modelno vrednost konične ravni zvočnega tlaka, ki je znašala 140,7 dB(C), kar pomeni, da je presegla mejno vrednost glede na Pravilnik ... (2006). Žunič (2010) podatka za modelno vrednost konične ravni zvočnega tlaka ne navaja, ugotavlja pa, da sta bili delovni operaciji privlačevanje ter privlačevanje v traktorju delovni operaciji z eno najvišjih - 136 dB(C) in eno najnižjih vrednosti - 119 dB(C) konične ravni ropota. Slednji zato sklepa, da je ustrezno izolirana traktorska kabina zadržala znatni delež konične jakosti ropota ter tako pripomogla k varovanju sluha traktorista. Žunič (2010) še ugotavlja, da bi bila lahko razlika med obremenjenostjo z ropotom starejših in mlajših strojev rezultat tehničnega napredka, pa tudi napredka v ergonomskem oblikovanju dela, saj so se terenske razmere izpred 30 let pa vse do danes le malo spremenile.

Obranovič (2013) za zmanjševanje težavnosti dela in obremenitev delavca z dejavniki delovnega okolja predlaga obvezno uporabo osebne varovalne opreme, organizacijske ukrepe v smislu menjave delovnih mest ter podaljšanja realiziranega časa delovnika in

izobraževanje oz. osveščanje delavca traktorista o primernem načinu opravljanja dela, predvsem optimizacije bremena glede na delovne razmere in zmanjšanje tempa dela.

Seixas in sod. (1999) so naredili raziskavo ropota takrat relativno novih zgibnih polprikoličarjev VALMET 363, strojev za strojno sečnjo VALMET 601 in CAT 320, procesorjev, zgibnikov in ostalih. Noben stroj ni presegel brazilske dopustne meje 85 dB(A) za 8-urni delovnik, zato uporaba glušnikov pri delu ni bila obvezna, je pa bila priporočena. Dopustni meji se je najbolj približal zgibni traktor z ropotom 82 dB(A), obremenitev zgibnega polprikoličarja je znašala 77 dB(A), obremenitev stroja za strojno sečnjo pa 75 dB(A) (Slika 1, Preglednica 3 in 4).



Slika 1: Obremenitve z ropotom pri delu z različnimi delovnimi sredstvi (Seixas in sod., 1999)

*Skidder – zgibnik, feller-buncher – stroj za podiranje, forwarder – zgibni polprikoličar, harvester – stroj za strojno sečnjo, loader – stroj za nakladanje, nakladač.

Preglednica 3 prikazuje obremenitve z ropotom pri delu s stroji za strojno sečnjo. Vrednost ropota za stroj za strojno sečnjo VALMET 601 je v prostem teku pri odprti kabini (zaradi vročine) znašala 68,1 dB(A), medtem ko je za isti stroj za strojno sečnjo v prostem teku ter pri zaprti kabini znašala 63,6 dB(A). Za stroj za strojno sečnjo CAT 320 je znašal ropot v prostem teku 65,4 dB(A). Le-ta se je pri vključenih klimatskih napravah povečal za 3,7 dB(A) ter za 6,6 dB(A) ob vključenem radiu.

Preglednica 3: Obremenitve z ropotom pri delu s stroji za strojno sečnjo (Seixas in sod., 1999)

	Ropot v dB(A)		
	VALMET 601 (odprta kabina)	VALMET 601 (zaprta kabina)	CAT 320
Podžagovanje	83,4	74,4	75,3
Kleščenje	84,0	75,0	75,0
Prežagovanje	83,6	77,0	75,3
Premik	83,4	75,3	74,5
Zastoj zaradi tehničnih sredstev	76,5	70,6	73,7
Povprečje	83,4	75,1	74,8

Seixas in sod. (1999) navajajo tudi obremenitve z ropotom za zgibni polprikoličar VALMET 363 (Preglednica 4). Obremenitev z ropotom v prostem teku je znašala 69,9 dB(A), povprečna obremenitev med delom pa med 76,1 in 77,7 dB(A). Kot najbolj obremenjujoče so se izkazali delovni operaciji prazna in polna vožnja z najvišjimi dnevnimi vrednostmi 76,7, 82,0 ter 78,4 dB(A). Avtorji navajajo tudi povišanje ropota ob uporabi klimatske naprave za 5,1 dB(A) ter ob uporabi radia zvišanje za 0,8 dB(A).

Preglednica 4: Obremenitve z ropotom pri delu z zgibnimi polprikoličarji VALMET 363 (Seixas in sod., 1999)

	Ropot v dB(A)		
	Zgibni polprikoličar 1	Zgibni polprikoličar 2	Zgibni polprikoličar 3
Nakladanje	76,4	76,0	76,1
Polna vožnja	76,5	81,7	76,0
Razkladanje	76,3	74,1	75,9
Prazna vožnja	76,7	82,0	78,4
Tehnična pavza	72,5	-	72,2
Povprečje	76,4	77,7	76,1

Seixas in sod. (1999) priporočajo redno vzdrževanje klimatskih naprav iz dveh razlogov:

- redno vzdrževanje znižuje ropot klimatske naprave, saj ta učinkovito dela pri nižjih vrtiljajih motorja in ventilatorja,

- redno vzdrževanje zmanjša možnost okvare in s tem možnost, da bo delavec zaradi pokvarjene klimatske naprave delo nadaljeval z odprto kabino, kar bi povzročilo višje vrednosti ropota v kabini in s tem višjo obremenitev delavca.

Eni redkih, ki so se ukvarjali s temo ropota pri strojni tehnologiji sečnje in spravila lesa v novejšem času so Messingerová in sod. (2005). Ropot je bil izmerjen v notranjosti zaprte kabine. Pri sečnji s harvesterjem FMG 990 LOKOMO je bila ugotovljena najvišja vrednost ropota pri premiku stroja, kar naj bi povzročilo delovanje motorja pri večjih obratih. Zaradi dobro protihrupno izolirane kabine ni bilo zaznati značilnih razlik znotraj istih delovnih operacij. Je pa bila zaznana razlika med vključitvijo prezračevanja. Pred vključitvijo je znašal ropot 69 dB(A), po vključitvi klimatskega prezračevanja pa 72,7 dB(A); vklop klimatskega prezračevanja je tako povečal obremenitev z ropotom za 3,7 dB(A). Ugotovljena je bila tudi 8-urna ekvivalentna jakost ropota LAeq za stroj za strojno sečnjo, ki je znašala 69,9 dB(A).

Messingerová in sod. (2005) so opravili merjenje ropota tudi na zgibnem polprikoličarju Timberjack 1110D. Ugotovljena obremenitev strojnika z ropotom je bila 74 dB(A). Raziskava je razkrila naslednje obremenitve po delovnih operacijah: nakladanje 73,7 dB(A), polna vožnja 78,8 dB(A), razkladanje 73,8 dB(A) ter prazna vožnja 78,9 dB(A). Avtorji raziskave za 4 dB(A) višje ravni ropota pri zgibnem polprikoličarju v primerjavi s strojem za sečnjo pripisujejo večjemu deležu gibanja pri zgibnem polprikoličarju, kar ima za posledico višje obrate motorja in s tem tudi višje vrednosti ravni ropota.

Mederski in sod. (2005) so ugotovili jakost ropota pri strojnem spravilu lesa z zgibnim polprikoličarjem VIMEK 606 6WD. Ropot so merili v kabini, v čistem sestoji bora. V času vožnje so ugotovili povprečno obremenjenost 90,2 dB(A), medtem ko so v času nakladanja ugotovili vrednost 85,2 dB(A). Ugotovili so tudi statistično značilne razlike med porabo časa za premike med nakladanjem pri različnih gostotah sečno-spravičnih poti, niso pa ugotovili statistično značilnih razlik v trajanju nakladanja med različnimi gostotami prometnic. Avtorji zaradi visokih ravni ropota strojnikom priporočajo uporabo osebne varovalne opreme za sluh.

4 DELOVNE HIPOTEZE

Skladno z namenom naloge, z osebnimi izkušnjami in opažanji ter z rezultati dosedanjih raziskav, smo postavili naslednji hipotezi:

1. Obremenitve z ropotom naraščajo z naraščanjem deleža polne in prazne vožnje v strukturi delovnega časa oziroma z zmanjševanjem odprtosti s primarnimi prometnicami.

Od. 1.) Jakost obremenitve z ropotom je interakcija obremenitve z ropotom in časovne izpostavljenosti. Predpostavili smo, da bo strojnik med delovnima operacijama prazna in polna vožnja najbolj obremenjen z ropotom, kar pomeni, da bi skupna obremenitev morala naraščati z naraščanjem pravilne razdalje oz. z zmanjševanjem odprtosti gozdov s primarnimi prometnicami (naraščanjem deleža polne in prazne vožnje v strukturi časa).

2. Obremenitve z ropotom na podlagi Evropske direktive 2003/10/EC ter Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) na območjih visokega krasa ne presegajo mejnih vrednosti 87 dB(A) oz. 140 dB(C).

Od. 2.) Dosedanje raziskave kažejo, da je strojnik zgibnega polprikoličarja, kljub zelo različnim delovnim razmeram celotnega sveta, izpostavljen jakostim ropota manjšim od mejnih vrednosti Evropske direktive 2003/10/EC ter Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006), zato enako pričakujemo tudi za delovne razmere visokega krasa.

5 OBJEKTI IN METODE RAZISKOVANJA

5.1 SHEMA RAZISKAVE

Cilj raziskave je bil posneti spravilo lesa s petimi različnimi modeli zgibnih polprikoličarjev istega proizvajalca. Osnovna statistična enota je bil en cikel spravila lesa, zato smo za reprezentativen vzorec spravila lesa z istim strojem potrebovali minimalno 5 ciklov oziroma vsaj 5 ponovitev spravila lesa. Kljub temu je bila naša želja celodnevna meritev ropota v skladu z navodili za celodnevne meritve mednarodnega standarda SIST EN ISO 9612:2009. Zaželeno so bile različne starosti strojev ter različne pravilne razdalje.

5.2 OBJEKTI RAZISKOVANJA

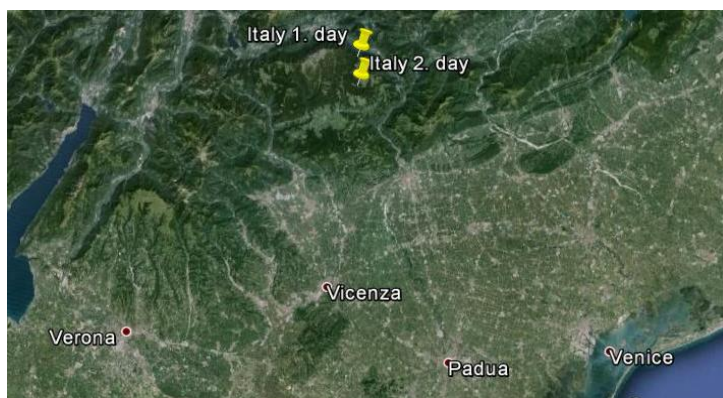
5.2.1 Lastnosti območja raziskovanja

Raziskava vpliva delovnih razmer na obremenitve strojnika zgibnega polprikoličarja z ropotom je nastala v sodelovanju z Univerzo v Padovi, Fakulteto za agro-gozdarstvo. Del meritev smo opravili v Italiji (2 snemalna dneva), del meritev pa v Sloveniji (3 snemalne dneve) (Slika 2).



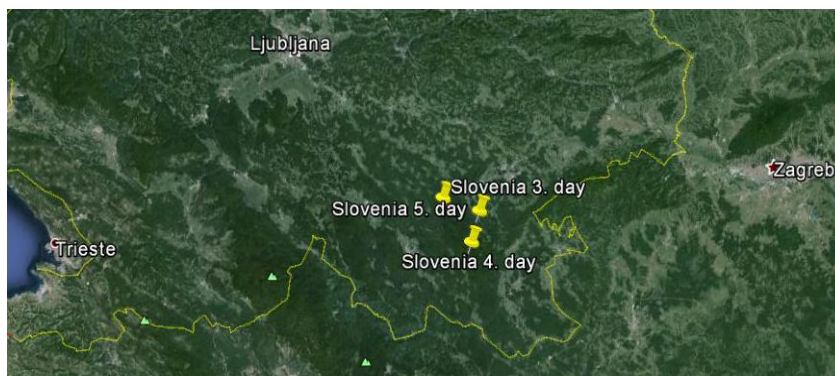
Slika 2: Prikaz lege delovišč na ravni Evrope

V Italiji (Slika 3) je terensko zbiranje podatkov potekalo na dveh deloviščih na obrobju Padske nižine in sicer na platoju Asiago na približni nadmorski višini 1200 m. Gre za visoko kraško planoto, katere bogat naravni jelovo-bukov gozd (*Abieti-fagetum*) je bil skoraj popolnoma uničen v obdobju 2. svetovne vojne. Po končani vojni so uničeno območje sanirali s saditvijo smreke po vzoru nemške šole. Pri tem so v naravne jelove-bukove gozdove vnesli tudi evropski macesen. Zadnja leta se soočajo s podobnimi težavami kot v Sloveniji – smrekove monokulture pospešeno propadajo. Prvi dan smo tako opravili meritve pri izbiralnem redčenju v debeljaku s posameznimi primeri sanitarne sečnje, drug dan pa pri sanitarni sečnji s posameznimi primeri izbiralnega redčenja (Preglednica 5).



Slika 3: Prikaz lege delovišč v Italiji

V Sloveniji (Slika 4) so meritve potekale na treh deloviščih na skrajnem jugovzhodu države, v gozdnogospodarskem območju (v nadaljevanju GGO) Kočevje in GGO Novo mesto. Tudi tokrat so meritve potekale na območju visokega krasa na rastiščih *Abieti-fagetum*, le da je bilo v slovenskih gozdovih veliko več listavcev, predvsem hrasta in bukve. Snemanje je potekalo v gozdnogospodarski enoti (v nadaljevanju GGE) Grintavec (GGO Kočevje) ter v GGE Črmošnjice in GGE Podturn (obe GGO Novo mesto). Prvi in drugi snemalni dan so meritve potekale pri redni sečnji - izbiralnem redčenju v debeljaku, tretji snemalni dan pa pri izbiralnem redčenju s posameznimi primeri sanitarne sečnje v drogovnjaku smrekove monokulture s primesjo listavcev (Preglednica 5).



Slika 4: Prikaz lege delovišč v Sloveniji

Odredba o določitvi normativov za dela v gozdovih (1999) določa kategorizacijo sekundarnih prometnic glede na naklon vlake. Prilagojeno kategorizacijo smo privzeli tudi za kategorizacijo sečno-spravičnih poti:

- **Navzgor:** povprečni naklon sečno-spravičnih poti nad + 5 % v smeri polne vožnje.
- **Ravno:** sečno-spravične poti brez večjih protivzponov s povprečnim naklonom od - 5 % do + 5 %.
- **Navzdol:** povprečni naklon sečno-spravičnih poti nad - 5 %.

Eden od potencialnih vplivnih faktorjev na obremenitev z ropotom je lahko fizično stanje sečno-spravičnih poti. Fizično stanje smo opisali z naslednjo kategorizacijo:

- **Suha:** sečno-spravične poti so v suhem stanju, zgibni polprikoličar ni podvržen nevarnosti zdrsa.
- **Mokra:** sečno-spravične poti so mokre, prst je razmočena, zgibni polprikoličar je podvržen nevarnostim zdrsa koles.

Vsa delovišča so se nahajala na območju visokega krasa z izrazitimi kraškimi pojavi kot je valovit teren z uvalami in vrtačami. Kljub temu na nobenem od delovišč ni bilo velike kamnitosti niti skalovitosti (Preglednica 5 in Slike 5-9). Meritve so prve 3 dni potekale na suhih sečno-spravičnih poteh, 4. dan je bil prisoten rahel dež, 5. dan pa se je na polovici merjenja pojavil rahel dež, ki je prešel v zmerne padavine na koncu snemalnega dne. Prve 4 dni je spravilo potekalo navzdol, zadnji dan pa po ravnem. Na deloviščih v Sloveniji je opazen večji del listavcev, ki so 4. dan celo prevladovali v skupnem spravilu (Preglednica 5).

Preglednica 5: Lastnosti območja raziskovanja

	Snemalni dan				
	1	2	3	4	5
Datum	24.9.2013	25.9.2013	8.10.2013	9.10.2013	10.10.2013
Dan	Torek	Sreda	Torek	Sreda	Četrtek
Lokacija	Giogomalo (Comune di Grigno)	Campocavallo (Comune di Enego)	GGE Grintovec, odd. 105	GGE Črmošnjice, odd. 24 b	GGE Podturn, odd. 117 b
Rastl. zdržba	<i>Abieti - fagetum</i>	<i>Abieti - fagetum</i>	<i>Abieti - fagetum dinaricum typicum</i>	<i>Abieti - fagetum dinaricum typicum</i>	<i>Abieti - fagetum dinaricum typicum</i>
Vrsta poseka	Izbiralno redčenje	Sanitarna sečnja	Izbiralno redčenje	Izbiralno redčenje	Izbiralno redčenje s sanitarno sečnjo
Skalovitost (%)	<5	10	< 1	< 5	<5
Naklon (%)	15	20	15	15	<5
Mešanost (%)	100 % IGL	100 % IGL	80 % IGL, 20 % LST	40 % IGL, 60 % LST	60 % IGL, 40 % LST
Fizično stanje SSP	Suha	Suha	Suha	Mokra	Mokra
Vreme	Brez padavin	Brez padavin	Brez padavin	Rahel dež	Dež na koncu del. dneva
Ocenjena temp. (°C)	3 - 20	2 - 18	5 - 15	5 - 18	5 - 19
Kategorija spravila	NAVZDOL	NAVZDOL	NAVZDOL	NAVZDOL	RAVNO

*IGL - iglavci, LST - listavci, SSP – sečno-spravilna pot



Slika 5: Delovne razmere – 1. dan



Slika 6: Delovne razmere – 2. dan



Slika 7: Delovne razmere – 3. dan (Foto: Stefano Grigolato)



Slika 8: Delovne razmere – 4. dan (Foto: Stefano Grigolato)



Slika 9: Delovne razmere – 5. dan (Foto: Stefano Grigolato)

5.2.2 Lastnosti spravilnih sredstev

Vse meritve ropota so potekale na zgibnih polprikoličarjih znamke John Deere in sicer:

- 1. snemalni dan: John Deere 1110 E (v nadaljevanju JD1),
- 2. snemalni dan: John Deere 1110 D (v nadaljevanju JD2),
- 3. snemalni dan: John Deere 1210 E (v nadaljevanju JD3),
- 4. snemalni dan: John Deere 1410 D (v nadaljevanju JD4),
- 5. snemalni dan: John Deere 1210 E (v nadaljevanju JD5).

Preglednica 6: Lastnosti spravilnih sredstev

	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5
Del. sredstvo	John Deere 1110 E	John Deere 1110 D	John Deere 1210 E	John Deere 1410 D	John Deere 1210 E
Leto izdelave	2012	2002	2013	2007	2011
Delovne ure	3700	17000	1760	10380	5374
Boogie na traktorju	Brez	Verige na 2. boogie sistemu	Verige na obeh boogie sistemih	Verige na obeh boogie sistemih	Verige na obeh boogie sistemih
Boogie na polprikolici	Brez	Kovinske gosenice	Kovinske gosenice	Kovinske gosenice	Kovinske gosenice
Zadnji redni servis	Junij 2013	Ni podatka	/	Ni podatka	September 2013
Pnevmatike	600/55 R26.5 Nokian	700/50 R36.5 Nokian	600/55 R26,5 Nokian, Forest Rider	600/55 R26,5 Nokian, Forest Rider	600/55 R26,5 Nokian, Forest Rider

Vsa spravilna sredstva so bila relativno nova, razen JD2 ter JD4. Oba stroja sta bila pri koncu amortizacijske dobe. Slednje se je malenkost poznalo na slabšem delovanju dvigala JD4. Ostalih večjih težav pri delovanju ni bilo opaziti. Zgibni polprikoličarji v Sloveniji so bili (najverjetneje zaradi težjih terenskih razmer Dinarskega gorstva) prav vsi opremljeni z gosenicami na polprikolici kakor tudi z verigami na kolesih traktorja. Nasprotno so bili zgibni polprikoličarji v Italiji slabše opremljeni za primer zdrsa; JD2 je imel verige le na enem paru traktorskega boogia ter gosenice na polprikolici, medtem ko JD1 dodatne opreme proti zdrsu ni imel nameščene (Preglednica 6).



Slika 10: John Deere 1110 E in 1110D – 1. in 2. dan (Foto: Stefano Grigolato)



Slika 11: John Deere 1210 E in 1410D – 3. in 4. dan (Foto: Stefano Grigolato in Marco Pellegrini)



Slika 12: John Deere 1210 E – 5. dan (Foto: Marco Pellegrini)

5.2.3 Lastnosti strojnikov

Vsi strojniki so bili brez posebnih nezdravih navad, bolezni ali težjih poškodb. Zaradi psihične zahtevnosti dela si prav vsi vzamejo čas za glavni odmor. Dva strojnika sta bila zelo izkušena, eden srednje, dva pa s komaj tremi meseci delovnega staža. Vsi strojniki v Sloveniji so imeli ustrezno izobrazbo za delo v gozdu, nasprotno pa noben od strojnikov v Italiji takšne izobrazbe ni imel (Preglednica 7).

Preglednica 7 : Splošne lastnosti strojnikov

	JD1	JD2	JD3	JD4	JD5
Starost (leta)	50	32	25	29	29
Višina (cm)	181	175	183	184	172
Teža (kg)	82	78	84	93	76
Gozdarska izobrazba	Samo praktične izkušnje	Samo praktične izkušnje	NPK za MŽ, dvigalo, HAR + FOR*	NPK za MŽ, dvigalo, HAR + FOR*	NPK za MŽ, dvigalo, HAR + FOR*
Delovne izkušnje z ZP*	5 let	3 mesece	3,5 let	3 mesece	1 leto
Glavni odmor	Da	Da	Da	Da	Da

*ZP – zgibni polprikoličar, NPK – nacionalna poklicna kvalifikacija, MŽ – motorna žaga, HAR + FOR – stroj za strojno sečnjo + zgibni polprikoličar, JD - John Deere.

5.3 SESTAVINE IN SESTAVA DELOVNEGA ČASA

5.3.1 Časovna študija

Časovno študijo predstavlja merjenje, klasifikacija ter sistematična in kritična analiza porabe delovnega časa s ciljem povečati delovno učinkovitost (Björheden in Thompson, 2000). V naši raziskavi smo časovno študijo uporabili za ugotavljanje časa izpostavljenosti kot ene od glavnih komponent pri ugotavljanju obremenitev z ropotom. Izvedli smo jo s pomočjo kontinuirane metode.

5.3.2 Razčlenitev delovnega časa

Členitev spravila lesa na delovne operacije naredimo s pomočjo časovne študije. Namen časovne študije je zagotavljanje metode za razvoj znanja, ki bo služil kot podlaga dobrim odločitvam v kompleksnem svetu gozdarstva. Uporaba skupnega, t.j. mednarodnega jezika, z uporabo precizno definiranih pojmov poenostavi komunikacijo in zelo poveča učinkovitost raziskav na mednarodni ravni (Björheden in Thopson, 2000). Cilj magistrske naloge je bil napraviti mednarodno primerljivo študijo v raznolikih delovnih razmerah dveh držav, zato v nadaljevanju podajamo razdelitev delovnih operacij glede na mednarodno klasifikacijo IUFRO (Björheden in Thompson, 2000).

Delitev na delovne operacije in prijeme

Pričujoča raziskava je prva tovrstna v slovenskem prostoru, zato smo, v želji po čim podrobnejšem vpogledu v trajanje obremenitev in jakost obremenitve z ropotom, časovno študijo razdelili na delovne operacije, nekatere od teh pa na prijeme.

Prazna vožnja – cesta: delovna operacija pri kateri se strojnik pelje po gozdni cesti s praznim zgibnim polprikoličarjem. Začne se s premikom zgibnega polprikoličarja na skladišču ob gozdni cesti, konča se s premikom vozila na sečno-spravilno pot.

Prazna vožnja – pot: delovna operacija pri kateri se strojnik s praznim polprikoličarjem pelje po sečno-spravilni poti z namenom, da naloži nove lesne sortimente. Začne se z vstopom polprikoličarja na sečno-spravilno pot, konča pa z zaustavitvijo vozila v sestoju.

Nakladanje desno: čas, potreben za naložitev posameznih sortimentov, pri čemer poteka pobiranje sortimentov na desni strani vozila, gledano v smeri polprikolice proti traktorju.

Nakladanje levo: čas, potreben za naložitev posameznih sortimentov, pri čemer poteka pobiranje sortimentov na levi strani vozila, gledano v smeri od polprikolice proti traktorju.

Premik med nakladanjem – gor: čas, potreben za premik polprikoličarja od predhodnega do naslednjega mesta nalaganja sortimentov. Začne se s premikom in konča z zaustavitvijo stroja. Vedno se izvaja v sestoji, vozilo pa se premika navzgor.

Premik med nakladanjem – ravno: čas, potreben za premik polprikoličarja od predhodnega do naslednjega mesta nalaganja sortimentov. Začne se s premikom in konča z zaustavitvijo stroja. Vedno se izvaja v sestoji, vozilo pa se premika po ravnem.

Premik med nakladanjem – dol: čas, potreben za premik polprikoličarja od predhodnega do naslednjega mesta nalaganja sortimentov. Začne se s premikom in konča z zaustavitvijo stroja. Vedno se izvaja v sestoji, vozilo pa se premika navzdol.

Sortiranje v gozdu: čas, potreben za sortiranje sortimentov, ki ležijo na gozdnih tleh. Delovna operacija se izvaja vedno samo v sestoju.

Sortiranje na polprikolici: delovna operacija, pri kateri se izmeri čas, potreben za sortiranje sortimentov na polprikolici. V to delovno operacijo smo šteli razvrščanje po kakovosti ali po drevesnih vrstah zaradi nezadostnega sortiranja strojnika stroja za sečnjo – harvesterja. Sortiranje je vedno nastopilo po odložitvi tovara na polprikolico. Posneli smo naslednje vzroke za sortiranje:

- sortiranje zaradi kvalitete ali vrste lesa, ki se je opravilo zaradi hitrejšega razkladanja,
- sortiranje zaradi nepravilne razporeditve teže na polprikolici in posledično nevarnosti prevrnitve,
- sortiranje nastalo zaradi prevelikega sortimenta. Tovor je bilo potrebno premetati in največji ter najdebelejši sortiment položiti v najnižji centralni del polprikolice, s čimer je strojnik znižal ter hkrati centralni težišče polprikolice.

Polna vožnja – pot: operacija, pri kateri se breme pelje iz sestoja do pomožnega skladišča na kamionski cesti. Začne se s premikom stroja v sestoju in konča s prihodom stroja na gozdno cesto.

Polna vožnja – cesta: operacija, pri kateri se breme pelje iz sestoja do pomožnega skladišča na kamionski cesti. Začne se s prihodom stroja na gozdno cesto in konča z zaustavitvijo na pomožnem skladišču.

Priprava skladišča: delovna operacija, pri kateri strojnik pripravi prostor za novo pomožno skladišče. V našem primeru je šlo bodisi za izravnavo terena s hlodovino bodisi za postavitev kamenja, ki je preprečilo valjanje sortimentov na nagnjenem terenu.

Razkladanje: čas, potreben za razkladanje sortimentov iz polprikolice na pomožno skladišče. Postopek se konča, ko je polprikolica prazna, nakladalna roka pa varno pospravljena na polprikolici.

Premik po skladišču: premik, ki je potreben zaradi razvrščanja sortimentov po kakovosti, dolžini, drevesni vrsti ali željah kupca. Začne se s premikom in konča z zaustavitvijo vozila na pomožnem skladišču. Poleg standardnega poteka delovne operacije smo zabeležili tudi premik, ki je nastal zaradi kotalečih se hlodov ter premik, kjer je strojnik med gibanjem po pomožnem skladišču v hidravlični roki vlekel za sabo zelo težak hlod.

Sortiranje na skladišču: delovna operacija, v kateri strojnik opravi dodatno sortiranje sortimentov na skladišču. V večini primerov je šlo za dodatno sortiranje po kakovosti ali za prekladanje sortimentov. Sem smo šteli tudi pobiranje in manipulacijo kotalečih se hlodov.

Gozdni red: čas, ko strojnik opravlja dodatno zlaganje sečnih ostankov z namenom zadoščanja gozdnemu redu. Delovna operacija je bila zabeležena samo pri delu v slovenskih gozdovih. Ker smo predpostavili, da je opravljanje gozdnega reda delo stroja za sečnjo, zato smo jo uvrstili med neproduktivni čas.

Zastoj - delovna sredstva: delovna operacija, v kateri je delovni čas porabljen za vzdrževanje ali popravila strojev. V študiji smo zabeležili zastoj zaradi pregretja motorja, razna popravila, pa tudi prevrnitev prikolice, ki smo ji bili priča prvi snemalni dan.



Slika 13: Zastoj – delovna sredstva: prevrnjena polprikolica prvega dne

Zastoj – organizacija: čas, v katerem je delo strojnika moteno zaradi neustrezne organizacije dela: pogovor z nadrejenim, delo moteno zaradi skupinske proizvodnje (nakladanje kamiona, pomoč pri reševanju kamiona, obtičalega na blatni gozdni cesti), premisleka pred naslednjo potezo, hlodovine na cesti ali skal na vlaki in podobno.

Zastoj - osebne potrebe: čas, porabljen za fiziološke potrebe in psihični oddih.

Zastoj – meritve: čas, ko je delo strojnika moteno zaradi priprav, merjenja, nameščanja in pregledovanja snemalne opreme ali same fizične prisotnosti snemalcev.

Glavni odmor: odmor namenjen počitku in malici.

Pripravljalni čas: čas na začetku delovnega dneva, potreben za zagon in pripravo delovnega sredstva na delo. V to delovno operacijo smo vključili premik med lokacijo parkiranega stroja ter lokacijo dotakanja goriva, dotakanje goriva (Slika 14) in podmazovanje. Delovni operaciji je sledila prazna vožnja prvega cikla spravila lesa.



Slika 14: Dotakanje goriva s pomočjo kamionskega dvigala

Zaključni čas: sestoji iz časa, potrebnega za parkiranje in pripravo stroja za nov delovni dan oz. za pripravo stroja za naslednjo delovno izmeno. Za namen študije smo v ta čas šteli premik iz sestoja do mesta parkiranja, podmazovanje, natakanje goriva in parkiranje polprikoličarja na ustrezno mesto v gozdu ali ob kamionski cesti. Delovna operacija se je začela po končanem zadnjem ciklu spravila lesa do ugasitve delovnega sredstva.

Združevanje delovnih operacij in prijemov glede na IUFRO klasifikacijo

Delitev na delovne operacije in prijeme smo združili v večje enote v skladu z navodili IUFRO delitve delovnega časa (Björheden in Thompson, 2000). IUFRO delitev delovnega časa je narejena iz vidika predmeta dela, zato pride do odstopanj pri primerljivosti različnih

klasifikacij (npr. REFA) na ravni delitve na delovne operacije, največje razlike pa se pojavijo pri združevanju posameznih delovnih operacij v višje enote časa.

Kot že rečeno, IUFRO delitev dela temelji na opazovanju predmeta dela - v našem primeru sortimentov, zato loči naslednje skupine časa:

- Workplace Time (WP) ali slovensko čas na delovnem mestu,
- Work Time (WT) ali slovensko delovni čas,
- Non-work Time (NT) ali slovensko neproduktivni čas,
- Productive Work Time (PW) ali slovensko produktivni čas,
- Supportive Work Time (SW) ali slovensko dodatni čas.

IUFRO delitev časa uvršča delovne operacije, ko predmeti dela – t.j. sortimenti spreminjajo ali obliko ali položaj v prostoru med produktivni čas (PW). V to skupino časa spadajo naslednje delovne operacije: prazna vožnja, nakladanje, polna vožnja, razkladanje, premik po skladišču ter premik med nakladanjem. Med dodatni (SW) čas so uvrščene delovne operacije, ki nastanejo zaradi tehničnih zahtev delovnega sredstva (zastoj-delovna sredstva in pripravljajno-zaključni čas) ter delovna operacija gozdni red, saj gre za dodatno delo, ki je nujno potrebno za dokončanje dela na posameznem sečišču, delavec pa ga je primoran opraviti zaradi navodil nadrejenih. Ta čas v slovenskem gozdarstvu uvrščamo med neproduktivni čas oz. dodatni čas (Košir, 1996). V dodatni (SW) čas torej spadajo delovne operacije, za pojav katerih strojnik oz. človek ni subjektivno odgovoren. Delovne operacije, ki nastanejo pretežno zaradi subjektivnih potreb človeka oz. zaradi človeškega faktorja, so uvrščene v neproduktivni (NT) čas. Sem se uvrščajo delovne operacije zastoj-osebne potrebe, glavni odmor ter zastoj zaradi organizacije. Delovne operacije zastoj – meritve nismo vključili v analize podatkov. Le-te nismo upoštevali, saj je bila delovna operacija zastoj-meritve posledica motenja normalnega poteka delovnika zaradi prisotnosti merilcev (Preglednica 8).

Delitev na podfaze

Delovne operacije in prijeme smo združili v podfaze glede na premikanje stroja (Preglednica 8). Podfaza premika zajema delovne postopke, pri katerih se zgibni polprikoličar premika s kolesi, podfaza stoji pa zajema delovne operacije, pri katerih zgibni polprikoličar stoji (se ne giblje po prostoru). Delovne operacije neproduktivnega in dodatnega časa nismo uvrstili v podfaze, saj je takrat motor polprikoličarja ugasnjen ali pa je strojnik večinoma izpostavljen ropotu okolice in ne stroja.

Preglednica 8: Shematski prikaz delitve in uvrščanja delov časa v višje organizacijske enote po IUFRO klasifikaciji

IUFRO 1. raven	IUFRO 2. raven	IUFRO 3. raven	Podfaza	Delovne operacije	Prijemi
WP	WT	PW	Premika	Prazna vožnja	Prazna vožnja-cesta
					Prazna vožnja-pot
				Polna vožnja	Polna vožnja-pot
					Polna vožnja-cesta
				Premik med nakladanjem	Premik med nakladanjem-gor
					Premik med nakladanjem-ravno
					Premik med nakladanjem-dol
			Stoji	Premik po sklad.	Premik po skladišču
				Nakladanje	Nakladanje desno
					Nakladanje levo
					Sortiranje v gozdu
					Sortiranje na polprikolici
				Razkladanje	Sortiranje na skladišču
					Priprava skladišča
					Razkladanje
	NT	NT	/	Gozdni red	Gozdni red
				Zastoj-del. sred.	Zastoj-delovna sredstva
				Pripr.-zaklj. čas	Pripravljalni čas
					Zaključni čas
				Zastoj-org.	Zastoj-organizacija
				Zastoj-os. potrebe	Zastoj-osebne potrebe
ZM	ZM	ZM	ZM	Glavni odmor	Glavni odmor
ZM	ZM	ZM	ZM	ZM	Zastoj - meritve (ZM)

*WP – Work-Place Time, WT – Work Time, PW – Productive Work, SW – Supportive Work, NT – Non-work Time,
ZM – Zastoj-meritve

5.4 METODA RAZISKOVANJA IN OBDELAVE PODATKOV

5.4.1 Jakost obremenitve z ropotom

Meritve ropota smo izvedli ob strojnikovem desnem ušesu s pomočjo dozimetra Bruel & Kjaer 4445. Mikrofon smo pritrdili na ovratnik oblačila, na razdalji cca 10 cm od ušesa. Jakost ropota smo izmerili z zvočnima filtroma A in C. Ropot smo merili v sekundnih intervalih, snemali pa smo ga skozi celotni delovnik. Na ta način smo pridobili zelo dolge nize podatkov. Le-ti dajejo raziskavi dodatno težo, saj je večina tujih raziskav narejena na podlagi merjenja podatkov v trajanju samo nekaj ciklov in/ali samo nekaj minut.

Uporabljen merilnik ropota ima manjšo pomanjkljivost; omogoča namreč merjenje ropota samo v intervalu 70 dB. Glede na dosedanje izkušnje pri merjenju ropota zgibnega polprikoličarja smo se odločili za nastavitev merjenja od 50-120 dB. Posledica tega je bila, da je merilnik za vrednosti ropota nižje od 50 dB(A) privzel vrednost 0 dB(A). Pri obdelavi podatkov smo v takšnih primerih privzeli novo vrednost 50 dB(A). Le-ta je enaka približni vrednosti hrupa okolja, zato smo s tem načinom merjenja naredili zelo majhno sistematično napako. Večja napaka se je zgodila pri meritvah koničnih jakosti ropota saj smo, na podlagi izmerjenih podatkov ter na podlagi preizkušanj v laboratoriju, ugotovili, da je interval snemanja znašal med 83,0 dB(C) in 125,3 dB(C), kar pa je za tovrstno vrednotenje nepomembno območje, zato smo vrednotenje po tem kazalniku iz nadaljnjih analiz izpustili.



Slika 15: Dozimeter BRÜEL & KJAER 4445

Meritve ropota smo izvedli v skladu z navodili mednarodnega standarda SIST EN ISO 9612:2009 (v nadaljevanju ISO standard). ISO standard predvideva tri načine meritev obremenjenosti z ropotom. Uporabili smo metodo celodnevne meritve (ang. full-day measurement method). ISO standard opredeljuje tudi postopke izračunavanja obremenitev z ropotom. Uporabljene enačbe prikazujemo v nadaljevanju.

Izračun obremenjenosti z ropotom po prijemih, delovnih operacijah in delih časa (WP, WT, NT, PW, SW) ter podfazah v posameznem delovnem dnevu:

$$LA_{eq} = 10 \times \log\left(\frac{1}{T} \sum (10^{0,1 \times Li} \times ti)\right) \quad \dots(2)$$

LA_{eq} - ekvivalentna jakost ropota merjena s filtrom A

Li - jakost ropota i

ti - trajanje ropota i

T - celoten čas trajanja ropota.

Izračun normalizirane 8-urne obremenjenosti z ropotom $LA_{EX,8h}$ (v nadaljevanju LA_{ex8h}):

$$LA_{EX,8h} = LA_{eq,Te} + 10 \times \log\left(\frac{Te}{T_0}\right) \quad \dots(3)$$

$LA_{EX,8h}$ - dnevna 8-urna obremenjenost z ropotom

$LA_{eq,Te}$ - obremenitev v snemalnem času Te

T_0 - referenčno trajanje, $T_0 = 8h$.

Te – dejansko trajanje

Izračun obremenitve z ropotom za nominalni dan (ang. nominal day) oz. povprečen delovni dan:

$$LA_{eq} = 10 \times \log\left(\frac{1}{N} \sum_{N=1}^N (10^{0,1 \times LA_N})\right) \quad \dots(4)$$

LA_{eq} - nominalna oz povprečna obremenitev z ropotom

LA_N - obremenitev z ropotom v dnevu N

N – število posnetih delovnih dni

Izračun napake meritev u (ang. measurement uncertainty) in razširjene napake meritev U (ang. expanded measurement uncertainty) smo izvedli v skladu z navodili iz prilog C in F ISO standarda.

Jakosti ropota smo primerjali s Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) (v nadaljevanju Pravilnik ... (2006)) ter Evropsko direktivo 2003/10/EC (v nadaljevanju: Evropska direktiva (2003)), ki določata naslednje vrednosti izpostavljenosti:

- a) **mejni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za $L(EX,8h) = 87 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 200 \text{ Pa}$ (140 dB(C)),
- b) **zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za $L(EX,8h) = 85 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 140 \text{ Pa}$ (137 dB(C)),
- c) **spodnji opozorilni vrednosti izpostavljenosti**, ločeno za $L(EX,8h) = 80 \text{ dB(A)}$ in $p(\text{peak}) = 112 \text{ Pa}$ (135 dB(C)).

Pravilnik ... (2006) določa, da mora delodajalec pri določanju dejanske izpostavljenosti delavcev pri mejni vrednosti izpostavljenosti, upoštevati zmanjšanje ropota zaradi osebne varovalne opreme za varovanje sluha, ki jo nosi delavec, medtem ko za opozorilne vrednosti izpostavljenosti velja, da učinka osebne varovalne opreme ne sme upoštevati.

8. člen določa, da moramo pri izdelavi ocene tveganja zaradi izpostavljenosti delavcev ropotu upoštevati tudi impulzni značaj ropota. Impulznega značaja nismo izmerili, saj nam merilna naprava tega ni omogočala.

5.4.2 Meritve podolžnega profila in situacije sečno-spravičnih poti

Podolžni profil sečno-spravičnih poti smo izmerili s pomočjo trasirk ter elektronskega merilnika razdalje in naklona TRUPULSE 360 za vsak posamezen cikel spravila lesa (Slika 16). Meritve razdalje so bile izvedene na meter natančno, meritve naklona pa na 1 % natančno.



Slika 16: Elektronski merilnik razdalje in naklona TRUPULSE 360 (Foto: Stefano Grigolato)

5.4.3 Meritve učinkov pri spravilu lesa in razdalje polne vožnje

Delovne učinke smo merili hkrati s spravilom lesa. Premer sortimentov smo merili samo na delu sortimenta, ki je bil usmerjen proti gozdni cesti. Za takšno metodo smo se odločili, ker so kupi lesa pri proučevanem načinu spravila previsoki in bi bila hoja po njih prenevarna. Predpostavili smo, da so sortimenti naključno obrnjeni (glede na večji in manjši premer). Premer smo izmerili na 1 cm natančno, dolžino pa na 5 cm natančno. Pri koreničniku premera nismo merili čisto na začetku korenovca, ampak cca 10-20 cm od čela, da smo se izognili preveliki napaki merjenja zaradi oblike korenovca.

Izmerili smo tudi debelino lubja. Le-to smo merili na 1 mm natančno. Podatke o debelini lubja smo izmerili za smreko, hrast ter bukev. Iz teh podatkov smo izračunali bruto in neto volumen učinkov po posameznih delovnih ciklih. Za preračun neto volumna javorja smo uporabili podatke za debelino lubja bukve, za izračun neto volumna macesna in jelke pa podatke za debelino lubja smreke.

5.4.4 Obdelava podatkov

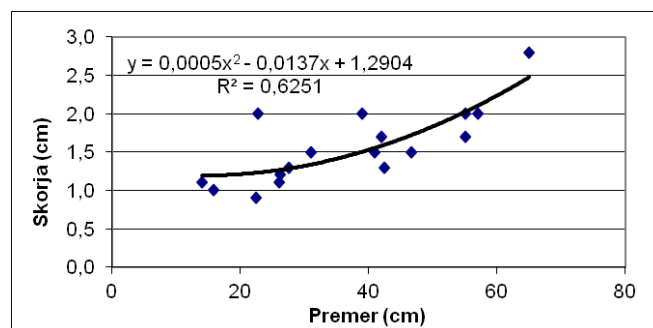
Osnovna vzorčna enota pri analizi razlik v obremenitvah med prijemi je bil posamezen prijem, pri analizi razlik med starimi in novimi stroji cikel spravila lesa, medtem ko je bila osnovna vzorčna enota pri analizi trajanja in analizi razlik v jakosti ropota med delovnimi operacijami posamezna delovna operacija znotraj enega cikla spravila lesa. Cikel smo v študiji časa definirali kot čas med začetkoma dveh praznih voženj, pri čemer delovne operacije pred prvim ciklom, glavni odmor in delovne operacije po končanem zadnjem ciklu nismo uvrstili v nobenega od ciklov. Slednje pomeni, da je bilo v osnovno vzorčno enoto enega cikla spravila lesa poleg trajanja in jakosti ropota v produktivnem času zajeto zelo malo dodatnega in neproduktivnega časa. Posledica tega je bila, da so se trajanje in jakost obremenitve z ropotom po kazalniku LAeq znotraj enega cikla spravila lesa za produktivni in delovni čas kot tudi čas na delovnem mestu razlikovali večinoma le za nekaj minut oziroma desetink dB(A). Iz teh dveh razlogov smo se odločili, da v nadaljevanju preverimo samo odvisnosti jakosti ropota za čas na delovnem mestu in produktivni čas ter posamezne delovne operacije znotraj tega časa, ne pa tudi za delovni čas.

Pri testih statističnih razlik so bili uporabljeni podatki z vsaj 5 ponovitvami osnovne statistične enote. Analiza je bila izvedena s pomočjo programskega orodja IBM SPSS Statistics, verzija 20 in Microsoft Excel 2007. Statistične obdelave podatkov so zavzemale opisno statistiko (velikost vzorca, povprečna vrednost ter standardni odklon), distribucijske teste in teste homogenosti varianc (Levene-jev test). Test enakosti varianc je bil preverjen s testom one-way ANOVA ali Welch testom. Za post-hoc analizo sta bila uporabljena bodisi Tukey-jev HSD bodisi Tamhan-ov T2 test. V regresijskih analizah je bila uporabljena metoda Enter.

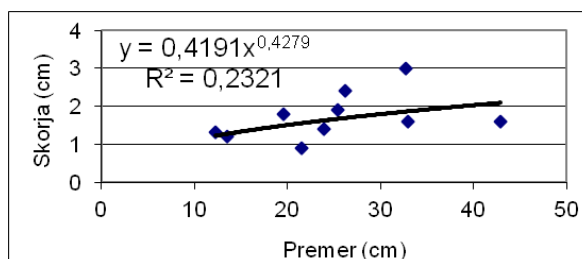
6 REZULTATI

6.1 UČINKI PRI SPRAVILU LESA IN RAZDALJA POLNE VOŽNJE

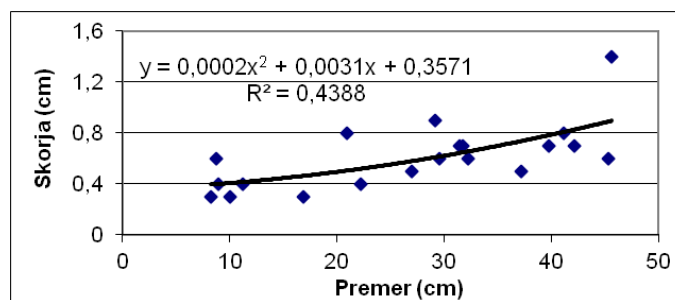
Ena pomembnejših informacij, ki lahko vpliva na skupno obremenitev z ropotom, so učinki pri spravilu lesa. Regresijske krivulje odvisnosti debeline skorje od premera hloda (Slike 17-19) so bile narejene za preračun bruto volumna v neto volumen (Preglednica 9). V Preglednici 9 so podani neto učinki spravila lesa, učinki po posameznih dnevih in ciklih ter mešanost drevesnih vrst, razdeljena na iglavce (v nadaljevanju IGL) in listavce (v nadaljevanju LST).



Slika 17: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – smreka



Slika 18: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – hrast



Slika 19: Debelina skorje v odvisnosti od premera hloda – bukev

Preglednica 9: Neto učinki pri spravilu lesa ter razdalja polne vožnje

Dan	Cikel	LST/IGL	N	Neto vol. (m³)	Neto povpr. (m³/kos)	Neto cikel (m3)	Polna vožnja (m)
1	1	IGL	21	15,34	0,73	15,34	110
	2		24	14,84	0,62	14,84	100
	3		36	14,72	0,41	14,72	70
	4		52	12,63	0,24	12,63	140
	5		30	16,23	0,54	16,23	340
	6		30	16,51	0,55	16,51	260
	7		19	17,04	0,90	17,04	130
	8		19	14,62	0,77	14,62	130
	Vsota	Skupaj	231	121,93	0,53	15,24	/
2	1	IGL	53	9,37	0,18	9,37	50
	2		49	10,12	0,21	10,12	30
	3		73	12,75	0,17	12,75	70
	4		75	11,75	0,16	11,75	140
	5		85	8,07	0,09	8,07	330
	6		81	9,23	0,11	9,23	330
	7		113	9,61	0,09	9,61	220
	Vsota	Skupaj	529	70,90	0,13	10,13	/
3	1	IGL	24	18,40	0,77	18,40	190
		LST	0	0,00	0,00		
	2	IGL	40	13,32	0,33	13,32	320
		LST	0	0,00	0,00		
	3	IGL	67	11,65	0,17	11,65	190
		LST	0	0,00	0,00		
	4	IGL	50	12,85	0,26	13,07	190
		LST	8	0,22	0,03		
	5	IGL	18	6,98	0,39	12,21	320
		LST	42	5,23	0,12		
	6	IGL	13	5,08	0,39	11,76	210
		LST	27	6,68	0,25		
	7	IGL	26	15,67	0,60	15,67	230
		LST	0	0,00	0,00		
	8	IGL	14	10,88	0,78	14,34	210
		LST	46	3,46	0,08		
	9	IGL	27	15,29	0,57	15,40	160
		LST	1	0,11	0,11		
	10	IGL	21	5,55	0,26	9,20	100
		LST	16	3,65	0,23		
	Vsota	IGL	300	115,67	0,39	/	/
		LST	140	19,35	0,14	/	/
		Skupaj	440	135,02	0,31	13,50	/

*LST – listavci, IGL – iglavci

Se nadaljuje...

Nadaljevanje...

Dan	Cikel	LST/IGL	N	Neto vol. (m ³)	Neto povpr. (m ³ /kos)	Neto cikel (m ³)	Polna vožnja (m)
4	1	IGL	0	0,00	0,00	4,14	20
		LST	7	4,14	0,59		
	2	IGL	26	4,10	0,16	6,24	70
		LST	29	2,14	0,07		
	3	IGL	8	1,83	0,23	1,83	30
		LST	0	0,00	0,00		
	4	IGL	2	0,19	0,10	12,15	180
		LST	17	11,96	0,70		
	5	IGL	10	4,96	0,50	12,04	320
		LST	18	7,08	0,39		
	6	IGL	27	6,69	0,25	9,53	160
		LST	26	2,84	0,11		
5	Vsota	IGL	73	17,77	0,24	/	/
		LST	97	28,16	0,29	/	/
		Skupaj	170	45,93	0,27	7,66	/
	1	IGL	9	4,68	0,52	10,89	210
		LST	15	6,21	0,41		
	2	IGL	49	8,50	0,17	8,50	60
	3	LST	20	7,98	0,40	7,98	160
5	4	LST	80	11,52	0,14	11,52	40
	5	IGL	143	4,41	0,03	4,41	0
	Vsota	IGL	201	17,59	0,09	/	/
		LST	115	25,71	0,22	/	/
	Skupaj		316	43,30	0,14	8,66	/

*LST – listavci, IGL – iglavci

Prvi dan spravila lesa je strojnik skupno naredil 8 ciklov spravila lesa, v devetem ciklu pa se je zaradi zdrsa polprikolica prevrnila. Skupno je bilo spravljenih 121,93 m³ lesa iglavcev, povprečno neto breme pa je znašalo 15,24 m³. Povprečen neto sortiment je meril 0,53 m³/kos.

Drugi dan spravila je bilo neto spravljenih 70,90 m³ lesa, pri čemer je povprečno neto breme znašalo 10,13 m³, povprečen neto sortiment pa 0,13 m³/kos. Učinki so bili skoraj 40 % manjši zaradi strojnika začetnika ter drobnejših sortimentov.

Tretji dan snemanja smo imeli delovišče podobno prvemu dnevu – izkušenega strojnika ter relativno velike sortimente (povprečen neto hlod je meril 0,31 m³/kos). Tudi učinki so bili podobni – skupaj je bilo spravljenih 135,02 m³ v desetih ciklih. Povprečno neto breme na cikel je tako znašalo 13,50 m³.

Četrty snemalni dan so potekala zaključna dela v delovišču, zaradi česar je bila koncentracija lesa na sečno-spravičnih poteh nizka. Skupno je bilo spravljenih 45,93m³ lesa v 6 ciklih ali povprečno neto 7,66 m³ na cikel. V skupnem volumnu so prevladovali listavci.

Peti delovni dan je delo opravljal strojnik začetnik, zopet pa so potekala zaključna dela v delovišču. Delovni dan je bil skrajšan zaradi objektivnih opravil na začetku in na koncu delovnega dne, ki pa jih nismo uspeli posneti. Posneli smo 5 ciklov spravila lesa, skupaj je bilo neto spravljenih 43,30 m³ ali 8,66 m³/cikel.

Dolžino polne vožnje smo izmerili s pomočjo metode štetja korakov in sicer na 10 m natančno. Iz Preglednice 9 je razvidno, da je znašala najkrajša razdalja polne vožnje 0 m, saj se je krožna sečno-spravilna pot, na kateri je potekalo nakladanje, končala na gozdni cesti, medtem ko je bila razdalja najdaljše polne vožnje 340 m.

6.2 ANALIZA IN MODELIRANJE ČASA IZPOSTAVLJENOSTI

Obremenjenost delavcev z vplivi iz okolja je vsota produktov med izpostavljenostjo oz. ekspozicijo ter kvantitativno vrednostjo obremenitev iz okolja znotraj posameznih delovnih opravil. Zato struktura časa in trajanje posameznih delovnih opravil predstavljata osnovo za vsako ergonomsko raziskavo (Poje, 2011). Strukturo časa in trajanje posameznih delov časa smo izmerili tudi sami – rezultati so predstavljeni v nadaljevanju.

6.2.1 Struktura časa po delovnih operacijah in prijemih

Struktura časa po dnevih

Iz strukture časa na delovnem mestu (Preglednica 10 in Slika 20) je razvidno, da je snemanje vsak dan trajalo vsaj 180 min ali vsaj 3 h. Prvi dan je snemanje trajalo več kot 6 h, drugi dan pa celo več kot 10 h. Ostale dni je snemanje trajalo manj kot 6 h. To pomeni, da smo najkrajše čase na delovnem mestu posneli v Sloveniji, najdaljše pa v Italiji. Razlike

v porabi časa na delovnem mestu so delno posledica razlik v nacionalnih delovnih zakonodajah, saj italijanska zakonodaja predvideva 40-urni delovnik na teden, v katerega glavni odmor ni všteti, medtem ko slovenska zakonodaja predvideva 40-urni delovnik, v katerega je glavni odmor že všteti.

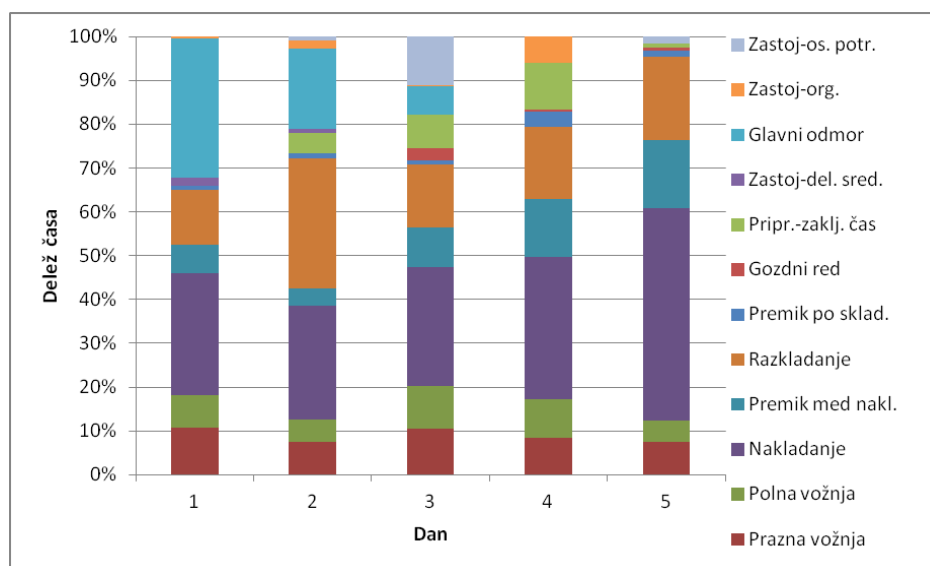
Preglednica 10: Trajanje in struktura časa izpostavljenosti po dnevih

Čas	Operacije	Dan														
		1			2			3			4			5		
		T	T*	T*	T	T*	T*	T	T*	T*	T	T*	T*	T	T*	T*
PW	Prazna vožnja	39	11	16	49	8	10	37	10	15	21	8	10	15	7	8
	Polna vožnja	27	7	11	32	5	7	35	10	14	22	9	11	10	5	5
	Nakladanje	102	28	42	166	26	35	96	27	38	83	33	39	96	49	50
	Pr. med nakl.	24	7	10	26	4	6	32	9	13	34	13	16	31	16	16
	Razkladanje	45	12	19	191	30	41	51	15	20	42	16	20	37	19	20
	Pr. po sklad.	4	1	2	6	1	1	3	1	1	9	3	4	3	1	1
	PW	241	66	100	471	73	100	252	72	100	210	83	100	192	97	100
SW	Gozdni red	0	0	0	0	0	0	10	3	27	1	0	4	2	1	53
	P.-Z. čas	0	0	0	31	5	85	27	8	73	27	11	97	2	1	50
	Z.-del. sred.	7	2	100	5	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SW	7	2	100	36	6	100	37	11	100	28	11	100	3	2	100
PW+SW	WT	248	68	/	507	79	/	290	82	/	238	94	/	195	98	/
NT	Glavni odmor	116	32	98	118	18	87	23	7	37	0	0	0	0	0	0
	Zastoj-org.	2	1	2	12	2	9	1	0	1	15	6	100	0	0	0
	Z.-os. potr.	0	0	0	6	1	4	39	11	62	0	0	0	3	2	100
	NT	117	32	100	136	21	100	63	18	100	15	6	100	3	2	100
WT+NT	WP	365	100	/	643	100	/	352	100	/	253	100	/	198	100	/
	LAex8h	480	/	/	480	/	/	480	/	/	480	/	/	480	/	/
Podfaza	Premika	95	26	/	113	18	/	106	30	/	86	34	/	58	29	/
	Stoji	147	40	/	358	56	/	147	42	/	124	49	/	133	67	/

T - čas (min), T* - čas (%), LAex8h - obremenitev v normaliziranem času 8 h (dB(A)), Z. - zastoj, V. - vožnja, Pr. - premik, P.-Z. čas - pripravljalo-zaključni čas

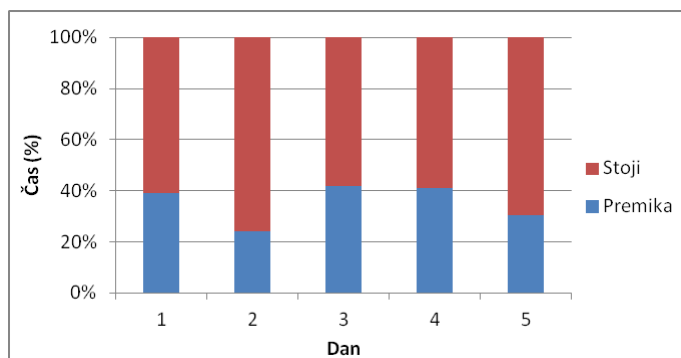
Snemanje podatkov prvega dne bi lahko potekalo veliko dlje časa, vendar je bilo predčasno prekinjeno. Vzrok je bila prevrnitev polprikolice v drugi polovici delovnega časa (Slika 13), potem ko je strojnik napačno ocenil naklon terena ter stabilnost tal. Poudariti moramo, da je dotični strojnik delal na svojih lastnih strojih, nekaj let nazaj je zelo uspešno tekmoval na različnih gozdarskih tekmovanjih in bil inštruktor varnega dela z motorno žago. Vse to se je odražalo na ustrezni tehniki dela. Kljub temu je podcenil delovne

razmere, zaradi česar je prišlo do prevrnitve polprikolice. Drugi snemalni dan smo posneli spravilo lesa z manj izkušenim strojnikom – posledica je bila velika poraba časa za nakladanje in razkladanje lesa (skupno kar 56 % časa na delovnem mestu). Strojnik tretjega dne je bil zelo izkušen – delo je potekalo zelo gladko z velikimi učinki, vendar pa je bilo zato toliko bolj psihično naporno. Slednje se kaže v večji porabi časa za osebne potrebe (skupno kar 39 min ali 11 % časa na delovnem mestu). Četrty in peti dan so potekala zaključna dela v sečišču z majhno in razpršeno koncentracijo lesa. Strojnik 5. dne je bil dokaj neizkušen, vendar je za razliko od strojnika 2. dne delal varno in preudarno, brez sunkovitega pospeševanja ali zaviranja. 4. in 5. snemalni dan sta strojnika prej odšla iz delovišča v delavnico, saj sta morala popraviti strojne dele pred pričetkom nove delovne izmene. Posledica tega sta velika deleža produktivnega časa (83 in 97 %) in majhen delež dodatnega in neproduktivnega časa (Preglednica 10 in Slika 20).



Slika 20: Struktura časa na delovnem mestu po dnevih

V 2. in 5. dnevju je podfaza stoji traja za 10-15 % več časa kot ostale dni. Vzrok lahko pripišemo predvsem manjšemu povprečnemu kosu v bremenu (Slika 21).



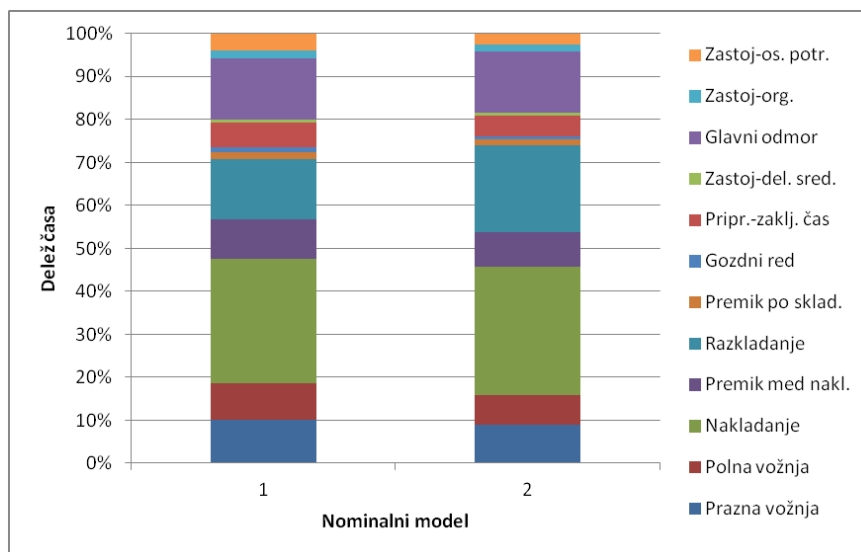
Slika 21: Struktura časa podfaze premika in stoji po dnevih

Struktura časa za nominalna modela

Preglednica 11: Trajanje in struktura časa izpostavljenosti za nominalna modela

Čas	Operacije	Nominalni model					
		1			2		
		Čas (min)	Čas (%)	Čas (%)	Čas (min)	Čas (%)	Čas (%)
PW	Prazna vožnja	97	10	14	161	9	12
	Polna vožnja	84	9	12	126	7	9
	Nakladanje	280	29	40	542	30	40
	Pr. med nakl.	89	9	13	146	8	11
	Razkladanje	138	14	20	366	20	27
	Pr. po sklad.	15	2	2	25	1	2
	PW	703	72	100	1365	75	100
SW	Gozdni red	11	1	15	13	1	11
	P.-Z. čas	55	6	76	87	5	78
	Z.-del. sred.	7	1	9	12	1	11
	SW	72	7	100	112	6	100
PW+SW	WT	775	80	/	1477	82	/
NT	Glavni odmor	138	14	71	257	14	77
	Zastoj-org.	18	2	9	30	2	9
	Z.-os. potr.	39	4	20	48	3	14
	NT	195	20	100	334	19	100
WT+NT	WP	970	100	/	1811	100	/
	LAex8h	480	/	/	480	/	/
Podfaza	Premika	286	29	/	457	25	/
	Stoji	418	43	/	908	50	/

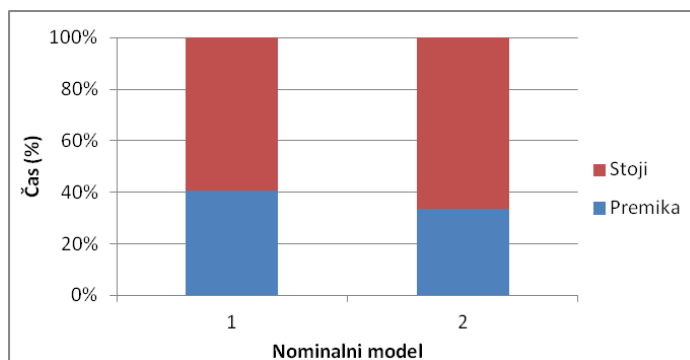
LAex8h - obremenitev v normaliziranem času 8 h (dB(A)), Z. - zastoj, V. - vožnja, Pr. - premik, P.-Z. čas - pripravljeno-zaključni čas



Slika 22: Struktura časa na delovnem mestu za nominalna modela

Preglednica 11 in Slika 22 prikazujeta trajanje in strukturo časa za dva modela nominalnih dni v raziskavi. Prvi nominalni model predstavlja povprečje trajanja delovnih operacij v prvem, tretjem in četrtem dnevu, drugi nominalni model pa povprečje vseh petih dni (za podrobnejšo razlago glej poglavje 6.3.3). Razvidno je, da razlike v strukturi časa med nominalnima dnevoma niso velike. Večja razlika se pojavi le v delovni operaciji razkladanje, saj je imel strojnik 2. dne poleg drobnih sortimentov tudi veliko težav pri upravljanju hidravličnega dvigala. V produktivnem času sta bili najdlje trajajoči delovni operaciji nakladanje ter razkladanje, ki sta zavzemali 30 in 18 % časa na delovnem mestu (WP časa). Znotraj produktivnega časa jima sledijo operacije premik med nakladanjem ter polna in prazna vožnja, vse z deležem okrog 8 % časa na delovnem mestu. Znotraj dodatnega časa prevladuje pripravljalo-zaključni čas (5 % časa na delovnem mestu), znotraj neproduktivnega časa pa glavni odmor (14 % časa na delovnem mestu).

Tudi razlike v deležu podfaz med nominalnima modeloma niso velike. Tako je znašalo trajanje podfaze stoji v nominalnem modelu 2 približno 7 % več časa kot v nominalnem modelu 1. Za vse snemalne dni (nominalni model 2) znaša razmerje med podfazo stoji ter podfazo premika 65 : 35.



Slika 23: Struktura časa podfaz premika in stoji za nominalna modela

6.2.2 Trajanje delovnih operacij v odvisnosti od delovnih razmer

Delovne razmere so eden ključnih faktorjev, ki vplivajo na trajanje delov časa. Preverili smo odvisnosti trajanja delov časa od faktorjev število kosov, povprečen kos, razdalja polne vožnje ter neto količina. Osnovno vzorčno enoto v vseh analizah odvisnosti trajanja časa od delovnih razmer predstavlja en cikel spravila lesa. V analizi so uporabljeni podatki za vse snemalne dni. Odvisnosti smo preverili za posamezne delovne operacije ter za produktivni čas (PW) in čas na delovnem mestu (WP).

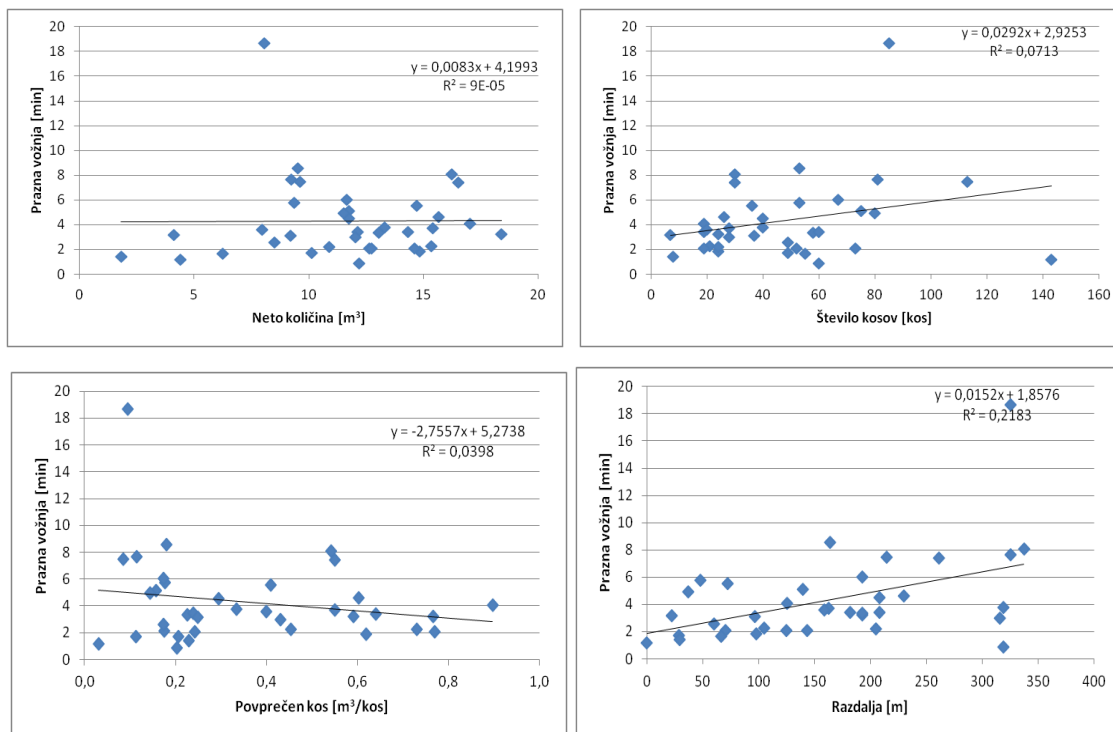
Delovne operacije

V nadaljevanju (Slike 24-29) je predstavljena regresijska analiza trajanja delovnih operacij produktivnega časa. Omenjene rezultate smo v naslednjem poglavju uporabili za izračun modelne strukture oz. modelne izpostavljenosti.

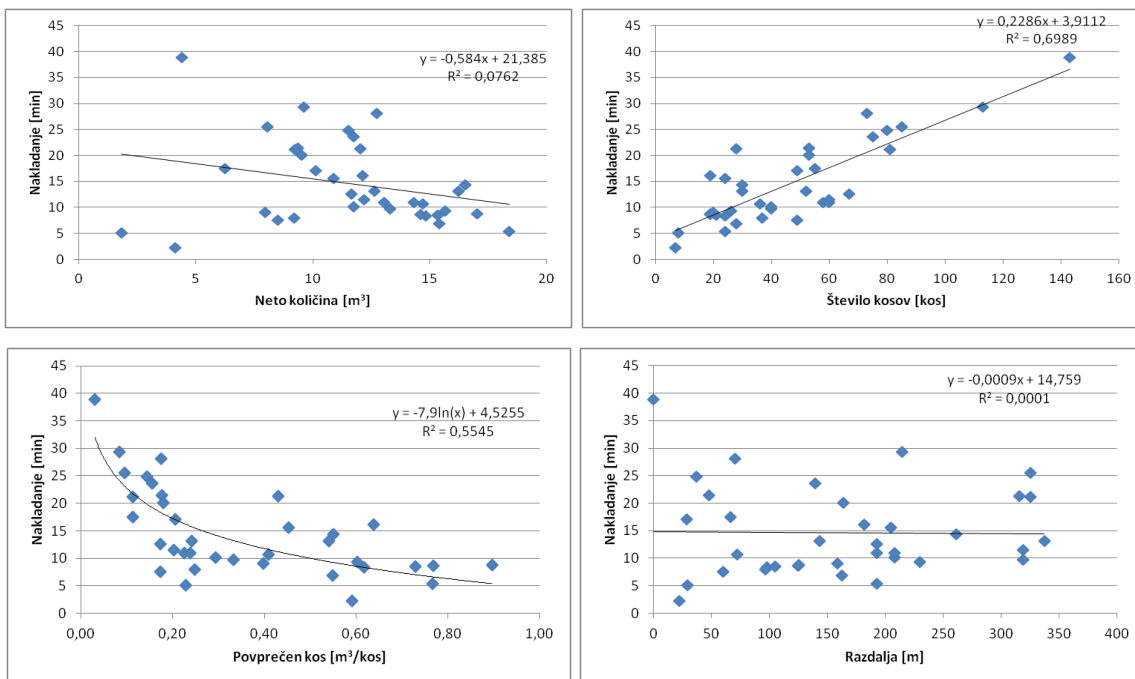
Kot je bilo pričakovano, se trajanje prazne vožnje značilno daljša z razdaljo polne vožnje ($R^2=0,22$, $p=0,004$). Sicer neznačilno podaljševanje trajanja prazne vožnje s številom kosov ter zmanjševanje s povprečnim volumnom kosa, je le posledica slučajnih delovnih razmer (Slika 24).

V nasprotju s prazno vožnjo se trajanje nakladanja značilno daljša s številom kosov ($R^2=0,70$, $p<0,000$) ter krajša s povprečnim volumnom ($R^2=0,56$, $p<0,000$). Dolžina

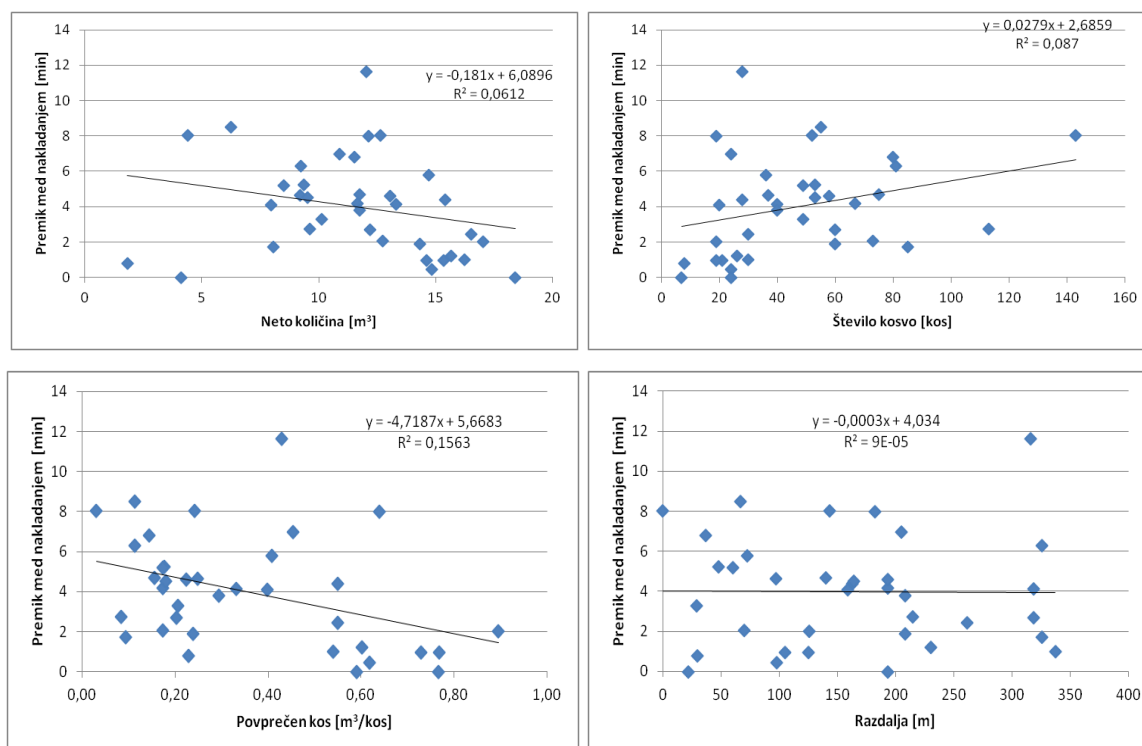
vlačenja in neto količina lesa v bremenu neznatno vplivata na trajanje nakladanja (Slika 25).



Slika 24: Odvisnost trajanja prazne vožnje od delovnih razmer



Slika 25: Odvisnost trajanja nakladanja od delovnih razmer

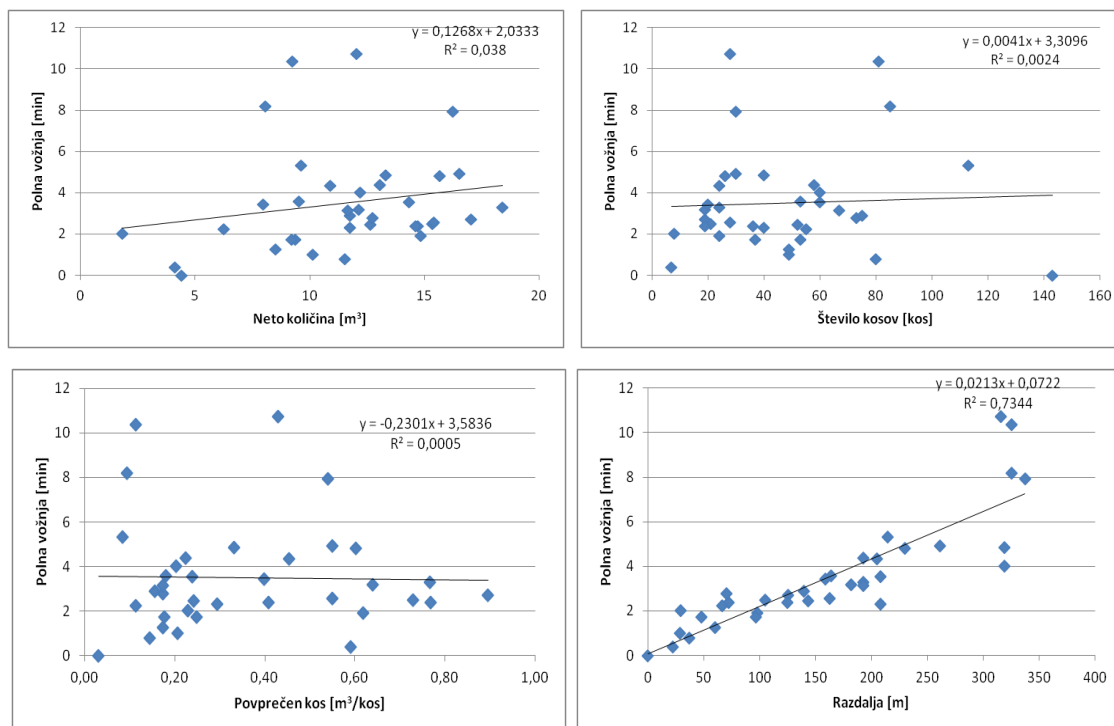


Slika 26: Odvisnost trajanja premika med nakladanjem od delovnih razmer

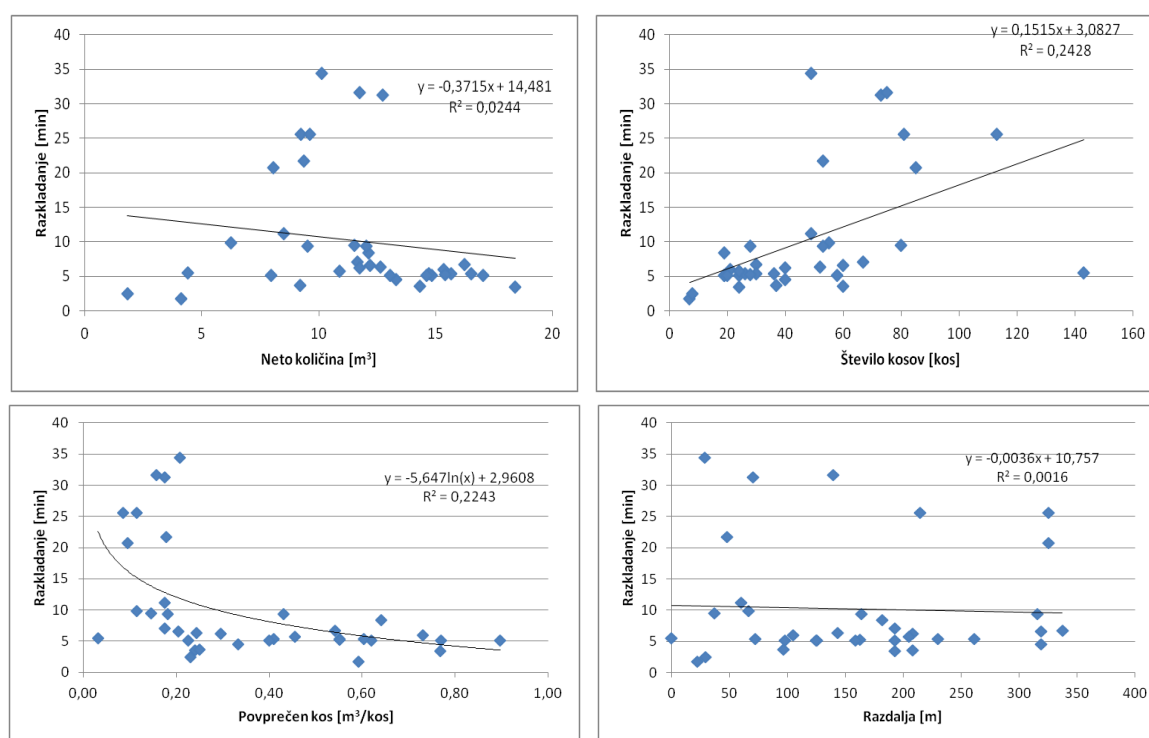
Na trajanje premika med nakladanjem ima značilen vpliv samo povprečen kos v bremenu ($R^2=0,16$, $p=0,017$). Ostali preučevani dejavniki delovnih razmer nimajo značilnega vpliva. Predvidevamo, da bi bili vplivni faktorji kot so koncentracija lesa na sečno-spravljeni poti, razdalja premika med nakladanjem, število in hitrost premika, boljši prediktorji trajanja proučevane delovne operacije (Slika 26).

Po pričakovanjih se je izkazalo, da povprečen kos, število kosov in neto količina tovora neznačilno vplivajo na trajanje polne vožnje. Nasprotno pa razdalja polne vožnje značilno podaljšuje trajanje polne vožnje ($R^2=0,73$, $p<0,000$) (Slika 27).

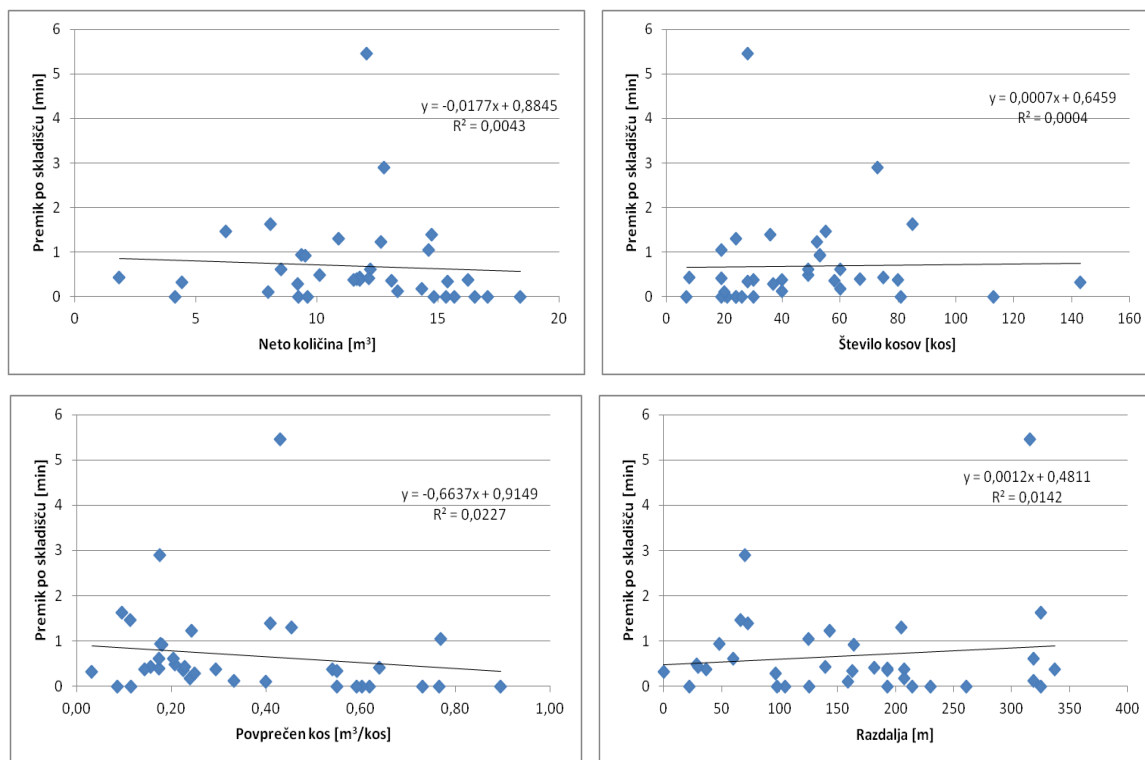
Trajanje razkladanja se podobno kot nakladanje značilno daljša s številom kosov ($R^2=0,24$, $p=0,002$) in krajša s povprečnim volumnom kosa ($R^2=0,22$, $p=0,003$). Prenos več kosov z enim prijemom klešč ter večji delež sortiranja in natančnega zlaganja so tudi razlogi, da so odvisnosti pri značilnih faktorjih pri trajanju razkladanja manjše kot pri nakladanju (Slika 28).



Slika 27: Odvisnost trajanja polne vožnje od delovnih razmer



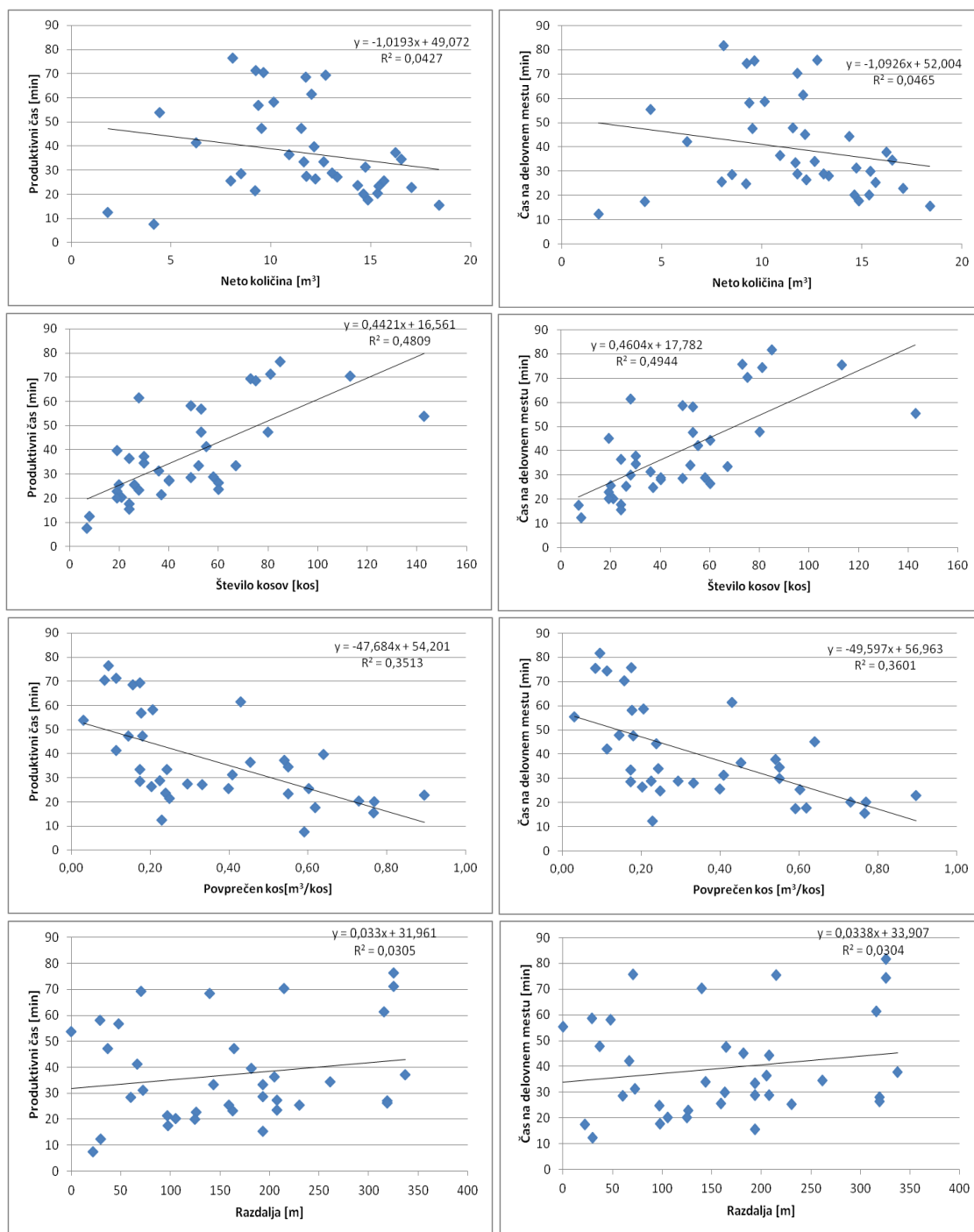
Slika 28: Odvisnost trajanja razkladanja od delovnih razmer



Slika 29: Odvisnost trajanja premika po skladišču od delovnih razmer

Podobno kot pri premiku med nakladanjem tudi pri premiku po skladišču preučevani faktorji delovnih razmer neznatno vplivajo na trajanje. Tudi tokrat lahko domnevamo, da bi bili vplivni faktorji razdalja premika po skladišču, hitrost premika ali število uporabljenih skladišč ob gozdni cesti boljši prediktorji (Slika 29).

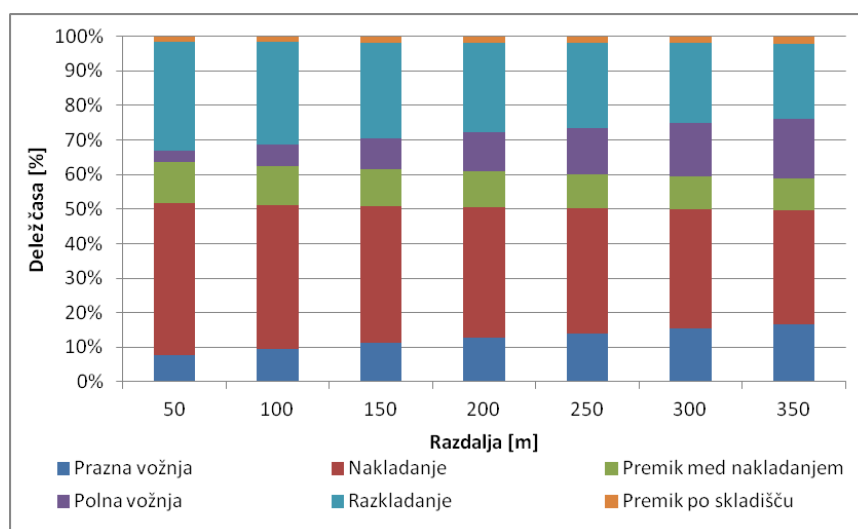
Regresijska analiza odvisnosti trajanja časa na delovnem mestu in produktivnega časa je pokazala (Slika 30), da se trajanje spravila lesa značilno daljša s številom kosov ($R_{WP}^2=0,49$, $p_{WP}<0,000$; $R_{PW}^2=0,48$, $p_{PW}<0,000$) in krajša s povprečnim volumnom kosa ($R_{WP}^2=0,36$, $p_{WP}<0,000$; $R_{PW}^2=0,35$, $p_{PW}<0,000$). Neto volumen bremena in razdalja neznatno vplivata na trajanje časa na delovnem mestu in produktivnega časa.



Slika 30: Trajanje produktivnega časa (levo) in časa na delovnem mestu (desno) v odvisnosti od delovnih razmer

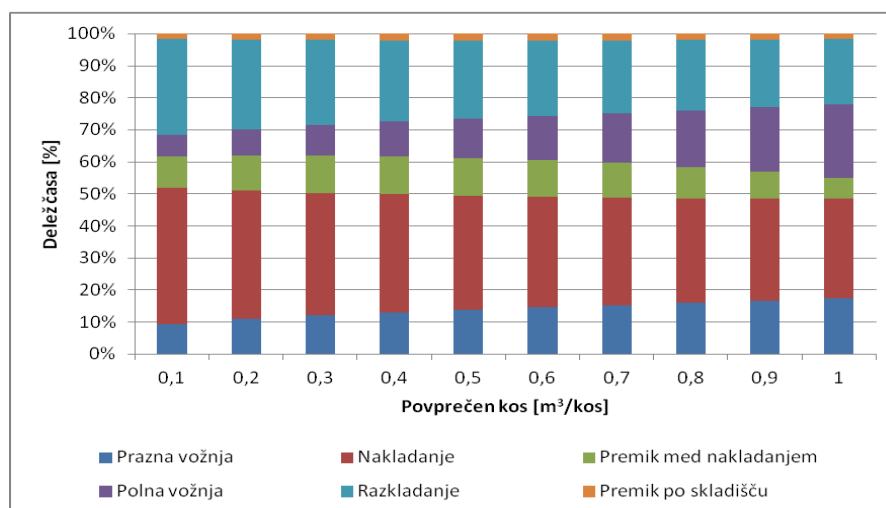
6.2.3 Modelna struktura časa v odvisnosti od delovnih razmer

Na podlagi ugotovljenih regresij delovnih operacij v produktivnem (PW) času iz prejšnjega poglavja v nadaljevanju predstavljamo modelno strukturo časa v odvisnosti od delovnih razmer. Pri modeliranju smo uporabili vse regresijske modele, ne glede na njihovo značilnost, saj smo le tako lahko izračunali modelno strukturo časa za vse vplivne faktorje proučevanih delovnih razmer.



Slika 31: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od razdalje polne vožnje

Slika 31 prikazuje delež posamezne delovne operacije znotraj produktivnega časa v odvisnosti od razdalje polne vožnje. Pri razdalji polne vožnje 50 m največji delež časa zavzema nakladanje (44 %), sledi razkladanje (30 %) ter premik med nakladanjem (12 %), prazna ter polna vožnja pa zavzemata le majhen delež produktivnega časa. Nasprotno je bila struktura časa pri razdalji polne vožnje 350 m precej drugačna; povečal se je delež prazne (17 %) in polne vožnje (17 %), zmanjšal pa se je delež nakladanja (35 %), premika med nakladanjem (8 %) ter razkladanja (22 %). Delež premika po skladišču v vsem modelu ostaja nepomemben, kar je tudi razumljivo glede na kratke razdalje premika med posameznimi kupi sortimentov na pomožnem skladišču. Iz modelne strukture produktivnega časa je možno razbrati tudi trajanje podfaze premika in stoji. Tako pri razdalji polne vožnje 50 m stroj stoji kar 75 % produktivnega časa, pri razdalji 350 m pa se ta delež zmanjša na 57 % produktivnega časa.

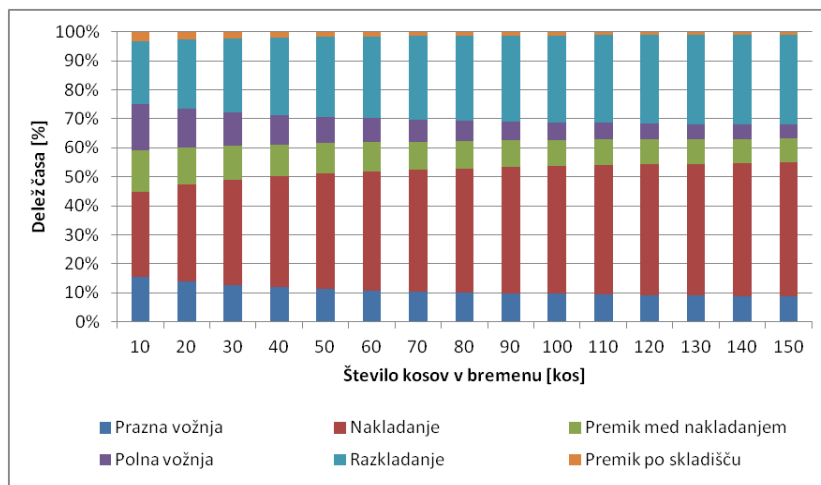


Slika 32: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od povprečnega kosa

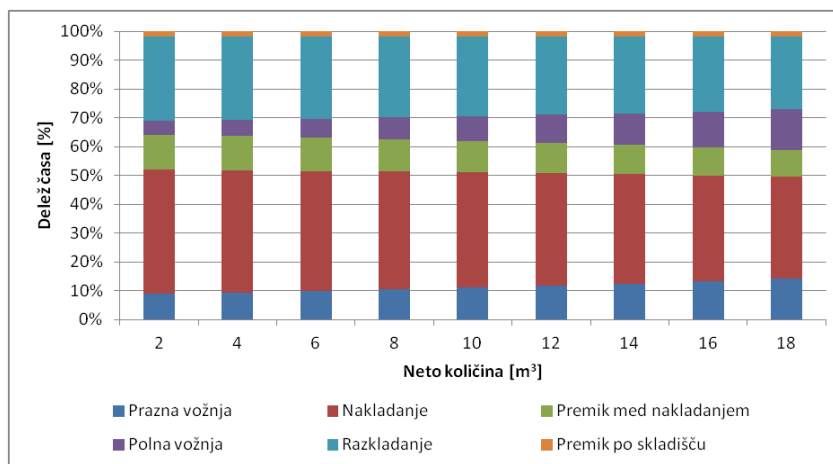
Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od velikosti povprečnega kosa (Slika 32) je na prvi pogled zelo podobna strukturi produktivnega časa v odvisnosti od razdalje polne vožnje (Slika 31). Vidimo lahko, da pri zelo drobnih sortimentih večino časa zavzema nakladanje in razkladanje, prazna in polna vožnja pa zavzemata majhen delež časa, medtem ko pri večjih sortimentih delež le-teh naraste prav zaradi manjših deležev nakladanja in razkladanja. V primeru povprečnega kosa 0,1 m³/kos stroj stoji 70 % produktivnega časa, saj porabi strojnik za zbiranje, oblikovanje ter naložitev tovora veliko časa, medtem ko se le ta zmanjša na 40 % produktivnega časa pri povprečni velikosti 1 m³/kos, saj je delo nakladanja in razkladanja sortimentov veliko preprostejše in hitrejše.

Slika 33 prikazuje modelno strukturo produktivnega časa v odvisnosti od števila kosov v bremenu. Ker je poraba časa za nakladanje in razkladanje pozitivno odvisna od števila kosov v bremenu, se v strukturi časa, na račun povečanega trajanja teh dveh delovnih operacij, zmanjša delež časa prazne in polne vožnje. Lahko bi rekli, da je ta model (Slika 33) obratno-sorazmeren prejšnjima dvema modeloma (Sliki 31 in 32). Vidimo lahko, da se delež prazne vožnje zmanjša iz 15 % časa pri 10 kosih na 8 % časa pri 150 kosih, delež polne vožnje pa iz 15 % pri 10 kosih na 5 % pri 150 kosih. Nasprotno pa se delež nakladanja poveča iz 30 % na 45 %, delež razkladanja pa iz 22 % na 32 % časa pri enakem številu kosov. Delež časa, ko se stroj premika, znaša v primeru 10 kosov 45 %

produktivnega časa, medtem ko se le-ta zmanjša na 23 % produktivnega časa v primeru 150 kosov.



Slika 33: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od števila kosov



Slika 34: Modelna struktura produktivnega časa v odvisnosti od neto količine

Modelna struktura oz. modelna izpostavljenost v odvisnosti od neto količine tovora (Slika 34) je na prvi pogled zelo podobna strukturi časa v odvisnosti od razdalje polne vožnje (Slika 31). Iz Slike 34 je razvidno, da z naraščanjem neto tovora narašča delež prazne in polne vožnje, medtem ko se delež nakladanja, razkladanja ter premika med nakladanjem manjša. Kljub temu nakladanje ter razkladanje zavzemata največji delež časa ne glede na neto količino. V primeru neto tovora 2 m³ stroj stoji 75 % produktivnega časa, medtem ko se le ta zmanjša na 62 % produktivnega časa pri neto količini tovora 18 m³.

6.3 OBREMENITEV Z ROPOTOM

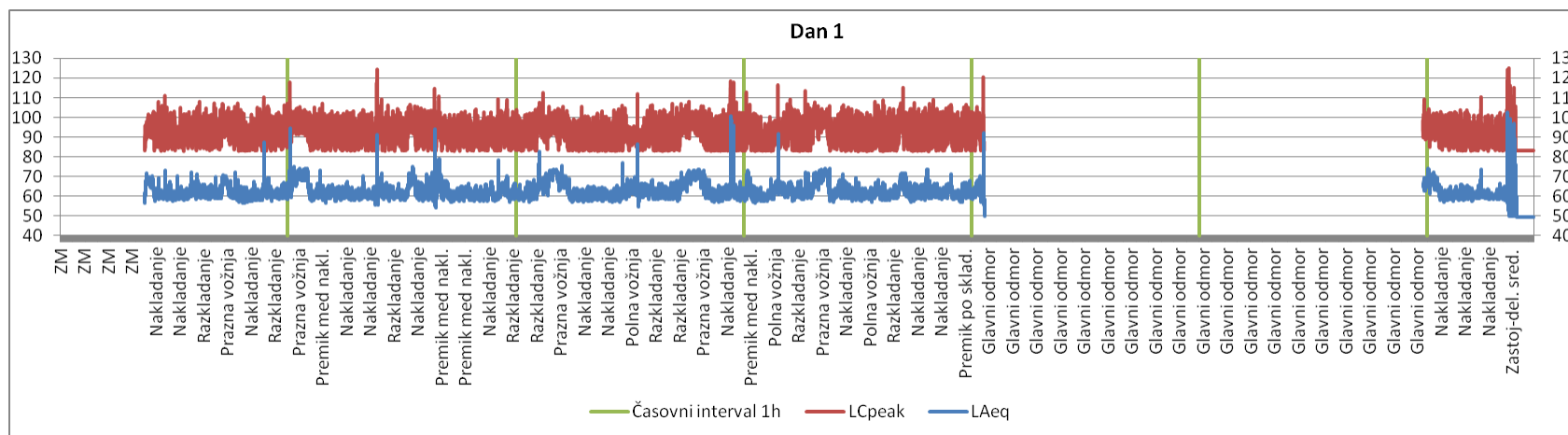
6.3.1 Potek obremenitve z ropotom po dnevih

Za razumevanje dnevnih obremenitev z ropotom je zelo pomembno poznati podroben dnevni potek obremenitev z ropotom po času ali po delovnih operacijah. Za namen te magistrske naloge smo zato v nadaljevanju prikazali potek sekundnih obremenitev z ropotom za vse delovnike (Slike 35-39).

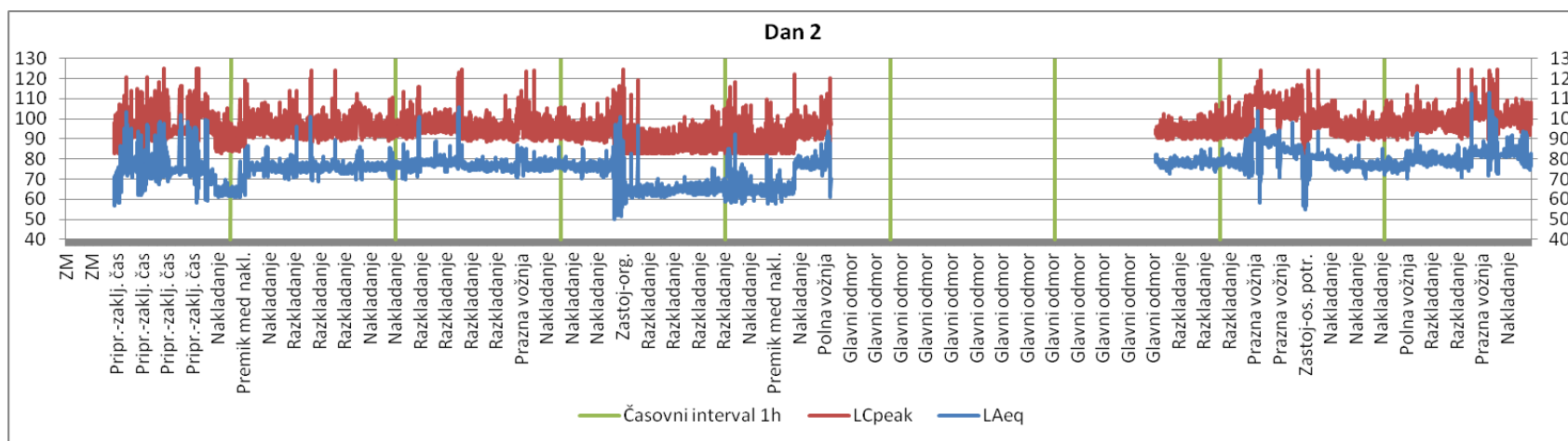
Maksimalna vrednost obremenitve z ropotom po kazalniku LAeq v celotnem poskusu je znašala 113 dB(A), medtem ko je minimalna vrednost znašala 49,6 dB(A). V metodi smo že napisali, da smo za namen te magistrske naloge nastavili interval merjenja ropota med 50 in 120 dB. Iz poteka sekundnih meritev ropota lahko razberemo, da so se izmerjene vrednosti ropota LAeq v vseh delovnikih gibale znotraj omenjenega intervala, zato lahko potrdimo, da so jakosti ropota po kazalniku LAeq ustrezno izmerjene.

Kljub izvedbi študije na isti skupini delovnih strojev se je izkazalo, da iz različnih razlogov prihaja do večjih dnevnih nihanj v jakosti ropota. V splošnem so se največja nihanja ropota zgodila v času zastojev, kjer so se hitro izmenjevala obdobja tišine ter obdobja ropota višjih jakosti zaradi delovanja motorja stroja ali glasnega pogovora med delavci. Iz Slike 35 so razvidni manjši vrhovi LAeq vrednosti predvsem v času prazne vožnje. Za le-te lahko rečemo, da so zveznega značaja, saj postopno naraščajo in prav tako postopno upadajo. V nasprotju s temi vrhovi pa lahko na Sliki 36 opazimo nenadna povečanja ali zmanjšanja jakosti ropota med nakladanjem, premikom med nakladanjem oz. razkladanjem. Ker med meritvami nismo zaznali vzroka tega pojava predvidevamo, da je vzrok v odpiranju oken oz. vrat kabine. S tem je bil omogočen vdor višjih jakosti ropota v kabino in do ušes strojnika. Če primerjamo še jakosti ropota na Sliki 39 z vsemi ostalimi dnevi, opazimo, da so na Sliki 39 tako LAeq kot LCpeak jakosti ropota zelo enakomerne skozi celoten dan, lahko bi celo rekli, da so preveč »zgoščene« okoli srednje vrednosti. Vzrok za to je bil prižgan radijski sprejemnik. Sprejemnik je bil najverjetneje prižgan med prvim razkladanjem, kar je lepo razvidno iz jakosti in oblike grafikona za jakost ropota po kazalniku LAeq v prvi uri snemalnega časa.

Minimalna vrednost LCpeak je znašala 83 dB(C), maksimalna pa 125,3 dB(C). Glede na izgled LCpeak krivulje menimo, da so bile dejanske minimalne obremenitve LCpeak najverjetneje tudi nižje od 83 dB(C), maksimalne LCpeak jakosti ropota pa zelo verjetno tudi višje. Ker za vrednotenje kazalnika LCpeak, kjer so pomembne samo trenutne največje vrednosti, nismo bili prepričani v pravilnost izmerjenih vrednostih, smo LCpeak vrednosti izpustili iz nadaljnjih obdelav podatkov. Kljub temu pa, glede na poznavanje procesa, lahko z veliko gotovostjo trdimo, da strojnik zgibnega polprikoličarja ni preobremenjen z ropotom vrednotenim z LCpeak kazalnikom, če jakosti primerjamo z evropsko in slovensko zakonodajo (Evropsko direktivo 2003/10/EC in Pravilnikom ... , 2006).

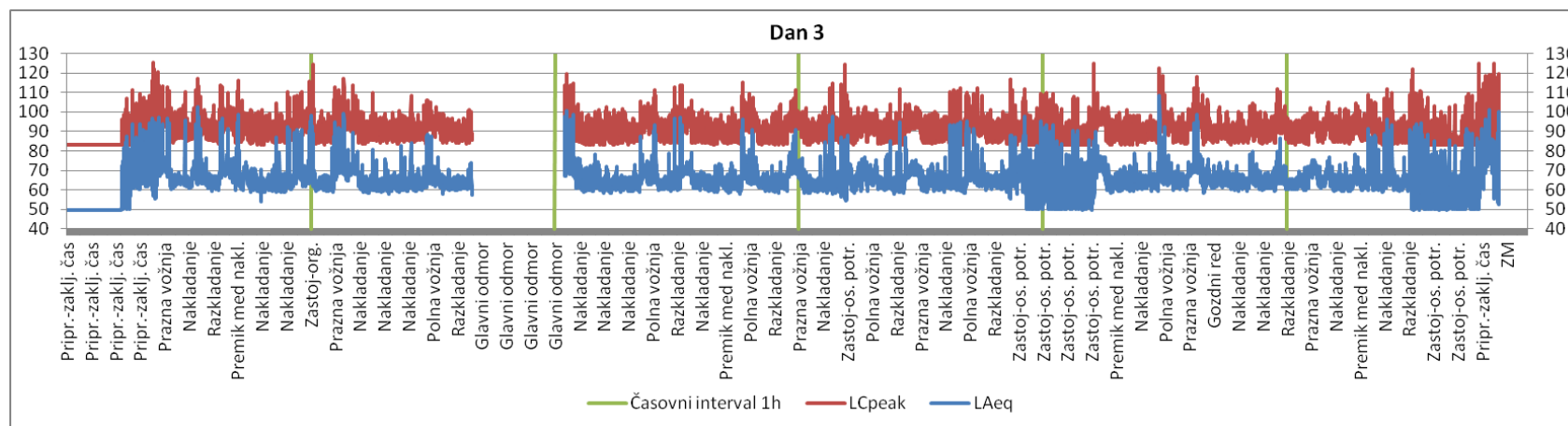


Slika 35: Potek obremenitve z ropotom v prvem delovniku

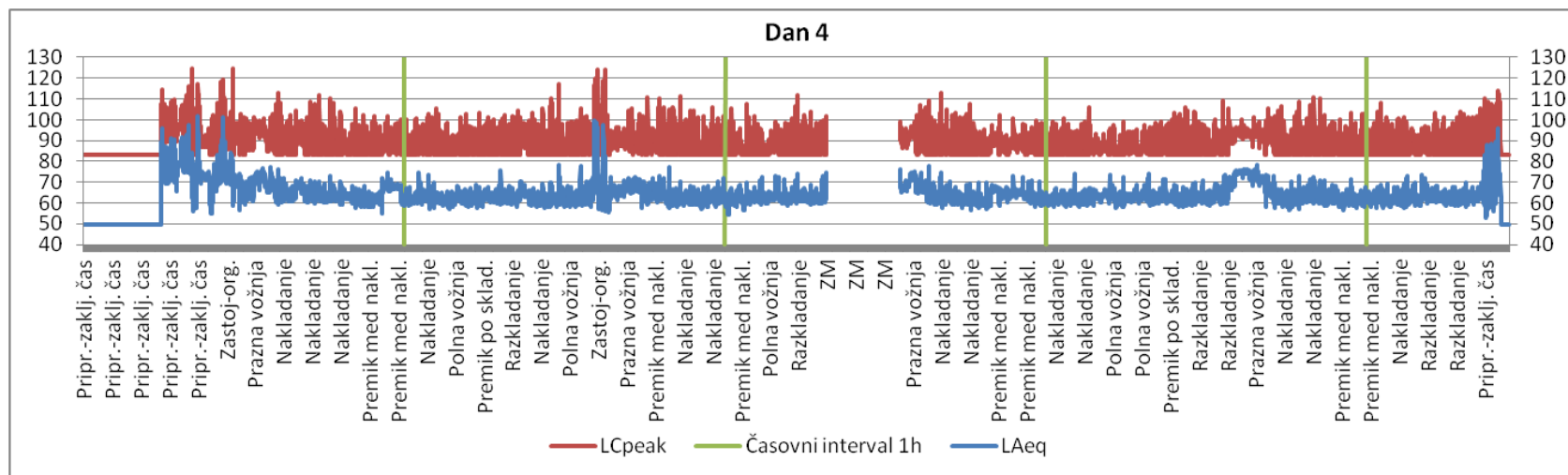


Slika 36: Potek obremenitve z ropotom v drugem delovniku

*ZM - zastoj-meritve

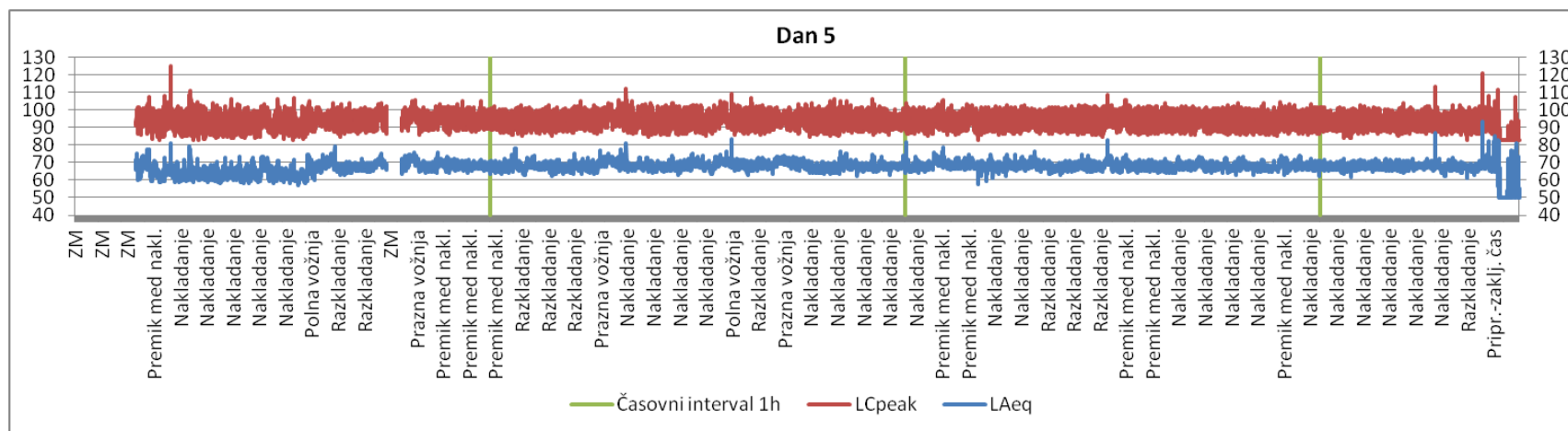


Slika 37: Potek obremenitve z ropotom v tretjem delovniku



Slika 38: Potek obremenitve z ropotom v četrtem delovniku

*ZM - zastoj-meritve



Slika 39: Potek obremenitve z ropotom v petem delovniku

*ZM - zastoj-meritve

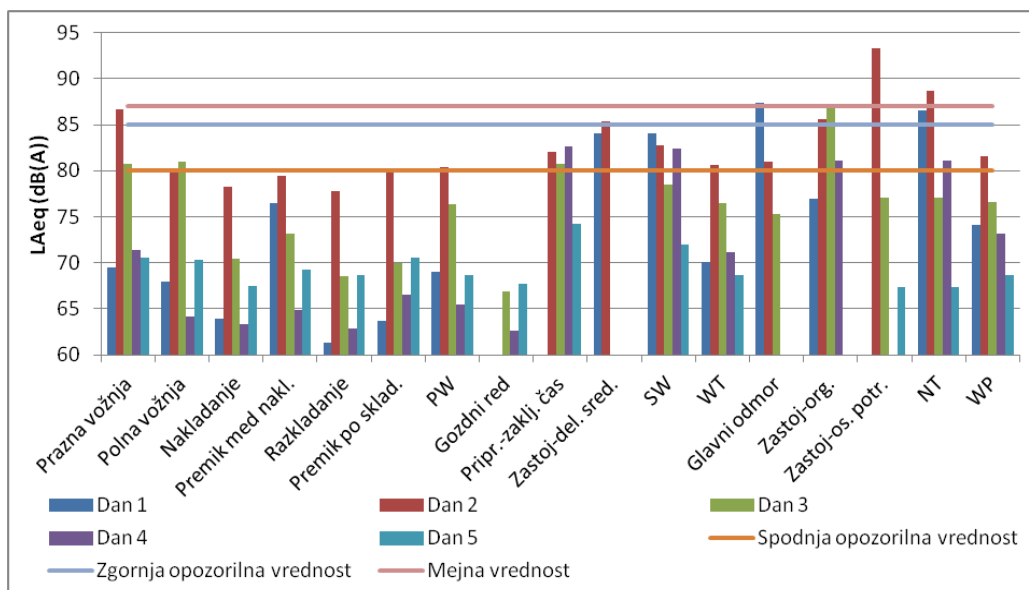
6.3.2 Jakost obremenitve z ropotom po dnevih

V nadaljevanju podajamo rezultate obremenitev z ropotom znotraj posameznega dneva (Preglednica 12 ter Slika 40) in rezultate statističnih analiz.

Preglednica 12: Obremenitev z ropotom LAeq po dnevih

Čas	Operacije	Jakost ropota LAeq (dB(A))				
		Dan				
		1	2	3	4	5
PW	Prazna vožnja	69,5	86,7	80,7	71,4	70,6
	Polna vožnja	67,9	80,1	81	64,2	70,3
	Nakladanje	63,9	78,3	70,4	63,3	67,5
	Pr. med nakl.	76,5	79,4	73,2	64,9	69,3
	Razkladanje	61,3	77,8	68,5	62,8	68,6
	Pr. po sklad.	63,7	80,1	70	66,5	70,5
	PW	69	80,4	76,3	65,5	68,6
SW	Gozdni red	/	/	66,9	62,6	67,7
	P.-Z. čas	/	82,1	80,8	82,7	74,2
	Z.-del. sred.	84,1	85,4	/	/	/
	SW	84,1	82,8	78,5	82,4	72
PW+SW	WT	70,1	80,6	76,5	71,1	68,7
NT	Glavni odmor	87,4	81	75,3	/	/
	Zastoj-org.	77	85,6	87	81,1	/
	Z.-os. potr.	/	93,3	77,1	/	67,4
	NT	86,5	88,7	77,1	81,1	67,4
WT+NT	WP	74,1	81,6	76,6	73,1	68,6
	LAex8h	72,9	82,8	75,3	70,3	64,8
Podfaza	Premika	72,3	84,1	79,4	67,6	69,9
	Stoji	63,2	78	69,9	63,1	67,8

LAex8h - obremenitev v normaliziranem času 8 h, Z. - zastoj, V. - vožnja, Pr. - premik, P.-Z. čas - pripravljeno-zaključni čas



Slika 40: Obremenitev z ropotom (LAeq) po dnevih

Obremenitve po delovnih operacijah

Obremenitve po delovnih operacijah kažejo, da se največje obremenitve v produktivnem času pojavljajo pri prazni vožnji. V tretjem dnevu je jakost obremenitve (80,7 dB(A)) preseгла spodnjo, v drugem dnevu pa celo zgornjo opozorilno mejo in se z vrednostjo 86,7 dB(A) ustavila tik pod mejno vrednostjo glede na Pravilnik ... (2006). Ostale dni so se jakosti ropota v času prazne vožnje gibale okrog 70 dB(A). Visoke jakosti ropota bi lahko bile posledica večje hitrosti, vožnje po slabo vzdrževani gozdni cesti ter odprte kabine v drugem dnevu meritev. Poleg tega so k povečanemu ropotu zelo verjetno prispevale tudi kovinske gosenice in verige na kolesih polprikoličarja. Visoke jakosti ropota smo zabeležili tudi v času polne vožnje – tudi tokrat je bila v drugem (80,1 dB(A)) in tretjem (81,0 dB(A)) dnevu presežena spodnja opozorilna vrednost, sledijo pa jim vrednosti v času premika med nakladanjem z jakostmi okrog 73 dB(A). Ugotovimo lahko, da je bil skupni imenovalac vsem naštetim operacijam premikanje stroja. Zaradi tega je bil motor stroja bolj obremenjen, posledično pa se je povečala tudi obremenitev z ropotom.

Statistična analiza je pokazala, da so bile razlike v jakosti ropota med prazno in polno vožnjo značilne ($F(1,123)=5,463$, $p=0,021$). Rezultat analize ne preseneča, saj je povprečna jakost ropota za polno vožnjo znašala 70,7 dB(A), za prazno vožnjo pa

73,7 dB(A). Nižja raven ropota v času polne vožnje je bila verjetno posledica nižje hitrosti vožnje. Kljub temu naj izpostavimo, da v kar treh od petih dnevih statističnih razlik med omenjenima prijemoma znotraj istega delovnega dne nismo dokazali (v drugem, tretjem in petem dnevu).

V raziskavi so nas zanimale tudi razlike med jakostjo ropota pri vožnji po sečno-spravilni poti in gozdni cesti. Povprečna jakost ropota pri vožnji po gozdni cesti je znašala 71,7 dB(A), pri vožnji po sečno-spravilni poti pa 72,6 dB(A). Razlike niso bile statistično značilne tako za vse dni skupaj ($F(1, 123)=0,424$, $p=0,516$) kot tudi ne v vseh posameznih dneh. Razlike v jakosti ropota dveh različnih terenskih podlag smo ugotavljali tudi s primerjavo jakosti ropota med premikom med nakladanjem ter premikom po skladišču. Statistično značilnih razlik nismo uspeli dokazati ($F(1, 368)=0,374$, $p=0,541$), saj je povprečna jakost ropota za premik med nakladanjem znašala 67,9 dB(A), za premik po skladišču pa 68,3 dB(A). Majhnost vzorca ni bila vzrok za neodkrite razlike ($N=290$ in 80). Tako kot za primerjavo sečno-spravilna pot - gozdna cesta tudi za primerjavo premik po skladišču - premik med nakladanjem nismo uspeli dokazati, da bi različni podlagi (gozdna cesta oz. tla v sestoji) značilno vplivali na jakost ropota.

Obremenitve med nakladanjem zelo variirajo (63,3-78,3 dB(A)), skupno za kar 15 dB(A). Podobno sliko kažejo tudi obremenitve v času razkladanja, kjer znaša minimalna vrednost 61,3 dB(A), maksimalna vrednost pa 77,8 dB(A). Za namen podrobnega preverjanja statističnih razlik smo delovno operacijo nakladanje razdelili na tri prijeme glede na smer premika - gor, ravno in dol. Povprečne jakosti ropota so bile 66,8 dB(A) za premik med nakladanjem-dol, 68,9 dB(A) za premik med nakladanjem-ravno ter 69,0 dB(A) za premik med nakladanjem-gor. Rezultati so smiselni, kar potrjujejo tudi ugotovljene statistične razlike ($F(2, 138,841)=5,833$, $p=0,004$). Tamhane's T2 post hoc test je razkril, da so razlike aritmetičnih sredin znašale od 0,15 dB(A) do 2,2 dB(A). Jakosti ropota za premik med nakladanjem-dol so bile značilno nižje od jakosti ropota ostalih dveh operacij ($p=0,05$). Med prijemoma gor in ravno nismo odkrili značilnih razlik ($p=0,05$), saj so bile izmerjene jakosti ropota zelo podobne. Značilno nižje jakosti ropota pri premiku med nakladanjem-dol bi pripisali potrebni manjši moči motorja za premik navzdol. Zanimalo nas je tudi, ali obstajajo in kašne so razlike med prijemoma nakladanje levo in desno. Med

jakostima ropota v času nakladanja desno (66,8 dB(A)) ter nakladanja levo (66,0 dB(A)) nismo ugotovili statistično značilnih razlik ($F(1, 405)=1,99$, $p=0,159$), kar pomeni, da stran nalaganja sortimentov ne vpliva na jakost obremenitve z ropotom.

Ker so obremenitve z ropotom v delovnih operacijah in prijemih z večinsko uporabo hidravličnega dvigala dokaj izenačene, smo preverili tudi morebitno statistično različnost. Povprečna jakost ropota za gozdni red je znašala 65,8 dB(A), za nakladanje 66,4 dB(A), za razkladanje 66,5 dB(A) ter za sortiranje 68,3 dB(A). Za omenjene operacije statistično značilnih razlik nismo uspeli dokazati tako med dnevi ($F(3, 548)=0,718$, $p=0,542$) kot tudi ne znotraj posameznega dneva. To pomeni, da lahko omenjene delovne operacije združimo v eno samo delovno operacijo.

Obremenitve v dodatnem času v treh dneh presegajo spodnjo opozorilno vrednost, predvsem v času zastoja zaradi delovnih sredstev ter v pripravljalno-zaključnem času. V drugem dnevu smo v času zastoja zaradi delovnih sredstev zabeležili jakost ropota 85,4 dB(A). Vrednost je bila posledica pregretja hladilne tekočine v stroju. Strojnik je bil prisiljen delo zaustaviti (ne pa tudi motorja stroja) in počakati na ohladitev sistema pred nadaljevanjem dela. Na ohladitev je počakal kar na kolesu stroja. Prav zato lahko tako visoke jakosti pripišemo delu izven kabine oz. nahajanju v neposredni bližini motorja delovnega sredstva. Spodnja opozorilna meja v celotnem dodatnem času ni presežena samo v času delovne operacije gozdni red, kjer so bile jakosti ropota pod 68 dB(A), strojnik pa je ta čas v celoti preživel v kabini. Za korektno statistično primerjavo med pripravljalnim in zaključnim časom (3 in 5 ponovitev operacij) kot tudi za primerjavo ropota zastojev (3, 18 in 7 ponovitev operacij) smo imeli premajhen vzorec.

V neproduktivnem času so obremenitve v šestih od skupno desetih primerov višje od 80 dB(A). Obremenitve variirajo od 67,4 pa vse do 93,3 dB(A), pri čemer sta bili obe jakosti zabeleženi v času zastoja zaradi osebnih potreb. Obremenitev 93,3 dB(A) smo posneli v drugem dnevu v času zastoja zaradi osebnih potreb, ko si je strojnik v času oddiha zagotovo odprl vrata zaradi dotoka svežega zraka. Presenetljivo visoke jakosti so bile zabeležene tudi v času glavnega odmora (75,3-87,4 dB(A)) in zastoja zaradi organizacije (77-87 dB(A)). Najvišje jakosti ropota v času glavnega odmora so bile

posnete prvi dan, ko se je strojnik po vključitvi motorja stroja nekaj časa zadrževal v neposredni bližini stroja. Maksimalna sekundna vrednost ropota po kazalniku LAeq je ta dan dosegla celo vrednost 101 dB(A). Visoke vrednosti v času zastoja zaradi organizacije bi pripisali pogovoru s šefom iz kabine stroja pri prižganem motorju ter pri odprtih vratih kabine, umikanju skal in hlodov s poti ali odprtju vrat kabine zaradi dotoka svežega zraka v času prepletanja gozdne proizvodnje z ostalimi deli na sečišču. Skupni imenovalec visokim jakostim ropota v neproduktivnem času je tako nahajanje strojnika v bližini prižganega motorja ali počitek na sedežu stroja. Pri tem si je strojnik velikokrat odprl vrata zaščitne kabine, da je omogočil pritok svežega zunanjega zraka, s tem pa je omogočil tudi vdor višjih jakosti ropota v kabino.

Obremenitev po podfazah

Analiza ropota po podfazah je pokazala občutno manjše jakosti ropota v času podfaze stoji. V podfazi premika smo izmerili jakost ropota, ki je presegla spodnjo opozorilno vrednost. Tudi tokrat je bila spodnja opozorilna vrednost presežena v drugem dnevu, jakost ropota v tretjem dnevu pa se ji je zelo približala. Za podfazo stoji so bile vse jakosti ropota nižje od spodnje opozorilne vrednosti glede na Pravilnik ... (2006). Statistična primerjava povprečnih jakosti ropota v času podfaze premika ($LA_{eq}=69,1$ dB(A)) in podfaze stoji ($LA_{eq}=66,5$ dB(A)) za vse delovne dni je razkrila visoko statistično značilne razlike ($F_{w(1, 979,83)}=45,858$, $p=0,000$). Visoko statistične razlike s stopnjo tveganja $p \leq 0,01$ smo odkrili tudi za vse posamezne delovne dni. Z veliko verjetnostjo lahko torej trdimo, da je strojnik v času podfaze premika bolj obremenjen z ropotom kot v času podfaze stoji, s tem pa tudi, da so višje jakosti ropota v času podfaze premika najverjetneje posledica višjih obratov motorja in ne trenja verig ali gosenic s podlago, saj značilnih razlik med jakostjo ropota v času vožnje po sečno-spravljeni poti ter gozdni cesti nismo dokazali.

Obremenitev v produktivnem času

V produktivnem času so se jakosti ropota prvega, četrtega in petega dne gibale od 65,5 do 69 dB(A), jakost ropota tretjega dne (76,3 dB(A)) se je približala spodnji opozorilni

vrednosti, jakost ropota drugega dne (80,4 dB(A)) pa je presegla spodnjo opozorilno vrednost glede na Pravilnik ... (2006).

Primerjava povprečnih vrednosti produktivnega časa ($L_{Aeq}=67,7$ dB(A)), dodatnega časa ($L_{Aeq}=72,8$ dB(A)) ter neproduktivnega časa ($L_{Aeq}=77,9$ dB(A)) je razkrila visoko značilne razlike ($F_{w(2, 33,091)}=18,338$, $p=0,000$). Post hoc analiza s Tamhane's T2 testom ($p=0,05$) je razkrila statistično značilne razlike med produktivnim in dodatnim ter produktivnim in neproduktivnim časom, medtem ko jih med dodatnim in neproduktivnim časom ni razkrila.

Obremenitev v delovnem času

Obremenitve z ropotom v delovnem času so bile za 0,1 do 5,6 dB(A) višje od obremenitev v produktivnem času. Razlog gre iskati v dejstvu, da so bile obremenitve v dodatnem času za vsak posneti delovnik višje od tistih v produktivnem času. Jakosti ropota v delovnem času kljub temu kažejo podobno sliko kot v produktivnem času; strojnik je bil obremenjen z jakostjo ropota, ki je presegla spodnjo opozorilno vrednost samo drugega dne (80,6 dB(A)), tretjega dne (76,5 dB(A)) se je jakost ropota tej vrednosti približala, ostale dni pa se je jakost ropota gibala okrog 70 dB(A), torej daleč pod opozorilnimi vrednostmi Pravilnika ... (2006). Statistična primerjava med povprečnimi obremenitvami je razkrila obstoj visoko statistično značilnih razlik ($F_{w(1, 27,574)}=28,107$, $p<0,001$) med delovnim ($L_{Aeq}=67,8$ dB(A)) ter neproduktivnim časom ($L_{Aeq}=77,9$ dB(A)). Rezultati potrjujejo, da je strojnik značilno bolj obremenjen med delom zunaj kabine kot med delom znotraj le-te.

Obremenitev v času na delovnem mestu

Tako kot v produktivnem in delovnem času je bil strojnik drugega dne tudi v času na delovnem mestu (81,6 dB(A)) obremenjen z jakostjo ropota, ki je presegla spodnjo opozorilno mejo glede na Pravilnik ... (2006). Spodnji meji se je približal tudi ropot tretjega snemalnega dne (76,6 dB(A)). Ostale dni so se jakosti ropota gibale med 68,6 in

74,1 dB(A). To pomeni, da jakost ropota te dni ni presegla nobene od opozorilnih vrednosti Pravilnika ... (2006).

Obremenitev v osem urnem delovniku

Z namenom primerjave obremenitve z ropotom med različnimi poklici oz. poklicnimi deli, Evropska direktiva 2003/10/EC in Pravilnik ... (2006) predvidevata izračun kazalnika LA_{ex8h}, kjer je obremenitev izračunana na 8-urni delovnik. Obremenitev z ropotom po kazalniku LA_{ex8h} drugega dne je dosegla vrednost 82,8 dB(A) kar pomeni, da je presegla spodnjo opozorilno mejo glede na Pravilnik ... (2006). Jakosti ropota po kazalniku LA_{ex8h} ostalih dni so znašale pod 75,3 dB(A), najnižja petega dne pa samo 64,8 dB(A). To pomeni, da strojniki v teh delovnih dnevih niso bili preobremenjeni z ropotom glede na Pravilnik ... (2006). Nizko jakost ropota petega dne bi lahko pojasnili z relativno novim delovnim strojem ter kratkimi razdaljami polne vožnje. Kljub temu je nizka jakost ropota tega dne presenetljiva predvsem zaradi dejstva, da je strojnik ob delu poslušal radijski sprejemnik. Jakost zvoka slednjega je namreč morala biti glasnejša od »normalnega« ropota v zaščitni kabini, saj v obratnem primeru strojnik radijskega sprejemnika ne bi slišal.

Obremenitev zaradi vpliva radia

Preglednica 13: Primerjava jakosti ropota stroja ter stroja in radia

	Jakost ropota LA _{eq} (dB(A))			
	Stroj ^a	Stroj + radio ^b	Razlika (^{b-a})	Radio
Skupaj	65,0	68,6	3,6***	66,1
Premika	68,1	69,3	1,2**	63,1
Stoji	63,0	68,0	5,0***	66,3

** - statistično različno pri p=0,05, *** - statistično različno pri p=0,01

Rezultati so potrdili visoko statistično značilnost ($F_{w(1, 29,036)}=43,827$, $p=0,000$) vpliva radia na skupno jakost ropota v višini 3,6 dB(A). S primerjavo obremenitev z ropotom med podfazami ugotovimo, da je jakost radia višja od jakosti ropota stroja, kadar le-ta stoji ter manjša od jakosti radia, kadar se stroj premika. Nastavitev radia je tako omogočala slišno

spremljanje delovanja stroja med premiki, ne pa tudi med nakladanjem in razkladanjem. Ugotovili smo torej, da je bila jakost radia nastavljena med intervalom 63,1 in 66,3 dB(A) (Preglednica 13).

Obremenitev pri odprti kabini

Za dva različna nivoja jakosti ropota drugega dne (nižjega in višjega) smo predpostavili, da sta bila posledica odprte kabine (oken oz. vrat). Analiza ropota za produktivni čas je pokazala, da je jakost ropota v času nižjega nivoja znašala 67,0 dB(A), v času višjega pa 78,9 dB(A). Za razliko v jakosti ropota 11,9 dB(A) smo potrdili visoko značilno različnost ($F(1, 176)=268,264$, $p=0,000$). Razlike smo preverili tudi za čas podfaz. Za podfazo premika je znašala jakost ropota za nižji nivo 69,0 dB(A), za višji pa 80,3 dB(A). Za razliko 11,3 dB(A) smo potrdili visoko značilno različnost ($F(1, 82)=78,907$, $p=0,000$). Za podfazo stoji je znašala jakost ropota za nižji nivo 64,9 dB(A), za višji pa 77,8 dB(A). Tudi tokrat se je razlika 12,9 dB(A) izkazala za visoko statistično različno ($F(1, 92)=506,863$, $p=0,000$).

Obremenitev brez vpliva radia in odprte kabine

Preglednica 14: Primerjava statistične značilnosti v jakosti ropota med dnevi

Dan	Jakost ropota LAeq (dB(A))	
	Skupaj	Brez vpliva radia in odprte kabine
1	63,6 ^{abce}	63,6 ^{ab}
2	77,2 ^{abcde}	66,9 ^{abd}
3	67,6 ^{abcd}	67,6 ^{acde}
4	64,2 ^{bcd}	64,2 ^{bcd}
5	68,2 ^{abde}	65,0 ^{ce}

^{abcde} - statistično značilne razlike pri $p = 0,05$

Če izračunamo povprečno obremenitev delavcev, kjer uporabimo kot vzorčno enoto operacijo (Preglednica 14), ugotovimo, da so obremenitve v drugem dnevu (pri starejšem stroju in odprti kabini) najvišje in statistično značilno različne od obremenitev v ostalih dneh. Po odstranitvi vpliva odprte kabine pa so obremenitve značilno različne le od najnižjih obremenitev, ki so bile izmerjene v prvem in četrtem dnevu. V petem dnevu so

skupne obremenitve stroja in radia neznatno različne od obremenitev v tretjem dnevu oz. znatno različne od najvišjih in najnižjih obremenitev po dnevih. Po odstranitvi vpliva radia so obremenitve znatno različne le od tretjega dne, kjer je bila obremenitev z ropotom največja.

Obremenitve starih in novih strojev

Ugotovitve kažejo, da novi stroji (prvi, tretji in peti dan) povzročajo obremenitve z jakostjo 70,6 dB(A), medtem ko stari stroji (drugi in četrti dan) povzročajo obremenitve jakosti 73,0 dB(A). Značilnih razlik med obema skupinama strojev nismo odkrili ($F_{w(1, 19,017)}=1,006$, $p=0,328$). Tudi preizkus razlik med starimi in novimi stroji od prvega do četrtega dneva (brez petega dneva, v katerem je bil prižgan radijski sprejemnik) ni odkril značilnih razlik ($F(1,29)=0,551$, $p=0,464$). Dokazali smo torej, da stari in novi stroji ne povzročajo znatno različnih obremenitev z ropotom.

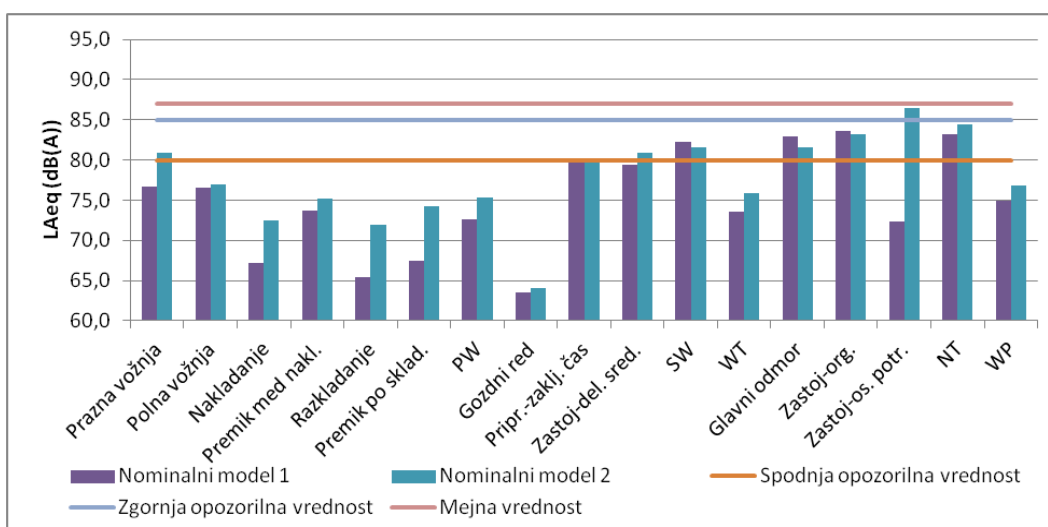
6.3.3 Obremenitev z ropotom v nominalnem modelu

V prejšnjem poglavju smo ugotovili, da so bile obremenitve z ropotom po kazalniku LAeq drugi dan snemanja nadpovprečno visoke. Tako visoke vrednosti bi lahko pripisali tehnološko starejšemu stroju s krepko prekoračeno amortizacijsko dobo (starost stroja v času snemanja je znašala 11 let), kar se je že poznalo na izrabljenosti stroja. Višje obremenitve so lahko bile še posledica odprte kabine (oken oz. vrat). Peti dan meritev je strojnik med delom poslušal radijski sprejemnik, kar je prav tako vplivalo na povečano obremenjenost strojnika z ropotom. Glede na rezultate in glede na namen raziskave smo se zato odločili, da preverimo razlike med dvema nominalnima (povprečnima) modeloma obremenitev strojnika. Tako smo v prvem modelu (**nominalni model 1**) nominalni dan izračunali iz prvega, tretjega in četrtega dne - iz dni, ko je bil strojnik preko celotnega delovnika zagotovo obremenjen le z ropotom zgibnega polprikoličarja brez ostalih vplivov (radia ter odprte kabine), v drugem modelu (**nominalni model 2**) pa smo upoštevali vse snemalne dni, torej tudi vse pojasnjene in nepojasnjene vire ropota, saj le takšen model predstavlja dejansko obremenjenost strojnika zgibnega polprikoličarja z ropotom v času terenskega snemanja (Preglednica 15 ter Slika 41).

Preglednica 15: Obremenitve z ropotom (LAeq) za nominalna modela

Čas	Operacije	Jakost ropota LAeq (dB(A))	
		Nominalni model	
		1	2
PW	Prazna vožnja	76,7	80,9
	Polna vožnja	76,5	76,9
	Nakladanje	67,2	72,5
	Pr. med nakl.	73,6	75,2
	Razkladanje	65,4	71,9
	Pr. po sklad.	67,5	74,2
	PW	72,6	75,3
SW	Gozdni red	63,5	64,0
	P.-Z. čas	80,1	80,0
	Z.-del. sred.	79,3	80,8
	SW	82,2	81,5
PW+SW	WT	73,5	75,8
NT	Glavni odmor	82,9	81,5
	Zastoj-org.	83,5	83,2
	Z.-os. potr.	72,3	86,4
	NT	83,2	84,4
WT+NT	WP	74,9	76,9
	LAex8h	77,9	82,6
Podfaza	Premika	75,7	78,8
	Stoji	66,6	72,2

LAex8h - obremenitev v normaliziranem času 8 h (dB(A)), Z. - zastoj, V. - vožnja, Pr. - premik, P.-Z. čas - pripravljalo-zaključni čas



Slika 41: Obremenitev z ropotom LAeq v nominalnem modelu

Obremenitve po delovnih operacijah

Za oba nominalna modela sta bili znotraj produktivnega časa z ropotom najbolj škodljivi delovni operaciji prazna in polna vožnja, pri čemer je bila prazna vožnja v nominalnem modelu 2 precej bolj škodljiva (za 4,2 dB(A)) od prazne vožnje nominalnega modela 1. Prazna vožnja nominalnega modela 2 je z jakostjo ropota 80,9 dB(A) hkrati presegla tudi spodnjo opozorilno vrednost Pravilnika ... (2006). Prazni in polni vožnji sta po jakosti ropota sledila oba premika – premik po skladišču ter premik med nakladanjem, pri čemer je bil slednji glasnejši.

Znotraj dodatnega časa so se obremenitve za pripravljalno – zaključni čas ter zastoj zaradi delovnih sredstev gibale tik pod ali pa so presegle spodnjo opozorilno vrednost 80 dB(A), medtem ko so za gozdni red z jakostjo ropota 64 dB(A) za oba nominalna dneva znašale krepko pod omenjeno mejo.

Znotraj neproduktivnega časa samo v času zastoja zaradi osebnih potreb v nominalnem modelu 1 (72,3 dB(A)) ni bila prekoračena nobena od opozorilnih vrednosti, medtem ko je bila pri vseh drugih delovnih operacijah s povprečno jakostjo ropota 83 dB(A) presežena spodnja opozorilna vrednost 80 dB(A), v času zastoja zaradi osebnih potreb v nominalnem modelu 2 (86,4 dB(A)) pa celo zgornja opozorilna vrednost 85 dB(A) Pravilnika ... (2006).

Obremenitev po podfazah

Analiza ropota za čas trajanja podfaz je pokazala, da je znašala jakost ropota za oba nominalna modela v podfazi premika okrog 77 dB(A), v podfazi stoji pa okrog 68 dB(A). Jakost ropota za oba nominalna modela tako ni presegla nobene od opozorilnih vrednosti glede na Pravilnik ... (2006). Zaključimo lahko, da je strojnik zgibnega polprikoličarja med premikanjem veliko bolj obremenjen z ropotom, kar pomeni, da je poglavitni vir ropota bodisi motor bodisi trenje med strojem in podlago.

Obremenitev v produktivnem času

Skupna jakost obremenitve z ropotom za produktivni čas je za nominalni model 1 znašala 72,6 dB(A), za nominalni model 2 pa 75,3 dB(A). Jakost ropota za oba nominalna modela ni presegla nobene od opozorilnih vrednosti glede na Pravilnik ... (2006).

Obremenitev v delovnem času

Jakost obremenitve v delovnem času je za nominalni model 1 znašala 73,5 dB(A), za nominalni model 2 pa 75,8 dB(A). Obremenitev za oba nominalna modela ni presegla nobene od opozorilnih vrednosti glede na Pravilnik ... (2006).

Obremenitev v času na delovnem mestu

Tudi tokrat so bile obremenitve strojnika v nominalnem modelu 2 večje kot v nominalnem modelu 1. Za nominalni model 1 je znašala jakost obremenitve 74,9 dB(A), za nominalni model 2 pa 76,9 dB(A). Vidimo lahko, da razlika znaša 2 dB(A). Obremenitev z ropotom v obeh nominalnih dneh ni presegla nobene od opozorilnih vrednosti glede na Pravilnik ... (2006).

Obremenitev v osem urnem delovniku

Za celostno primerjavo obremenitev z zakonodajo so najpomembnejši podatki o obremenitvah normalizirani na osem urni delovnik. Strojniki po kazalniku LA_{ex8h} v nominalnem modelu 1 (77,9 dB(A)) niso bili izpostavljeni jakosti večji od spodnje opozorilne vrednosti, medtem ko je jakost ropota v nominalnem modelu 2 (82,6 dB(A)) presegla spodnjo opozorilno vrednost 80 dB(A) glede na Pravilnik ... (2006).

Razširjena napaka meritev

ISO standard predvideva podajanje zaključnega rezultata analize jakosti ropota na delovnem mestu v obliki normalizirane 8-urne jakosti obremenitve z ropotom (LA_{ex8h}) ter

razširjene napake meritev (U). Le-ta je bila v naši raziskavi večja ali enaka 7,9 dB(A) za oba nominalna modela (Preglednica 16). Napaka je glede na zahteve ISO standarda prevelika, saj bi morala znašati manj kot 3 dB(A). Veliko razširjeno napako meritev (U) smo pripisali zelo heterogenim delovnim razmeram, prižganem radiu oz. odprti kabini, strojnikom z zelo različnim nivojem znanja ter nazadnje tudi različnim modelom in starostim zgibnih polprikoličarjev. Zaključimo lahko, da smo z raziskavo zajeli zelo heterogen vzorec, kakršen večinoma prevladuje v gozdarstvu.

Preglednica 16: Razširjena napaka meritev za nominalna modela

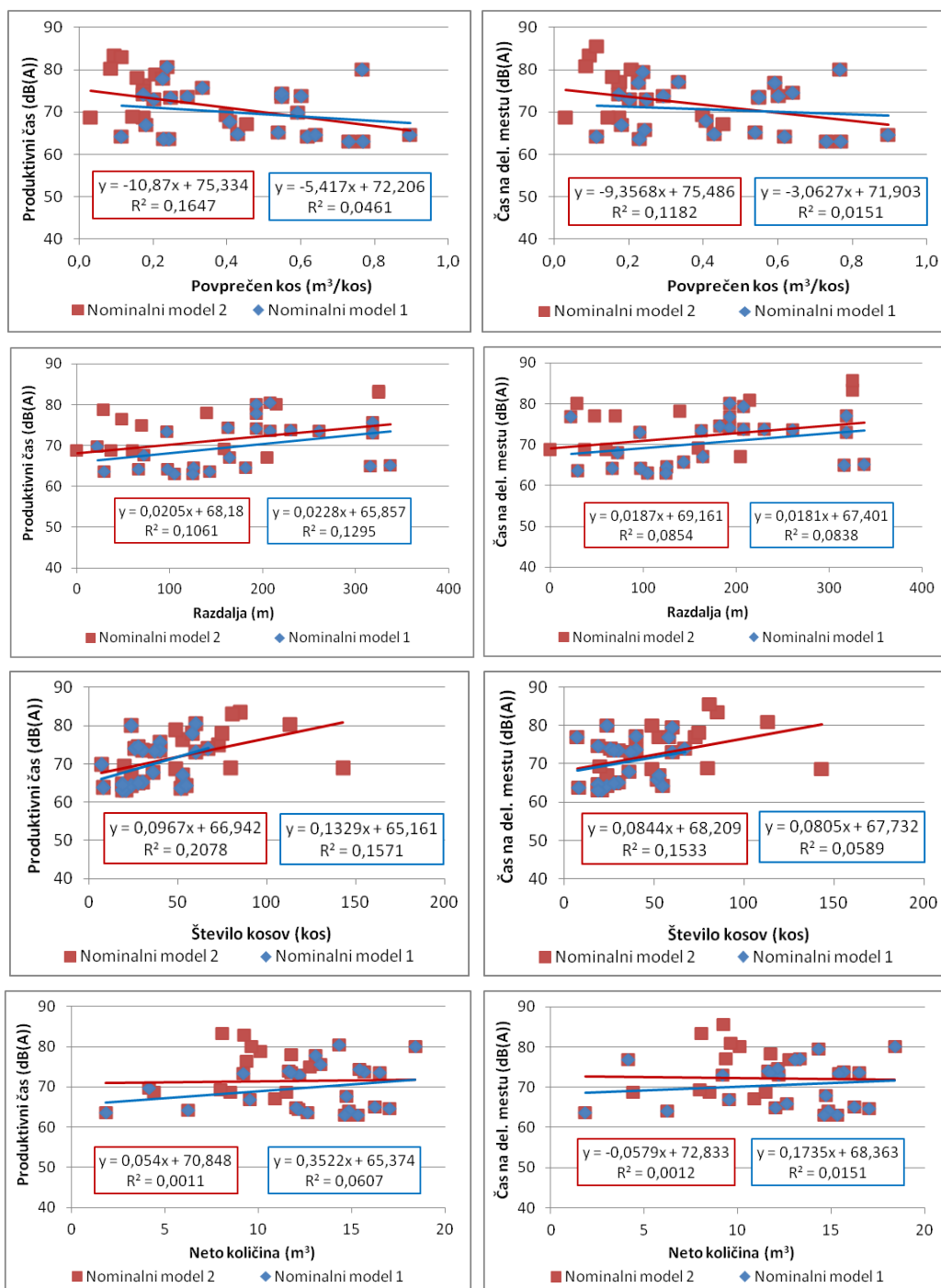
Čas	Operacija	Nominalni model					
		1			2		
		u ₁	u ₁ c ₁	U	u ₁	u ₁ c ₁	U
PW	Prazna vožnja	5,98	46,11	76,1	7,56	18,84	31,2
	Polna vožnja	8,80	100,63	166,1	7,48	18,45	30,6
	Nakladanje	3,97	20,29	33,6	6,11	12,47	20,8
	Premik med nakl.	6,00	46,51	76,8	5,77	11,18	18,7
	Razkladanje	3,77	18,24	30,2	6,47	13,94	23,2
	Premik po sklad.	3,17	12,92	21,5	6,21	12,87	21,4
	PW	5,48	38,79	64,1	6,16	12,67	21,1
SW	Gozdni red						
	Pripr.-zaklj. čas						
	Zastoj-del. sred.						
	SW	2,85	10,46	17,5	4,91	8,22	13,9
PW+SW	WT	3,47	15,49	25,7	5,03	8,59	14,5
NT	Glavni odmor						
	Zastoj-org.	5,02	32,41	53,6			
	Zastoj-os. potr.						
	NT	4,73	28,81	47,6	8,49	23,60	39,1
WT+NT	WP	1,84	4,45	7,9	4,76	7,76	13,2
	LAex8h	2,51	8,13	13,7	6,65	14,68	24,4
Podfaza	Premika	5,96	45,82	75,7	6,89	15,72	26,1
	Stoji	3,85	19,05	31,6	6,12	12,50	20,8

*u₁ - standardna napaka (dB(A)), u₁c₁- prispevek napake (dB(A)), U – razširjena napaka meritev (dB(A)), LAex8h - obremenitev v normaliziranem času 8h, Z. - zastoj, V. - vožnja, Pr. - premik, P.-Z. čas - pripravljalno-zaključni čas

6.3.4 Vpliv delovnih razmer na obremenitev z ropotom

Za razumevanje in napovedovanje obremenitev z ropotom na delovnem mestu je poznavanje vzrokov za nastale obremenitve ključnega pomena. Ker je bil to eden glavnih ciljev naloge smo preverili ali obstaja in kateri je tisti dejavnik delovnih razmer, ki vpliva na obremenitev strojnika z ropotom (Slika 42).

Teoretično se obremenitev delavca z ropotom naj ne bi spreminjala znotraj delovnih operacij. Tako bi na primer morala biti obremenitev pri enaki hitrosti stroja enaka na 100 in na 1000 m razdalje polne vožnje. Nasprotno pa bi se morala obremenitev spreminjati v produktivnem času in času na delovnem mestu, saj se spreminja struktura časa izpostavljenosti. Kljub teoretični predpostavki smo preverili odvisnost obremenitev z ropotom znotraj delovnih operacij glede na delovne razmere. Pri tem nas je zanimala predvsem značilna odvisnost nominalnega modela 1, ki je brez dodatnih vplivov na obremenitev. Ugotovili smo, da obremenitev v nominalnem modelu 1 med prazno vožnjo značilno narašča z razdaljo polne vožnje ($R^2=0,15$, $p=0,059$) in številom kosov v bremenu ($R^2=0,22$, $p=0,020$), med polno vožnjo s številom kosov ($R^2=0,18$, $p=0,039$) ter med premikom med nakladanjem z razdaljo vlačjenja ($R^2=0,20$, $p=0,037$). Ugotovljene odvisnosti so v splošnem nesmiselne. Tako je nesmiselno, da na obremenitev med prazno vožnjo vpliva število kosov, ko le-ti še sploh niso naloženi. Podobno je odvisnost nesmiselna pri polni vožnji, saj bi namesto števila kosov predvidevali, da na obremenitev vpliva neto volumen. Ne verjamemo pa, da so za značilno odvisnost krivi trki med sortimenti. Naraščanje obremenitev med premikom med nakladanjem z razdaljo polne vožnje je smiselna le, če so premiki na daljših razdaljah drugačni oz. zahtevajo višje obremenitve motorja. Prav tako je smiselno naraščanje obremenitev med prazno vožnjo z razdaljo vožnje le pri spremembah terenskih razmer ali stanja sečnospravičnih poti.



Slika 42: Obremenitev z ropotom (L_{Aeq}) za produktivni čas (levo) ter čas na delovnem mestu (desno)

Rezultati so pokazali, da se jakost ropota značilno niža z velikostjo povprečnega kosa. Značilnost smo dokazali le za nominalni model 2, vendar tako za produktivni čas ($R_{PW}^2=0,17$, $p_{PW}=0,014$) kot tudi za čas na delovnem mestu ($R_{WP}^2=0,12$, $p_{WP}=0,040$). Za nominalni model 2 je znašala jakost obremenitve z ropotom za kos velikosti $0,1 \text{ m}^3$ 73 dB(A) in je padla na 68 dB(A) za kos velikosti $0,9 \text{ m}^3$. Rezultati so nesmiselni, saj se z večanjem povprečnega kosa v modelni strukturi časa povečuje delež najhрупnejših delovnih operacij (prazne in polne vožnje), zato bi morale obremenitve naraščati. Neznačilnost vpliva povprečnega kosa v nominalnem modelu 1 se tako zdi bolj smiselna kot značilnost v nominalnem modelu 2. Značilnost nominalnega modela 2 je zato najverjetneje posledica vpliva odprte kabine in radia na obremenitev z ropotom. Na obeh deloviščih so bili tudi najtanjši povprečni kosi v bremenu.

Predvidevali smo, da bo razdalja polne vožnje oziroma posredno primarna odprtost gozdov vplivni faktor, ki bo pojasnil največ variabilnosti jakosti ropota. Ugotovili smo, da jakost ropota res narašča z razdaljo polne vožnje. Značilnosti vpliva smo dokazali pri tveganju 10 % za produktivni čas (nominalni model 2: $R_{PW}^2=0,11$, $p_{PW}=0,053$; nominalni model 1: $R_{PW}^2=0,13$, $p_{PW}=0,084$) in za čas na delovnem mestu za nominalni model 2 ($R_{WP}^2=0,09$, $p_{WP}=0,084$) ne pa tudi za nominalni model 1 ($R_{WP}^2=0,08$, $p_{WP}=0,170$). Za potrditev značilnosti vpliva pri manjšem tveganju bi bilo potrebno opraviti več ponovitev, saj je bila variabilnost podatkov zelo velika. Razberemo lahko, da je znašala jakost ropota pri razdalji spravila 50 m okrog 68 dB(A), medtem ko je znašala pri razdalji 350 m okrog 74 dB(A). Rezultati so smiselni, saj smo že predhodno ugotovili, da se z večanjem razdalje prazne in polne vožnje (najhрупnejši operaciji) oziroma z zmanjševanjem primarne odprtosti gozdov večja delež omenjenih dveh delovnih operacij v časovni strukturi.

Tako kot za razdaljo polne vožnje smo tudi za število kosov dokazali značilen vpliv na obremenitev z ropotom. Tudi tokrat smo značilnost dokazali za nominalni model 2 in sicer tako za produktivni čas ($R_{PW}^2=0,21$, $p_{PW}=0,005$) kot tudi za čas na delovnem mestu ($R_{WP}^2=0,15$, $p_{WP}=0,018$). Značilnost pri 10 % tveganju smo dokazali tudi za nominalni model 1 za produktivni čas ($R_{PW}^2=0,16$, $p_{PW}=0,055$), ne pa tudi za čas na delovnem mestu ($R_{WP}^2=0,06$, $p_{WP}=0,253$). Jakost ropota se povečuje s številom kosov, pri čemer pa lahko jakost obremenitve pri 150 kosih že preseže spodnjo opozorilno mejo Pravilnika ... (2006).

Rezultati so smiselni, saj se z naraščanjem števila kosov povečuje delež nakladanja in razkladanja v strukturi časa, znotraj delovnih operacij nakladanje in razkladanje pa jakost obremenitve z ropotom prav tako narašča s številom kosov v tovoru.

Kljub pričakovanju, da bo neto količina imela značilen vpliv na naraščanje jakosti ropota tega nismo uspeli dokazati niti za produktivni čas (nominalni model 2: $R_{PW}^2=0,00$, $p_{PW}=0,849$; nominalni model 1: $R_{PW}^2=0,06$, $p_{PW}=0,246$) niti za čas na delovnem mestu (nominalni model 2: $R_{WP}^2=0,00$, $p_{WP}=0,840$; nominalni model 1: $R_{WP}^2=0,02$, $p_{WP}=0,568$). Rezultati so v skladu z ugotovitvami modelne strukture časa in analize jakosti ropota po posameznih delovnih operacijah.

Ugotovitve kažejo, da je nominalni model 2 velikokrat statistično značilen, vendar smo značilnost pripisali prisotnosti dodatnih virov ropota (odprti kabini in prižganemu radiu). Tako je za realne rezultate najbolj zanesljiv nominalni model 1, ki je značilen samo v produktivnem času in sicer pri tveganju 10 %. Dokazali smo torej vpliv primarne odprtosti gozdov in števila kosov v tovoru (in posledično trajanja) na obremenitev z ropotom, ob predpostavki, da ni zaprtih (nedostopnih) površin gozda.

7 RAZPRAVA

Pregled dosedanje literature na temo ropota pri strojni sečnji in spravilu je razkril, da so raziskave med terenskim obratovanjem strojev zelo redke ali pa le-te sploh ne obstajajo (Rehn in sod., 2005). Synwoldt in Gellerstedt (2003) navajata ropot kot drugi najbolj moteči dejavnik pri strojni sečnji in spravilu lesa. Synwoldt in Gellerstedt (2003) pri strojnem spravilu oz. izvozu lesa z zgibnimi polprikoličarji opozarjata še na vprašanje t.i. »ergonomske zanke«, ko je lahko strojnik v ergonomsko boljše zasnovanem stroju, zaradi izboljšanih tehničnih sredstev, v skupni dnevni dozi še bolj obremenjen s slabimi vplivi iz delovnega okolja.

7.1 ČAS IZPOSTAVLJENOSTI

Pri ergonomskih raziskavah ne smemo pozabiti, da je obremenjenost z ropotom interakcija časovne izpostavljenosti in jakosti obremenitve (Poje, 2011), zato je za korektne raziskave ob študiji ropota nujno narediti tudi časovno študijo posnetega časa. Struktura časa je bila zelo raznolika zaradi heterogenih delovnih razmer, različnih delovnih sredstev ter njihovih specifičnih delovnih zahtev, različnih strojnikov ter nazadnje tudi zaradi različnih nacionalnih delovnih zakonodaj. Primerjavo časovnih struktur mednarodnih raziskav nadalje otežuje še različnost uporabljenih definicij delovnih operacij in delov časa.

Najboljši pokazatelj časovne strukture je relativna struktura časa, pri kateri celoto predstavlja celotni snemalni, delovni ali produktivni čas. Saixas in sod. (1999) in Messingerová in sod. (2005) sta prišla do medsebojno zelo podobnih rezultatov strukture časa: prazna vožnja 9-15 %, nakladanje 47-50 %, polna vožnja 17-19 % ter razkladanje 21-23 % časa. Na splošno se vsi rezultati preteklih raziskav strukture časa gibljejo v dokaj podobnih relativnih deležih. Vzrok bi lahko pripisali poročanju časovne strukture samo za produktivni čas in/ali prekratkemu snemalnemu času (zaradi snemanja v trajanju samo nekaj minut ali samo nekaj ciklov), v katerem ni bilo zajetih dovolj dodatnega in neproduktivnega časa. Pričujoča raziskava je narejena s tehniko celodnevnega snemanja (ang. full-day measurement) po mednarodnem standardu SIST EN ISO 9612:2009, s čimer smo dobili zelo realne podatke o časovni strukturi. V pričujočo raziskavo so zajeti tudi

neproduktivni časi zaradi delovnih sredstev, pripravljajno-zaključni časi, osebni odmori kot tudi zastoji zaradi organizacije. Zaradi izločitve neznanih oz dodatnih virov ropota smo v raziskavi primerjali nominalni model 1 (izključeni viri ropota kot so radio in odprta kabina) ter nominalni model 2 (vključeni vsi dnevi z vsemi znanimi in neznanimi viri ropota). Dodatni in neproduktivni čas sta v raziskavi predstavljala celo od 24,6 (nominalni model 2) do 27,6 % (nominalni model 1) časa na delovnem mestu. S tem lahko potrdimo, da smo, zaradi celodnevne tehnike snemanja, v raziskavo zajeli skoraj vse možne delovne operacije pri delu z zgibnimi polprikoličarji. Z našo raziskavo smo dokazali, da lahko dodatni in neproduktivni časi predstavljajo dobršen delež časa na delovnem mestu, zato je celodnevna tehnika terenskega snemanja zelo pomembna za korektne rezultate analize obremenitve z ropotom. Glede na visok delež dodatnega in neproduktivnega časa bi se upali trditi, da se bo v prihodnosti, v želji po učinkovitejši in globalno konkurenčnejši gozdni proizvodnji, delež obeh časov v skupni strukturi časa precej zmanjšal.

S primerjavo strukture produktivnega časa ugotovimo, da so rezultati za oba modela nominalnih dni zelo podobni z Odar (2011), če pa trajanje delovne operacije premik med nakladanjem prištejemo k prazni vožnji ali k nakladanju, pa so rezultati primerljivi tudi s Seixas in sod. (1999), Messingerová in sod. (2005) ter z Rehn in sod. (2005). Struktura produktivnega časa je zelo podobna pri vseh raziskavah, kljub heterogenim delovnim in drugim razmeram.

Drugi raziskovalci odvisnosti porabe časa od delovnih razmer ne navajajo, zato primerjave med raziskavami niso možne. Odkrili smo, da se trajanje prazne in polne vožnje daljša z razdaljo polne vožnje, trajanje nakladanja in razkladanja daljša s številom kosov in krajša s povprečnim kosom, trajanje premika med nakladanjem pa se krajša s povprečnim kosom. Proučevani faktorji delovnih razmer niso pojasnili variabilnosti porabe časa za premik po skladišču. Analiza odvisnosti trajanja časa na delovnem mestu in produktivnega časa je pokazala, da se trajanje spravila lesa značilno podaljšuje s številom kosov in skrajšuje s povprečnim kosom. Faktorja neto količina in razdalja polne vožnje sta neznačilno vplivala na trajanje izpostavljenosti. Vzrok lahko pripišemo dejstvu, da sta v modelni strukturi časa največ časa zavzemali operaciji nakladanje ter razkladanje, trajanje le-teh pa sta najbolj pojasnila prav faktorja število kosov oz. povprečen kos.

7.2 OBREMENITEV Z ROPOTOM

Primerjava podobnih delovnih mest

Šterbenk (2013) navaja osemurno modelno obremenitev (LA_{ex8h}) 74,20 dB(A) za strojnika gradbenega stroja Takeuchi TB 070 na Koroškem ter 77,10 dB(A) za strojnika gradbenega stroja Caterpillar 323D na Kočevskem. Če te obremenitve primerjamo z obremenitvami LA_{ex8h} za oba nominalna modela obremenitev strojnika zgibnega polprikoličarja (LA_{ex8h} za nominalni model 1=77,9 dB(A); LA_{ex8h} za nominalni model 2=82,6 dB(A)) ugotovimo, da je bil strojnik zgibnega polprikoličarja v 8-urnem delovniku z ropotom bolj obremenjen kot strojnik gradbenega stroja in to kljub dejstvu, da se je pri gradnji gozdnih vlak uporabljalo pnevmatsko kladivo.

V nasprotju z gradbenimi stroji povzroča zgibni polprikoličar obremenitve z ropotom nižje od ropota zgibnega traktorja. Obranovič (2013) za snemalni čas za zgibni traktor Ecotrac 120V pri hkratni uporabi motorne žage navaja jakost ropota $LA_{eq}=92$ dB(A), Seixas in sod. (1999) pa jakost ropota zgibnika $LA_{eq}=82$ dB(A). Tako kot strojniki zgibnih polprikoličarjev v neproduktivnem in dodatnem času so tudi strojniki zgibnih traktorjev z ropotom najbolj obremenjeni zaradi dela zunaj traktorske kabine (Obranovič, 2013). Povišane obremenitve z ropotom zunaj traktorske kabine navaja tudi Žunič (2010).

Strojnik zgibnega polprikoličarja večino svojega časa na delovnem mestu preživi v notranjosti kabine (Gerasimov in Sokolov, 2009; Odar, 2011; Messingerová, 2005; Rehn in sod., 2005) zato lahko njegovo delo neposredno primerjamo z delovnimi operacijami, pri katerih je tudi traktorist v notranjosti kabine. Obranovič (2013) navaja vrednost ropota (LA_{eq}) zgibnika Ecotrac 120V za polno vožnjo 84,8 in za prazno vožnjo 83,9 dB(A), Žunič (2010) pa vrednosti 94 in 92 dB(A) kot povprečni vrednosti obremenitev 4 kmetijskih prilagojenih traktorjev in 2 zgibnikov. V naši raziskavi je znašala jakost obremenitve z ropotom (LA_{eq}) za nominalni model 1 za prazno vožnjo 76,7 dB(A), za polno vožnjo pa 76,5 dB(A), za nominalni model 2 pa 80,9 in 76,9 dB(A). Nižje jakosti ropota bi pripisali večji zmogljivosti motorja ter predvsem boljši izoliranosti zaščitne kabine zgibnih polprikoličarjev.

Primerjava strojne sečnje in spravila lesa

Namenske študije o vplivu in jakosti ropota pri strojnem načinu sečnje in spravila lesa so zelo redke, saj je ropot večinoma vključen v celovito presojo ergonomske primernosti posameznega delovnega sredstva (Synwoldt in Gellerstedt, 2003; Rehn in sod., 2005; Gerasimov in Sokolov, 2009 in 2013). Gerasimov in Sokolov (2013) sta izmerila jakosti ropota višje od takrat veljavnih dopustnih mej, Synwoldt in Gellerstedt (2003) pa navajata ropot kot drugi največji ergonomski primanjkljaj strojev za sečnjo, takoj za dostopom do kabine. Seixas in sod. (1999) ter Messingerová in sod. (2005) so ugotovili, da je ropot zgibnih polprikoličarjev v povprečju večji od ropota stroja za strojno sečnjo za približno 4 dB(A). Vzrok so pripisali večjemu deležu vožnje ter hitrejši potovalni hitrosti zgibnega polprikoličarja.

Seixas in sod. (1999) so naredili raziskavo ropota takrat relativno novih gozdarskih strojev v brazilskih evkaliptusovih gozdovih. Za stroje za sečnjo je znašala jakost ropota 75 dB(A), medtem ko je znašala jakost ropota za zgibne polprikoličarje 77 dB(A). Šest let pozneje so Messingerová in sod. (2005) opravili meritve ropota na polprikoličarju John Deere 1010D. Jakost obremenitve z ropotom je znašala 74 dB(A). Gerasimov in Sokolov (2009 in 2013) na žalost podajata le integrirane indikatorje delovnih razmer, ne pa tudi jakosti ropota. Jakosti ropota, ki jih navajajo Seixas in sod. (1999) so bile zelo podobne izsledkom naše raziskave za nominalni model 1 ($LA_{ex8h}=77,9$ dB(A). Zaključimo lahko, da je ropot zgibnih polprikoličarjev v težjih delovnih razmerah, kljub tehničnemu napredku v zadnjih 15-tih letih, dandanes še vedno na ravni tistih iz leta 1999.

Kar nekaj študij ropota se je ukvarjalo s spremembami jakosti ropota ob vključitvi klimatskih naprav in radia. Ob vključitvi klimatske naprave v stroju za sečnjo Messingerová in sod. (2005) navajajo dvig jakosti ropota za 3,7 dB(A), medtem ko Seixas in sod. (1999) za zgibne polprikoličarje navajajo dvig za 5,1 dB(A). Visoke jakosti (višji nivo) ropota drugega dne smo pripisali odprtim vratom oziroma oknom kabine. Analiza ropota v naši raziskavi je razkrila, da je jakost ropota v času nižjega nivoja znašala 67,0 dB(A), v času višjega nivoja pa 78,9 dB(A). Odprta kabina je tako v povprečju prispevala kar 11,9 dB(A) h končni dnevni obremenitvi drugega dne. Seixas in sod. (1999)

navajajo zvišanje jakosti ropota za 6,6 dB(A) ob uporabi radia pri strojni sečnji, ob uporabi radia v zgibnem polprikoličarju pa le za 0,8 dB(A). V pričujoči raziskavi je znašala jakost ropota brez radia 65,0 dB(A), z radiem pa 68,6 dB(A). Ugotovitve torej kažejo, da je povprečen ropot radia v naši raziskavi dvignil obremenitev z ropotom za 3,6 dB(A). Glede na rezultate dosedanjih raziskav in pričujoče raziskave bi, tako kot Seixas in sod. (1999), tudi sami priporočili redno vzdrževanje in servisiranje klimatskih naprav, saj le-te ob rednem vzdrževanju delajo pri nižjih vrtiljajih motorja oz. ventilatorja, s tem pa je tudi strojnik v skupni dozi manj obremenjen z ropotom. Druga slaba stran nedelujočih hladilnih sistemov je človeška potreba po svežem zunanjem zraku in s tem potreba po odpiranju oken ali vrat zaščitne kabine, kar lahko povzroči dodatno obremenitev z ropotom škodljivo za zdravje. Dodatno obremenitev povzroči tudi glasno poslušanje radia med delom. Zaradi navedenega vsa ta dejanja odsvetujemo.

Ropot novjših strojev je zdravju redko škodljiv. Kljub temu je ropot lahko nadležen in utrujajoč, kar pa lahko privede do manjše produktivnosti. Še več, tudi nizke jakosti ropota so lahko moteče pri delu, ki zahteva koncentracijo in zbranost (Frumerie, 1999). Bilban (2005, cit. po Poje, 2011) trdi, da lahko pride že pri ropotu od 40 do 65 dB(A) do psihičnih motenj, ki se kažejo kot utrujenost, razdražljivost, občutek nelagodnosti in slabši spanec, ropot od 65 do 90 dB(A) pa lahko vpliva na delovanje organskih sistemov. Mejna vrednost ekvivalentne ravni ropota (LA_{ex8h}) za nemoteno delo za manj zahtevno krmiljenje sistemov ter manj zahtevna fizična dela, ki zahtevajo zbranost in pazljivost, je v Prilogi 1 Pravilnika ... (2006) definirana pri jakosti ropota 70 dB(A). Ugotovimo lahko torej, da so strojniki zgibnih polprikoličarjev za tovrstno delo preobremenjeni tako v času na delovnem mestu kot tudi v osem urnem delovniku za oba nominalna modela. V kolikor pa bi delo strojnika zgibnega polprikoličarja šteli za pretežno rutinska fizična dela, ki zahtevajo slušno spremljanje okolja, za katera je mejna vrednost ekvivalentne ravni ropota (LA_{ex8h}) določena pri jakosti 80 dB(A) (Priloga 1 Pravilnika ... (2006)), potem so bili strojniki preobremenjeni z ropotom v nominalnem modelu 2 oz. zaradi dela, pri katerem so imeli prižgan radio ter odprto kabino (odprta okna in/ali vrata kabine), ne pa tudi v nominalnem modelu 1, kjer so bili upoštevani samo delavniki brez dodatnih virov ropota. Glede na poznavanje delovnega procesa spravila lesa z zgibnim polprikoličarjem menimo, da je za delo strojnika zgibnega polprikoličarja ustrežnejša mejna vrednost 70 dB(A).

S statistično primerjavo jakosti ropota produktivnega, dodatnega in neproduktivnega časa smo dokazali značilno nižje jakosti ropota (L_{Aeq}) v produktivnem času, t.j. času, ki ga strojnik preživi v kabini. Dodaten argument so tudi jakosti ropota (L_{Aeq}), ki v produktivnem času večinoma ne presežejo nobene od mej (strojnik se vedno nahaja v kabini), medtem ko v dodatnem in neproduktivnem času (strojnik je večino časa zunaj kabine) večinoma presežejo spodnjo opozorilno vrednost Evropske direktive (2003) in Pravilnika ... (2006). Dodaten dokaz vpliva zaščitne kabine na jakost ropota nam je dala primerjava med višjimi in nižjimi ravnmi ropota drugega dne. Ugotovili smo značilno povišanje povprečne jakosti ropota pri odprti kabini za kar 11,9 dB(A). Z gotovostjo lahko torej ugotovimo, da kabina zgibnega polprikoličarja zadrži znaten del jakosti ropota. To pomeni, da strojnik zgibnega polprikoličarja ob naraščanju učinkovitosti in ekonomičnosti dela (oziroma ob naraščanju deleža produktivnega časa znotraj časa na delovnem mestu) ne bi bil preobremenjen z jakostjo ropota, saj bi bil z večinskim delom znotraj kabine zavarovan pred jakostmi ropota škodljivimi za zdravje.

Dobro ergonomsko oblikovano ali opremljeno delovno sredstvo lahko predstavlja t.i. »ergonomsko zanko«, saj je lahko strojnik takšnega stroja v dnevni dozi, zaradi povečane učinkovitosti in podaljšanih delovnih ur, še bolj obremenjen kot pri ergonomsko slabše zasnovanem delovnem sredstvu (Synwoldt in Gellerstedt, 2003). V primeru ropota na delovnem mestu do tega pojava na proučevanem delovnem mestu ne bo prišlo, saj bo strojnik s podaljšanim delom znotraj zaščitne kabine, zaščiten tudi pred visokimi jakostmi ropota. Zaradi navedenega strojnikom priporočamo dosledno ugašanje motorja stroja ali nošenje osebne varovalne opreme (glušnikov) v času gibanja zunaj kabine ob prižganem motorju. Se pa z učinkovitostjo izrabe delovnega časa lahko pojavijo poškodbe zaradi ponavljajočih se gibov (ang. RSI – Repetitive Strain Injury) (Rehn in sod., 2002, 2005a; Guidelines..., 2005; Åström in sod., 2006; Gerasimov in Sokolov, 2009).

Razširjena napaka meritev

Analiza razširjene napake meritev je odkrila, da so dnevne jakosti ropota preveč variirale, da bi lahko končni rezultat podali v obliki 8-urne jakosti obremenitve z ropotom po kazalniku Lex8h ter razširjene napake meritev (U). Iz tabele C.4 ISO standarda razberemo, da bi bilo potrebno ob enaki standardni napaki u_1 za nominalni model 1 narediti vsaj 4 celodnevne meritve ropota, za nominalni model 2 pa vsaj 10 celodnevni meritev, da bi zadostili pogoju prispevek napake $u_1 c_1 < 3,5 \text{ dB(A)}$. Zaključimo lahko, da je v prihodnje potrebno narediti spremembo načrta raziskave celodnevnega merjenja obremenitev z ropotom strojnikov zgibnih polprikoličarjev. Priporočamo, da se sprva naredi 3 inicialne celodnevne meritve ropota za vsak posamezen model in starost zgibnega polprikoličarja na različnih ali še boljše, istem delovišču. V kolikor se rezultati meritev ropota znotraj istega modela in starosti stroja razlikujejo za več kot 3 dB(A) je potrebno narediti še vsaj 2 dodatni celodnevni meritvi za vsak model in starost stroja. V kolikor kljub petim meritvam še vedno ne zadostimo pogoju $c_1 u_1 < 3,5 \text{ dB(A)}$, priporočamo izvedbo nadaljnjih meritev. S tem se bo prispevek napake $c_1 u_1$ zmanjšal pod 3,5 dB(A), zato bo mogoče podati zaključni rezultat raziskave v obliki 8-urne jakosti ropota (LA_{ex8h}) ter razširjene napake meritev (U).

V primeru uporabe metode celodnevne meritve ropota nalaga ISO standard tri inicialne celodnevne meritve ropota. V kolikor obremenitev z ropotom po kazalniku LA_{eq} za te tri dni variira za več kot 3 dB(A) predvideva ISO standard dve dodatni celodnevni meritvi. Glede na dejstvo, da smo v naši raziskavi opravili pet celodnevni meritev ropota za eno delovno mesto, lahko zaključimo, da smo kljub nerealno veliki razširjeni napaki meritev (U) zadostili zahtevam ISO standarda.

Primerjava odvisnosti jakosti ropota od delovnih razmer

Tuji raziskovalci proučevanja odvisnosti jakosti obremenitve z ropotom od delovnih razmer ne navajajo, saj se večinoma ukvarjajo le z jakostjo obremenitve z ropotom, medtem ko domača raziskovalca (Poje, 2011; Obranovič, 2013) iščeta tudi vzroke za nastale obremenitve.

Poje (2011) je za delovno mesto sekača pri klasični sečnji ugotovil naraščanje jakosti ropota v odvisnosti od prsnega premera drevesa, neto volumna in dolžine debla. Slednji ugotavlja, da kljub potrjenim vplivom lastnosti drevesa (prsne premera ter dolžine in volumna debla) na trajanje sečnje in izdelave, obremenitev v celotnem času sečnje in izdelave ni značilno odvisna od lastnosti ter drevesne vrste posekanega drevesa in tudi ne od trajanja izpostavljenosti. Neznačilnost pripisuje vplivu neproduktivnega časa na večjo variabilnost podatkov. Vpliv prsnega premera in trajanja na obremenitve sekača z ropotom je bil nasprotno potrjen v produktivnem času ter pri posameznih opravilih znotraj produktivnega časa - podžagovanju, krojenju in naganjanju. Pri vseh treh opravilih je odvisnost smiselna, saj se povečuje površina od katere se zvok odbija, povečuje se delež časa obratovanja motorne žage pod polnimi obrati motorja ter zmanjšuje razdalja med ušesom in motorno žago.

Obranovič (2013) je proučeval odvisnosti obremenitve z ropotom od razdalje vlačjenja, teže bremena in števila kosov v bremenu za delovno mesto traktorista. Ugotovil je zelo rahlo padanje jakosti obremenitve z ropotom z večanjem razdalje vlačjenja oz. z zmanjševanjem primarne odprtosti. Vzrok pripisuje zmanjševanju relativnega trajanja najbolj hrupnih delovnih operacij produktivnega časa (delovnih operacij izvajanih izven traktorske kabine) z razdaljo vlačjenja. Rezultat je ravno nasproten kot pri strojniku zgibnega polprikoličarja, za katerega smo ugotovili značilno naraščanje obremenitve z ropotom z razdaljo polne vožnje, saj se delež najhrupnejših delovnih operacij produktivnega časa (prazne in polne vožnje) povečuje. Obe raziskavi dokazujeta povečano obremenitev z ropotom pri delu izven zaščitne kabine delovnega sredstva.

Tako Obranovič (2013) kot naša raziskava sta nakazali na rahlo naraščanje jakosti ropota z večanjem teže bremena oz. neto količine, vendar značilnega vpliva v naši raziskavi nismo uspeli dokazati ne za produktivni čas in ne za čas na delovnem mestu. Rezultat je bil pričakovan, saj je vplivni faktor neto količina pojasnil zelo malo variabilnosti trajanja izpostavljenosti in obremenitev z ropotom po delovnih operacijah. Lewark in sod. (2005) trdijo, da je motor glavni vir ropota, pri čemer k ropotu največ doprineseta izpuh ter motorni blok. Glede na dejstvo, da teža bremena pojasni zelo malo variabilnosti jakosti ropota, bi lahko zaključili, da je moč motorjev proučevanih zgibnih polprikoličarjev zadostna, zato tudi maksimalni možni tovor ne pomeni značilno večje obremenitve za motor, kar se je izrazilo v neznačilno oz. samo rahlo povečani jakosti obremenitve z ropotom.

Obranovič (2013) je za polno vožnjo ugotovil padanje jakosti ropota od števila kosov v bremenu. Vzrok pripisuje možnosti, da se z večanjem števila kosov v bremenu breme ne povečuje in zato ne vpliva na jakost ropota. Z večjim številom kosov se lahko zmanjšuje specifični pritisk na tla in posledično tudi zmanjšuje potrebna sila za vlačenje. Izsledki naše raziskave so dokazali značilno naraščanje jakosti ropota od števila kosov za nominalni model 1 za produktivni čas. Rezultati so smiselni, saj se z naraščanjem števila kosov povečuje delež nakladanja in razkladanja v strukturi časa, znotraj delovnih operacij nakladanje in razkladanje pa jakost obremenitve z ropotom prav tako narašča s številom kosov v tovoru.

Vpliva povprečnega kosa Obranovič (2013) ni proučeval, se je pa omenjeni faktor v pričujoči raziskavi izkazal kot neznačilen in nesmiseln za napovedovanje jakosti ropota v produktivnem času in času na delovnem mestu. Napovedal je namreč padanje jakosti ropota s povprečnim kosom, medtem ko bi obremenitve morale naraščati, saj se z večanjem povprečnega kosa v modelni strukturi časa povečuje delež najhrupnejših delovnih operacij (prazne in polne vožnje).

Edini raziskovalci, ki so poleg jakosti raziskovali tudi statistične razlike med obremenitvami z ropotom zgibnega polprikoličarja, so bili Mederski in sod. (2005). Avtorji navajajo, da je Tukey-jev test pokazal statistično značilne razlike med jakostjo ropota v

času nakladanja in vožnje, ugotovili pa so tudi značilne razlike za trajanje premika med nakladanjem pri različnih gostotah sečno-spravičnih poti. V naši raziskavi smo se bolj osredotočili na iskanje statistično značilnih razlik znotraj delitve na delovne operacije in prijeme ter med posameznimi deli časa. Potrdili smo značilne razlike v jakosti ropota med/pri:

- skupno težo stroja in tovora z interakcijo hitrosti (za vse dni skupaj, kljub temu da te niso bile značilne v 2., 3. in 5. dnevu),
- različnih kategorijah spravila lesa v času premika med nakladanjem (skupno in v večini posameznih dni), kar potrjuje značilen vpliv naklona,
- mirovanjem in premikanjem stroja (skupno in v posameznih dneh), kar potrjuje, da je pri premikanju stroja potrebna večja moč motorja,
- prižganem radiu in odprti kabini, kar potrjuje, da dodatni viri ropota negativno vplivajo na skupno obremenitev z ropotom.

Nasprotno razlik v jakosti ropota nismo odkrili med:

- stranjo nalaganja sortimentov (nalaganje levo oz. desno),
- vožnjo po sečno-spravični poti in gozdni cesti ter premikom med nakladanjem in premikom po skladišču, s čimer smo dokazali, da podlaga in gosenice oz. verige (gozdna tla oz. cesta) ne vplivajo na jakost obremenitve z ropotom,
- starimi in novimi stroji.

Na podlagi rezultatov statistične primerjave delovnih operacij in delov časa bo v prihodnje mogoče združiti več manjših delovnih operacij v večje, kar bo poenostavilo pridobivanje podatkov ob enaki zanesljivosti meritev.

8 ZAKLJUČKI

Zaključke magistrske naloge najlažje predstavimo, če jih razdelimo v dva sklopa. V prvem sklopu odgovarjamo na postavljene delovne hipoteze, v drugem sklopu pa predstavljamo posebne ugotovitve, ki so se pojavile tekom izdelave naloge.

Odgovori na postavljene hipoteze:

1. *Obremenitve z ropotom naraščajo z naraščanjem deleža polne in prazne vožnje v strukturi delovnega časa oz. z zmanjševanjem odprtosti s primarnimi prometnicami.*

Z regresijskim modelom smo za produktivni čas z verjetnostjo 10 % dokazali, da jakost obremenitve z ropotom narašča z razdaljo polne vožnje oz. z zmanjševanjem odprtosti s primarnimi prometnicami, zato lahko hipotezo potrdimo. Za potrditev hipoteze pri manjšem tveganju bi bilo potrebno opraviti več ponovitev, saj je bila variabilnost podatkov zelo velika. Rezultati so smiselni, saj z naraščanjem razdalje prazne in polne vožnje (najhrupnejši operaciji) oziroma z zmanjševanjem primarne odprtosti narašča delež teh delovnih operacij v časovni strukturi, zato obremenitve z ropotom z razdaljo spravila naraščajo.

2. *Obremenitve z ropotom na podlagi Evropske direktive 2003/10/EC ter Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006) na območjih visokega krasa ne presegajo mejnih vrednosti 87 dB(A) oz. 140 dB(C).*

Analiza jakosti ropota po nominalnih modelih je hipotezo zavrgla, saj smo ugotovili, da so bili strojniku v nominalnem modelu 2 (upoštevani so bili vsi viri ropota, tudi radia in odprte kabine) z jakostjo ropota po kazalniku $LA_{ex8h}=82,6$ dB(A) in v času na delovnem mestu po kazalniku $LA_{eq}=81,6$ dB(A) preobremenjeni glede na spodnjo opozorilno vrednost 80 dB(A) Evropske direktive (2003) ter Pravilnika ... (2006). Nasprotno strojniki v nominalnem modelu 1 (izločena sta bila vpliva radia in odprte kabine) niso bili

preobremenjeni, saj je jakost ropota po kazalniku LAex8h znašala 77,9 dB(A), v času na delovnem mestu po kazalniku LAeq pa 74,9 dB(A).

Za vrednotenje jakosti ropota po kazalniku LCpeak smo izmerili naslednje vrednosti: LCpeak(MIN)=83 dB(A), LCpeak(MAX)=125,3 dB(C). V pravilnost izmerjenih vrednosti nismo prepričani, vendar kljub temu menimo (zaradi poznavanja procesa dela), da strojnik zgibnega polprikoličarja ni preobremenjen, če jakosti primerjamo z evropsko in slovensko zakonodajo (Evropsko direktivo 2003/10/EC in Pravilnikom ... , 2006).

Poleg odgovorov na hipoteze podajamo še nekaj metodoloških in vsebinskih zaključkov, ki lahko služijo kot usmeritve pri nadaljnjih raziskavah.

Kljub pričakovanju, da bo neto količina imela značilen vpliv na naraščanje jakosti ropota tega nismo uspeli dokazati. Sklepamo lahko, da je motor zgibnega polprikoličarja dovolj močan, da tudi pri maksimalni obremenitvi s tovorom le-ta ne predstavlja večje obremenitve za motor stroja.

V študiji nismo uspeli dokazati značilnega vpliva različnih podlag (gozdna cesta oz. gozdna tla v sestoji) na obremenitev z ropotom. Zaključimo lahko, da so višje jakosti ropota med premikanjem stroja najverjetneje posledica višjih obratov motorja in ne trenja verig ali gosenic s podlago.

Ugotovitve kažejo, da novi in stari stroji ne povzročajo značilno različnih obremenitev, kar pa ne velja za poslušanje radia, ki je povzročil za 3,6 dB(A) značilno povečano obremenitev z ropotom. Za 11,9 dB(A) večjo obremenitev z ropotom je povzročila tudi odprta kabina (odprta okna oz. vrata kabine). Prav zato bi priporočili redno vzdrževanje in servisiranje klimatskih naprav stroja, saj le-ta ob rednem vzdrževanju dela pri nižjih vrtiljajih motorja oz. ventilatorja, s tem pa je tudi strojnik v skupni dozi manj obremenjen z ropotom. Druga slaba stran nedelujočih hladilnih sistemov je odpiranje oken ali vrat zaščitne kabine, kar povzroči za zdravje dokazano škodljivo obremenitev z ropotom. Vsekakor bi strojniki v času dela izven zaščitne kabine morali nositi glušnike ali pa motor stroja dosledno ugašati.

Za prihodnje raziskovanje ropota zgibnih polprikoličarjev je priporočljivo, da se preuči ropot posameznih modelov ter vpliv dodatnih vplivnih faktorjev delovnih razmer kot so koncentracija lesa, razdalja premika med nakladanjem, razdalja premika po skladišču ali število kupov na začasnem skladišču ob gozdni cesti. Več pozornosti bi morali nameniti raziskavam ropota pri tanjšem drevju ter pri večjih spravičnih razdaljah, potrebno pa bi bilo raziskati tudi vplivni faktor hitrost vožnje.

Izsledki statističnih analiz so pokazali, da lahko za proučevanje jakosti ropota na delovnem mestu strojnika zgibnega polprikoličarja uporabimo novo delitev na delovne operacije:

Uporabljeni delitev						Nova delitev
IUFRO 1. raven	IUFRO 2. raven	IUFRO 3. raven	Podfaza	Delovne operacije	Prijemi	
WP	WT	PW	Premika	Prazna vožnja	Prazna vožnja-cesta	Prazna vožnja
					Prazna vožnja-pot	
				Polna vožnja	Polna vožnja-pot	Polna vožnja
					Polna vožnja-cesta	
			Premik med nakladanjem		PMN-gor	PMN-ravno in gor
					PMN-ravno	
					PMN--dol	PMN-dol
			Premik po sklad.		Premik po skladišču	Premik po skladišču
		SW	Stoji	Nakladanje	Nakladanje desno	Delo z dvigalom
					Nakladanje levo	
					Sortiranje v gozdu	
					Sortiranje na polprikolici	
				Razkladanje	Sortiranje na skladišču	
					Priprava skladišča	
					Razkladanje	
			/	Gozdni red	Gozdni red	SW in NT čas
				Zastoj-del. sred.	Zastoj-delovna sredstva	
				Pripr.-zaklj. čas	Pripravljalni čas	
					Zaključni čas	
				Zastoj-org.	Zastoj-organizacija	
				Zastoj-os. potrebe	Zastoj-osebne potrebe	
				Glavni odmor	Glavni odmor	
ZM	ZM	ZM	ZM	ZM	Zastoj - meritve (ZM)	ZM

*WP – Work-Place Time, WT – Work Time, PW – Productive Work, SW – Supportive Work, NT – Non-work Time, ZM – Zastoj-meritve, PMN-premik med nakladanjem

9 POVZETEK

9.1 POVZETEK

Vsak poklic nosi določeno tveganje za pojav poklicnih bolezni. V gozdarstvu so problem predvsem fizikalni dejavniki, med njimi je eden izmed najpomembnejših ropot. Cilj magistrske naloge je bil narediti mednarodno raziskavo, s katero bi pojasnili vpliv delovnih razmer na obremenitve strojnika zgibnega polprikoličarja z ropotom. Študija je bila narejena na podlagi hkratne celodnevne časovne študije in študije ropota na območju visokega krasa dveh držav EU – Italije in Slovenije na 5-ih zgibnih polprikoličarjih. Posneta je bila kategorija spravila ravno in navzdol. Uporabljen je bil mednarodni standard SIST EN ISO 9612:2009. Za izdelavo časovne študije smo uporabili IUFRO klasifikacijo. Regresijska analiza odvisnosti trajanja časa na delovnem mestu in produktivnega časa je pokazala, da trajanje spravila lesa značilno podaljšuje število kosov in skrajšuje povprečen volumen kosa v bremenu, neto volumen in razdalja sta neznačilno vplivala na trajanje. Na podlagi teh podatkov smo izdelali modelne strukture časa za vsak posamezen vplivni faktor. Ugotovili smo, da se z razdaljo polne vožnje, s povprečnim kosom in z neto količino v strukturi časa povečuje delež polne in prazne vožnje na račun nakladanja in razkladanja, medtem ko se s številom kosov povečuje delež nakladanja in razkladanja na račun polne in prazne vožnje. V študiji smo primerjali jakost ropota za nominalni model 1 (brez vpliva radia in odprte kabine) ter nominalni model 2 (z vplivom radia in odprte kabine). Največje obremenitve z ropotom znotraj produktivnega časa smo zabeležili v času prazne in polne vožnje, pri čemer je prazna vožnja nominalnega modela 2 z jakostjo ropota 80,9 dB(A) presegla spodnjo opozorilno vrednost. Znotraj neproduktivnega časa sta bili preseženi spodnja in zgornja opozorilna vrednost. Za čas na delovnem mestu je znašala jakost obremenitve za nominalni model 1 74,9 dB(A), za nominalni model 2 pa 76,9 dB(A). Obremenitev po kazalniku LA_{ex8h} v nominalnem modelu 1 je znašala 77,9 dB(A), medtem ko je v nominalnem modelu 2 znašala 82,6 dB(A). Strojniki so bili torej obremenjeni z jakostjo ropota, ki je presegla spodnjo opozorilno mejo glede na Evropsko direktivo 2003/10/EC ter Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2006). Statistično značilne ugotovitve kažejo, da manjša kot je odprtost gozdov s primarnimi prometnicami (oz. daljša kot je razdalja polne vožnje) ter večje kot je število kosov, večja je obremenitev z ropotom. Ugotovili smo tudi značilno

povečanje ropota za 3,6 dB(A) pri prižganem radiu ter za 11,9 dB(A) pri odprti kabini (odprtim oknom oz. vratom kabine). Zaradi navedenega bi morali strojniki ob delu v bližini stroja motor stroja dosledno ugašati, pri delu ob odprti kabini in prižganem motorju pa dosledno uporabljati osebno varovalno opremo za sluh (glušnike). Glede na statistično značilne razlike v obremenitvah je bila predlagana spremenjena členitev delovnega časa na operacije in prijeme.

9.2 SUMMARY

Every professional occupation carries a certain risk for occupational diseases. The biggest problem in forestry is presented in a number of physical factors, noise being the one of the most important ones. The goal of the master thesis was to make an international research, which would explain the impact of working conditions on forwarder driver noise load on high carst terrains. Whole day time and noise measurements were made in two EU countries - Italy and Slovenia. 5 forwarders were included in the study. Category of forwarding was down and flat. International standard SIST EN ISO 9612:2009 and IUFRO classification of working operations were used. Significant time reduction correlations for work-place time (WP) and productive time (PW) were found for influential factor number of pieces and significant time increment correlations for average piece. Net volume and distance of full drive influenced non-significantly on duration of productive and work-place time. On the basis of these data time structure model for each influential factor was made. Full drive distance, average piece and net volume time structure models showed increment in empty and full drive due to reduction in loading and unloading, while time structure model for number of pieces showed increment in loading and unloading due to reduction in empty and full drive. The highest noise load in productive time was measured during empty and full drive. Noise loads for nominal model 1 (without the influence of radio and open cabin) and nominal model 2 (with the influence of radio and open cabin) were compared. Empty drive for nominal model 2 with noise load 80,9 dB(A) exceeded the lower warning limit. The limit was also exceeded during unproductive time. Noise load in work-place time for nominal model 1 was 74,9 dB(A) and for nominal model 2 76,9 dB(A). 8-hour noise exposure (LAex8h) for nominal model 1 was 77,9 dB(A) and for nominal model 2 82,6 dB(A) so it exceeded lower warning limit stated in European

directive 2003/10/EC and Slovenian Regulations on the Protection of Workers from Risks Related to Noise Exposure at Work (2006). Statistically significant results showed that the lower the openness with primary roads (or longer the distance of full drive) and the bigger the amount of pieces in full drive, the higher the noise load was. 3,6 and 11,9 dB(A) statistically significant noise increment was discovered while radio was turned on and at open cabin (open doors or windows). Forwarder drivers should turn off the machine while being outside the cabin and wear personal ear protection (ear muffs) while being outside and while being inside open cabin and machine motor turned on. Given the statistically significant differences in load, a changed division of working time separated into operations and approaches was proposed.

10 VIRI

- Åström C., Rehn B., Lundström R., Nilsson T., Burström L., Sundelina G. 2006. Hand-arm Vibration Syndrome (HAVS) and Musculoskeletal Symptoms in the Neck and the Upper Limbs in Professional Drivers of Terrain Vehicles - a Cross Sectional Study. *Applied Ergonomics*, 37: 793-799.
- Björheden R., Thompson M. A. 2000. An International Nomenclature for Forest Work Study. V: *Proceedings of IUFRO 1995 S3.04 Subject Area: 20th IUFRO World Congress*. Field D. B. (ur.). Orono, Maine, University of Maine: 190-215.
- Direktiva 2003/10/ES Evropskega parlamenta in Evropskega sveta z dne 6. februarja 2003 o minimalnih zahtevah za varnost in zdravje v zvezi z izpostavljenostjo delavcev fizikalnim dejavnikom (hrup). 2003.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32003L0010> (12.8.2014)
- Frumerie G. (ur.). 1999. *Ergonomic Guidelines for Forest Machines*. Uppsala, Sweden, SkogForsk – The Forestry Research Institute of Sweden: 85 str.
- Gerasimov Y., Sokolov A. 2009. Ergonomic Characterization of Harvesting Work in Karelia. *Croatian Journal of Forestry Engineering*, 30, 2: 159-170
- Gerasimov Y., Sokolov A. 2013. Ergonomic Evaluation and Comparison of Wood Harvesting Systems in Northwest Russia. *Applied Ergonomics*, 30: 1-21.
- Gozdnogojitveni načrt za odsek 12024B, GGE Črmošnjice, KO Golobinjek. 2012. Zavod za gozdove Slovenije: 13 str.
- Gozdnogojitveni načrt za odsek 05105, GGE Grintovec, KO Smuka. 2012. Zavod za gozdove Slovenije: 12 str.
- Gozdnogojitveni načrt za odsek 117B, GGE Poljane, KO Poljane. 2011. Zavod za gozdove Slovenije: 11 str.

- Guidelines for Labour Inspection in Forestry. Meeting of Experts to Develop Guidelines for Labour Inspection in Forestry. 2005. Genova, International Labour Organisation: 64 str.
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_107610.pdf (5.11.2014)
- Jack R. J., Oliver M. 2008. A Review of Factors Influencing Whole-body Vibration Injuries in Forestry Mobile Machine Operators. International Journal of Forest Engineering, 19, 1: 51-65.
- Koselj V., Batič M., Bizjak G., Peče Breznik B., Butala V., Čudina M. in sod. Priročnik za varno in zdravo delo. Koselj V. (ur.). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 504 str.
- Košir B. 1996. Organizacija gozdarskih del. 2. izd. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 223 str.
- Lewark S., Vik T., Veierstedt B., Tobisch R., Walker M. in sod. 2005. Improvements of assessment procedures for forest machines (Scientific Reviews of ergonomic situation in mechanized forest operations).
http://publikationer.slu.se/Filer/upps_2.pdf (6.11.2014)
- Mederski P., Bembenek M., Hoffman L. 2005. Analysis of the Time of Exposure to Noise of the VIMEK 606 6WD Forwarder Operator in Selected Conditions of Pile Timber Forwarding. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities - EJPAU, 8, 3.
<http://www.ejpau.media.pl/volume8/issue3/art-17.html> (13.3.2014)
- Messingerová V., Martinusová L., Slančík M. 2005. Ergonomic Parameters of the Work of Integrated Technologies at Timber Harvesting. Croatian Journal of Forest Engineering, 26, 2: 79-84.
- Obranovič A. 2010. Vpliv tehnike dela na obremenitev sekača z ropotom: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 30 str.

Obranovič A. 2013. Obremenitev delavca z dejavniki delovnega okolja pri spravilu lesa z zgibnim traktorjem Ecotrac 120V: magistrska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 120 str.

Odar L. 2011. Težavnost dela pri sečnji in spravilu lesa: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 36 str.

Odredba o določitvi normativov za dela v gozdu. 1999. Ur. l. RS, št. 11/99

Poje A. 2011. Vplivi delovnega okolja na obremenitev in težavnost dela sekača pri različnih organizacijskih oblikah: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 240 str.

Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu. 2006. Ur. l. RS, št. 17/06

Rehn B., Bergdahl I. A., Ahlgren C., From C., Järvholm B. 2002. Musculoskeletal Symptoms Among Drivers of All-terrain Vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, 253, 1: 21-29.

Rehn B., Nilsson T., Olofsson B., Lundström R. 2005a. Whole-body Vibration Exposure and Non-neutral Neck Postures During Occupational Use of All-terrain Vehicles. *Annals of Occupational Hygiene*, 49, 3: 267-275.

Rehn B., Lundström R., Nilsson T., Liljelind I., Järvholm B. 2005b. Variation in Exposure to Whole-body Vibration for Operators of Forwarder Vehicles – Aspects on Measurement Strategies and Prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35: 831-842.

Seixas F., Barbosa R. F., Rummer R. 1999. Noise Level Determination in Forestry Machines. Forestry Engineering for Tomorrow, Machinery Technical Papers.
<http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/1546> (30.1.2014)

SIST EN ISO 9612:2009. Acoustics – Determination of Occupational Noise Exposure – Engineering Method. 2009: 56 str.

Synwoldt U., Gellerstedt S. 2003. Ergonomic Initiatives for Machine Operators by the Swedish Logging Industry. Applied Ergonomics, 34: 149-156.

Šterbenk L. 2013. Obremenitev delavca z ropotom in s tresenjem pri gradnji gozdnih vlak z gradbenimi stroji: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 38 str.

Tunay M., Melemez. K. 2008. Noise induced hearing loss of forest workers in Turkey. Pakistan journal of Biological Sciences, 11, 17: 2144 – 2148

Varnost in zdravje pri delu v gozdu. 2003. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije (ZGS): 149 str.

Vranešič U. 2008. Primerjava stroškov in učinkov dveh tehnologij pridobivanja lesa v listnatih sestojih: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 90 str.

Zupančič M. 2008. Časovna študija spravila lesa s traktorjem John Deere 6220: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 77 str.

Žunič G. 2010. Obremenitve traktorista pri spravilu lesa: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 62 str.

ZAHVALA

Za pomoč pri pisanju, za nasvete in porabljen čas ter za dogovor o mednarodnem značaju magistrske naloge z Univerzo v Padovi se iskreno zahvaljujem somentorju dr. Antonu Poje ter prof. dr. Igorju Potočniku.

Za pomoč pri dogovarjanju delovišč ter pri zbiranju in obdelavi podatkov se najlepše zahvaljujem prof. dr. Stefanu Grigolatu ter dr. Marcu Pellegrini iz Oddelka za agro-gozdarstvo, Univerze v Padovi, Italija.

Prav tako gre iskrena zahvala recenzentu doc. dr. Juriju Marenče za korektno recenzijo, univ. dipl. bibl. in prof. geo. Špeli Velikonja pa za hiter tehnični pregled.

Za pomoč pri izdelavi in koristne pripombe sem dolžan iskreno zahvalo Mihi Zupančiču, za lektoriranje angleškega teksta pa Maji Žunič.

Za koristne napotke pri organiziranju in izvedbi mednarodnih izmenjav ter s tem možnosti osebnega razvoja na mednarodnem področju gre iskrena zahvala Erasmus koordinatorici prof. dr. Lidiji Zadnik-Stirn in asistentki mag. Heleni Eriki Rojc.

Za finančno pomoč pri izvedbi študije se zahvaljujem Pahernikovi ustanovi.

Velika zahvala gre tudi puncu Marti ter družinskim članom za podporo tekom študija.

Najlepša hvala še enkrat!

PRILOGE

PRILOGA A: Situacija ter podolžni profili glavnih sečno-spravičnih poti

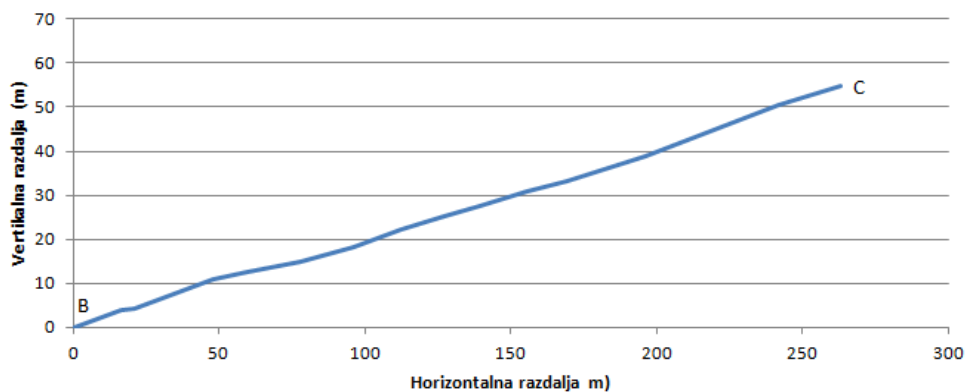
1. snemalni dan

Situacija:

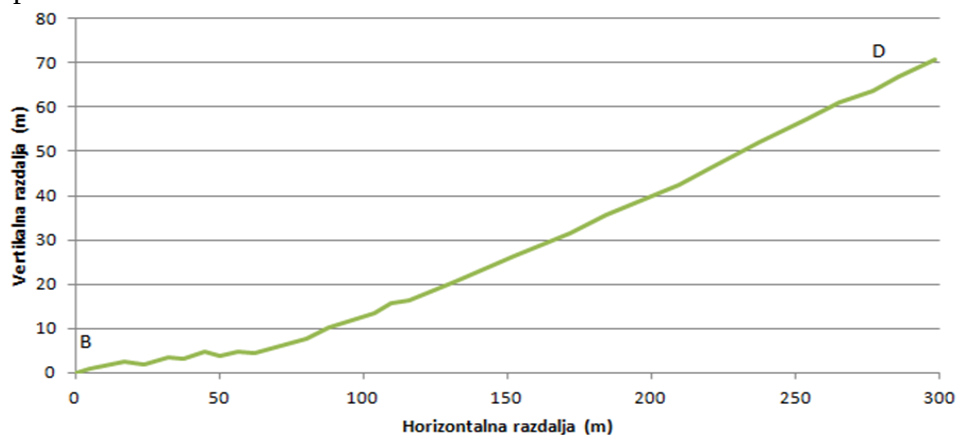


AB - gozdna cesta, BC in BD – glavna sečno-spravična pot

Podolžni profil BC

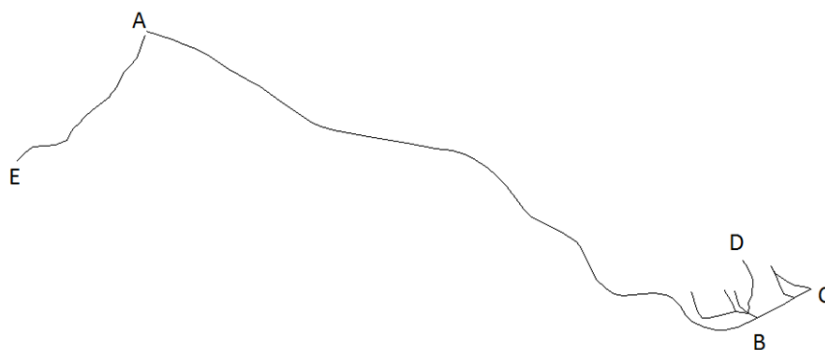


Podolžni profil BD



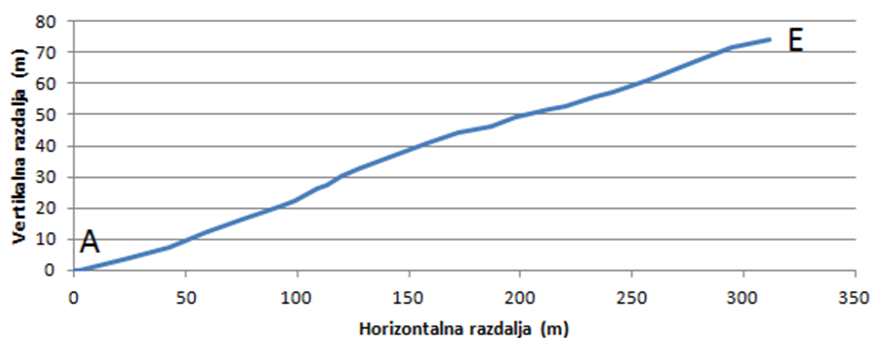
2. snemalni dan

Situacija:

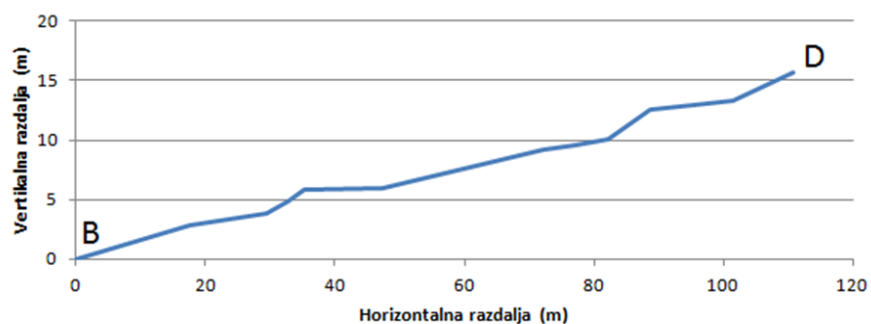


AC – gozdna cesta, AE in BD – glavni sečno-spravljni poti

Podolžni profil AE

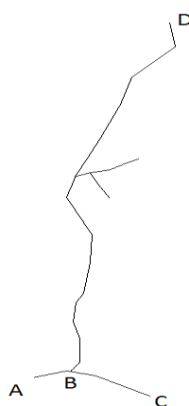


Podolžni profil BD



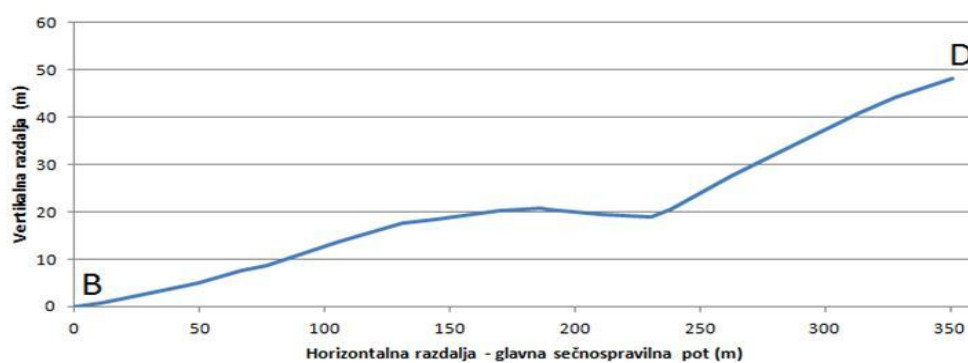
3. snemalni dan

Situacija:



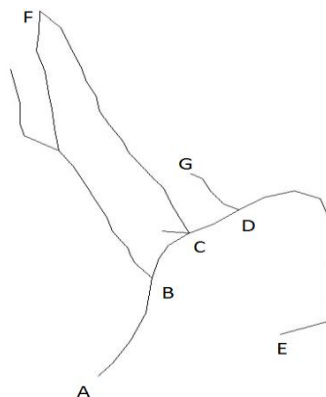
AC – gozdna cesta, BD – glavna sečno-spravidna pot

Podolžni profil BD



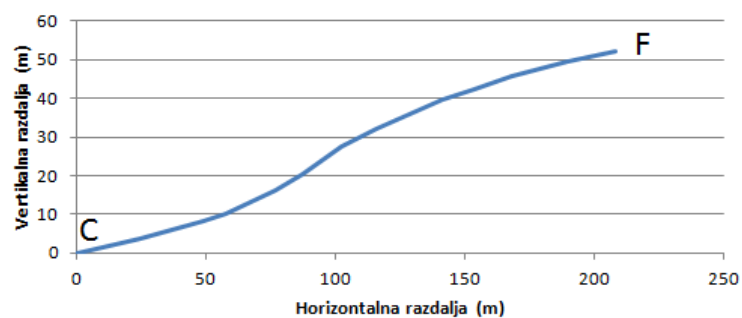
4. snemalni dan

Situacija:

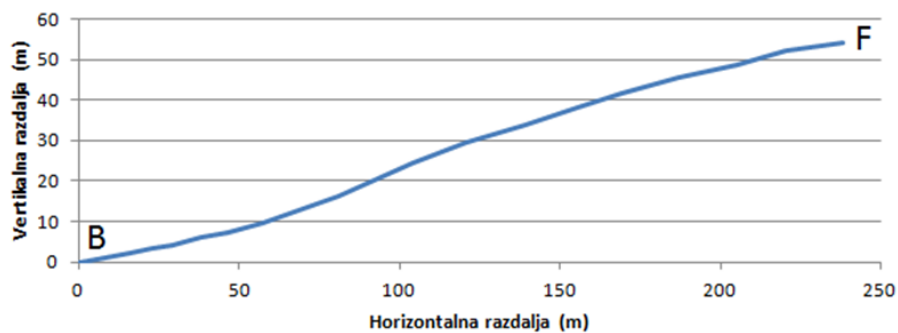


AE – gozdna cesta, BF, CF in DG – glavne sečno-sprailne poti

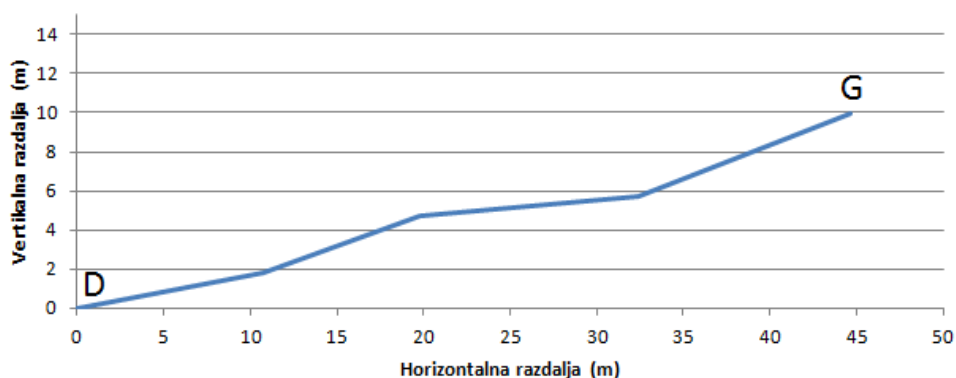
Podolžni profil CF



Podolžni profil BF

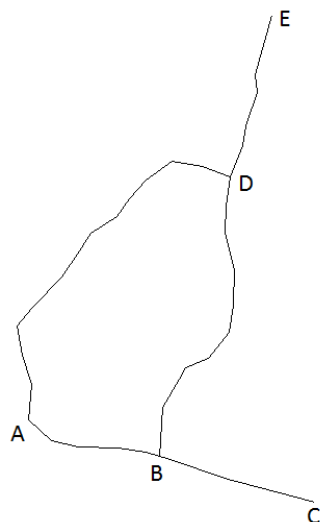


Podolžni profil DG



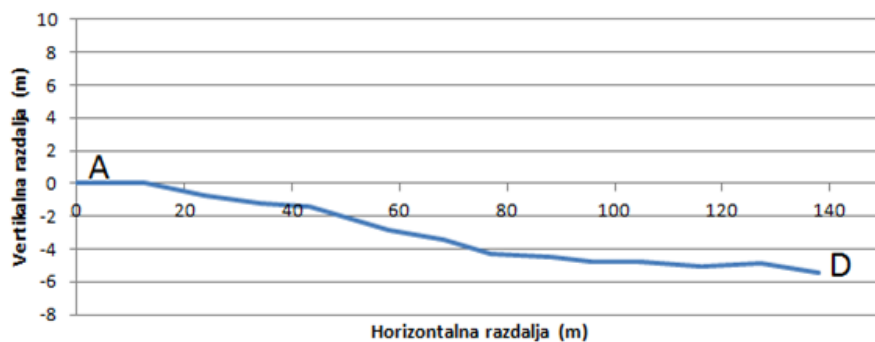
5. snemalni dan

Situacija:

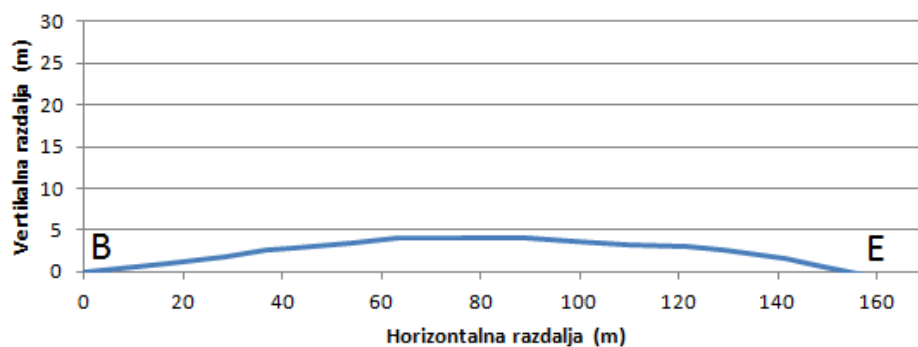


AC – gozdna cesta, AD in BE – glavni sečno-spravljeni poti

Podolžni profil AD



Podolžni profil BE



PRILOGA B: Obremenitev z ropotom v odvisnosti od delovnih razmer za delovne operacije

