

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

Andraž POLJŠAK

**RAZVOJ TRAKTORJA WOODY IN ANALIZA
NJEGOVE PORABE GORIVA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2014

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

Andraž POLJŠAK

**RAZVOJ TRAKTORJA WOODY IN
ANALIZA NJEGOVE PORABE GORIVA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij – 1. stopnja

**THE DEVELOPMENT AND FUEL CONSUMPTION OF TRACTOR
WOODY**

B. Sc. Thesis
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terenski del diplomske naloge je potekal v gozdnogospodarskem območju Postojna.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je na seji dne 10. 6. 2013 za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Jurija Marenčeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Andraž Poljšak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	GDK 301+375.4(043.2)=163.6
KG	Woody/poraba goriva/spravilo lesa/ergonomska ocena
AV	POLJŠAK, Andraž
SA	MARENČE, Jurij (mentor)
KZ	SI-Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2014
IN	RAZVOJ TRAKTORJA WOODY IN ANALIZA NJEGOVE PORABE GORIVA
TD	diplomsko delo (univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	VIII, 39 str., 7 pregl., 15 sl., 2 pril., 16 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Začetek razvoja gozdarskih zgibnikov Woody sega v konec osemdesetih let, ko so slovenjgraški gozdarji pričeli z razvojem zgibnega traktorja GT-70. Posebnost stroja je, da gre za traktor s hidrostatsko-mehanskim pogonom, zaradi česar prihaja do manjših zdrsov in posledično večje učinkovitosti pogona. Z nadaljnjim razvojem traktorja je nadaljevalo podjetje Vilpo d. o. o., ki jih sedaj prodaja pod imenom Woody. Jeseni leta 2012 so v Gozdnem gospodarstvu Postojna d. o. o. začeli uvajati v proizvodnjo zgibni traktor nove serije Woody 140. Z uvajanjem novega stroja se pojavlja veliko vprašanj, med drugim je neznanka poraba goriva. Tako so analizirali porabo goriva novega stroja in ugotovili, da je poraba dokaj primerljiva oziroma celo nekoliko nižja v primerjavi z njegovim predhodnikom Woody 110. Poleg analize porabe goriva so ocenili tudi ergonomsko ustreznost zgibnih traktorjev GT-70, Woody 110 in Woody 140. Ugotovili so, da so vsi traktorji ergonomsko ustrezni in z vsako novo serijo traktorja se ustreznost še izboljšuje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du 1

DC $FDC\ 301+375.4(043.2)=163.6$

CX Woody/fuel consumption/skidding timber/ergonomic assessment

AU POLJŠAK, Andraž

AA MARENČE, Jurij (supervisor)

PP SI _ Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and Renewable Forest Resources

PY 2014

TI THE DEVELOPMENT AND FUEL CONSUMPTION OF TRACTOR WOODY

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO VIII, 39 p., 7 tab., 15 fig., 2 ann., 16 ref

LA sl

AL sl/en

AB The development of skidder Woody began in the late eighties when the foresters from Slovenj Gradec region began with the development of a skidder GT-70. Special feature of the machine is hydrostatic-mechanical actuator, causing minor slips and consequently greater efficiency of the drive. Vilpo d. o. o. continued further development of the tractors which are now sold under the name Woody. In the autumn of 2012, Gozdno gospodarstvo Postojna launched in the wood production skidder of a new series Woody 140. The introduction of a new machine induced a lot of questions, including the fuel consumption. In the thesis, the analysis of the fuel consumption of the new machine was done. The results show that the consumption is fairly comparable or even slightly lower compared with its predecessor Woody 110. In addition, the ergonomic suitability of skidders GT-70, Woody 110 and Woody 140 was assessed. The results show that all tractors are ergonomically appropriate and with each new series the adequacy improves.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD	1
2 NAMEN NALOGE	2
3 ZGODOVINA RAZVOJA TRAKTORJEV WOODY	3
3.1 ZGIBNI TRAKTOR GT-70	3
3.2 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 75	6
3.3 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 110	8
3.4 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 140	10
4 DOSEDANJE OBJAVE	12
5 METODE DELA	13
5.1 OPIS OBJEKTA	13
5.2 OPIS STROJA	14
5.3 OPIS PRIDOBIVANJA PODATKOV	16
5.3.1 Merjenje porabe goriva	16
5.3.2 Merjenje učinkov	17
5.3.3 Določanje razdalje zbiranja in vlačjenja	17
5.3.4 Natančnost in obdelava podatkov	17
6 REZULTATI	18
6.1 PORABA GORIVA	18
6.1.1 Poraba goriva glede na trajanje ciklusa	20
6.1.2 Poraba goriva glede na število kosov v bremenu	22
6.1.3 Poraba goriva glede na velikost bremena	24
6.1.4 Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje	26
6.1.5 Skupni vpliv dejavnikov na porabo goriva	28
6.1.6 Primerjava spravila navzdol in navzgor	30
6.2 PRIMERJAVA PORABE GORIVA MED TRAKTORJEMA WOODY 110 IN WOODY 140	31
7 ERGONOMSKA OCENA	32
8 SKLEPI RAZISKAV	34
9 POVZETEK	36
10 VIRI	38

KAZALO SLIK

Slika 1: GT-70 pri prvem testiranju (Jandl M., 1989)	5
Slika 2: GT-70 kot razstavni eksponat v TMS Bistra (Poljšak A., 2013)	5
Slika 3: Zgibni traktor Woody 110 (Marenče J., 2000).....	9
Slika 4: Woody 140 pri spravi (Poljšak A., 2013)	11
Slika 5: Woody 140 med privlačenjem bremena (Poljšak A., 2013)	11
Slika 6: Woody 140 pri delu (Poljšak A., 2013)	15
Slika 7: Dolivanje goriva (Poljšak E., 2013).....	16
Slika 8: Poraba goriva glede na trajanje ciklusa (l/min) – združeni podatki	20
Slika 9: Poraba goriva glede na trajanje ciklusa (l/min) – ločeni podatki	21
Slika 10: Poraba goriva glede na število kosov v bremenu (l/n) – združeni podatki	22
Slika 11: Poraba goriva glede na število kosov v bremenu (l/n) – ločeni podatki	23
Slika 12: Poraba goriva glede na velikost bremena (l/m ³) – združeni podatki	24
Slika 13: Poraba goriva glede na velikost bremena (l/m ³) – ločeni podatki	25
Slika 14: Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje (l/m) – združeni podatki	26
Slika 15: Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje (l/m) – ločeni podatki	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki o pravilnih razdaljah	18
Preglednica 2: Podatki o pravilu navzdol	18
Preglednica 3: Podatki o pravilu navzgor	19
Preglednica 4: T-test za odvisne spremenljivke (trajanje).....	20
Preglednica 5: Primerjava porabe goriva pri pravilu navzdol in navzgor.....	30
Preglednica 6: Primerjava porabe goriva za Woody 140 in Woody 110	31
Preglednica 7: Ergonomske ocene traktorjev	32

KAZALO PRILOG

Priloga A: Karti delovišč in grafikoni vlak

Priloga B: Vprašalna pola za ergonomsko presojo gozdarskih strojev

1 UVOD

V Sloveniji se večina spravila lesa opravi s traktorji, večinoma s prilagojenimi kmetijskimi traktorji, v težjih terenih z zgibniki. Spravilo poteka tako, da najprej les s pomočjo gozdarskega vitla zberemo do traktorja, nato pa se les vleče po vlakah, pri čemer je pomembno, da se vozimo le po grajenih oziroma označenih in negrajenih vlakah (Košir, 1997b).

Na strmih in zahtevnih terenih, kot na kraškem terenu in alpskem svetu, se za spravilo večinoma uporabljajo specialni gozdarski zgibniki. Z njimi se dosega največje učinke, v tako zahtevnih delovnih razmerah so tudi edini, s katerimi lahko opravimo transport lesa. To mu omogočata dobra okretnost in stabilnost, dobro težišče (razporeditev teže na obe osi) in nenazadnje velika moč motorja (Košir, 1997b).

Sam gozd in gozdna tla so na strmih terenih veliko bolj občutljiva kot kje drugje, zato je tu izbira stroja ključnega pomena. Na podlagi tega dejavnika so v sredini osemdesetih let, slovenjgraški gozdarji pričeli razvijati hidrostatsko gnan traktor, ki bi bil primeren za njihove terene. Le-ta naj bi bil lahek, okreten in kar je najpomembneje, s pomočjo hidrostatskega pogona bi moral imeti čim manj zdrsov. Tako je nastal traktor GT-70, ki je postavil nove smernice v tehnologiji spravila lesa v Sloveniji in v Evropi (Jandl, 2013).

Kasneje je namesto podjetja Lesna Slovenj Gradec izdelovanje traktorja prevzelo podjetje Vilpo, ki še danes nadaljuje s proizvodnjo traktorjev pod imenom Woody (Jandl, 2013).

V Gozdnem gospodarstvu Postojna se zavedajo pomena uvajanja novih tehnologij in delovnih sredstev ter z njimi povezane učinke z vidika produktivnosti, ekonomičnosti in ekološke ustreznosti. Tako so že leta 1998 kupili prva dva Woody-ja 110 ter nato še tri, ki delujejo v snežniških gozdovih (visoki kras) in so uspešni tudi v tako težkih delovnih razmerah. Zaradi dobrih izkušenj navedenih traktorjev, so se v prejšnjem letu v Postojni odločili za nakup dveh novih, iz najnovejše serije Woody 140, ki bosta počasi pričela zamenjevati obstoječe Woody-je 110.

2 NAMEN NALOGE

Ob vsakem nakupu novega stroja se pred uporabnika postavlja cel kup vprašanj in neznank. Nov stroj prinese s seboj drugačne učinke, povzroči lahko drugačno strukturo delovnega časa, nenazadnje, tudi poraba goriva je ob uvedbi novega stroja povečini neznanka.

V diplomski nalogi bomo prikazali zgodovino razvoja traktorja Woody, od slovenjgraškega GT-70, Woody-ja 75, Woody-ja 110 in zadnjega iz najnovejše serije Woody 140.

Glavni cilj diplomske naloge je analizirati porabo goriva traktorja Woody 140. Poizkušali bomo ugotoviti, kaj je ključni element pri porabi goriva. Ali je to volumen spravljenega lesa, smer spravila, dolžina celotne vožnje, čas posameznega ciklusa ali naklon terena.

Za zgoraj omenjene traktorje smo opravili tudi ergonomsko oceno, s katero želimo prikazati razvoj tega traktorja tudi na tem področju.

3 ZGODOVINA RAZVOJA TRAKTORJEV WOODY

3.1 ZGIBNI TRAKTOR GT-70

Na slovenjgraškem so konec sedemdesetih in v začetku osemdesetih let, po opustitvi animalnega spravila lesa, pričeli uvajati traktorsko spravilo z goseničarji. Za delovanje letih so potrebovali ožje vlake, s čimer niso delali prevelikih posegov v prostor. Problem goseničarjev je bil v dejstvu, da so bili počasni, ergonomsko neustrezni (brez kabine, samo varnostni lok ...), pojavljali se je tudi problem bočnih zdrsov.

Da bi dosegali zastavljene cilje gospodarjenja v gozdovih in pri tem uporabljali čimbolj prijazno tehnologijo izkoriščanja ob čim manjših poškodbah tal in sestojev, so začeli razmišljati o hidrostatskem pogonu na traktorju. Osnovna ideja je bila osnovati gozdarski zgibnik, ki bi moral biti lahek, pogon ne bi smel spodsavati, uporaben naj bi bil tudi za redčenja in primeren za spravilo navzdol na strmih terenih (Jandl, 2013).

Tako je prišlo leta 1985 do pričetka izvajanja projekta GOZDARSKI ZGIBNI TRAKTOR GT – 70, v okviru takratnega podjetja Lesna Slovenj Gradec. Traktor naj bi bil v osnovni ideji zgrajen robustno za strme terene (do 50 % naklonov), kvalitetno, z nizkim težiščem, visokim klirensom in dobro prečno stabilnostjo ter s hidrostatskim pogonom. Traktorju naj bi bili dodani še nekateri pomembni elementi, kot je vertikalni in horizontalni zgib, sam stroj naj bi bil sestavljen po komponentah, ki naj se velikoserijsko proizvajajo, obenem pa naj bi bil seveda kakovosten in primerne cene. Stroj naj bi bil sestavljen po načinu "prijazno za popravilo" – okvarjeno komponento bi zamenjali z novo, okvarjeno pa bi poizkušali popraviti v delavnici (Jandl, 2013).

Leta 1988 je bila dokončana izdelava prototipa, ki se je izkazal za uspešnega. Tako so leta 1989 pričeli z izdelavo nulte serije (Slika 1). Stroj je uspešno preстал predstavitev in zbudil pozornost pri domačih kot pri tujih podjetjih. V začetku so prodali 9 traktorjev, tri v Švico, enega na Hrvaško, ostali so bili prodani v Sloveniji (Jandl, 2013).

Danes je traktor iz nulte serije razstavljen v Tehničnem muzeju Slovenije v Bistri (Slika 2), kar tudi priča o sami pomembnosti traktorja na Slovenskem.

Kasneje se je razvoj in proizvodnja zgibnih traktorjev nadaljevala v podjetju Vilpo, ki ga je ustanovil ing. Roman Pogačar, ki je pri projektu sodeloval od vsega začetka. Danes se zgibni traktorji prodajajo pod blagovno znamko Woody (Jandl, 2013).

V nadaljevanju prikazujemo nekaj tehničnih podatkov, ki nam prikazujejo glavne značilnosti posameznih traktorjev – od prvega do današnje, trenutno najmodernejše izvedbe.

Tehnični podatki traktorja GT – 70:

Dimenzije:

- dolžina: 5000 mm,
- širina: 1940 mm,
- višina: 2860 mm,
- masa: 4000 kg.

Motor in pogon:

- motor: Torpedo YU, 4 cil.,
- moč: 54 kW (2500 r/min),
- hlajenje: zračno,
- osi: HURTH z avtomatsko zaporo diferenciala,
- pogon: štirikolesni, hidrostatski pogon.

Manevrske in vozne lastnosti:

- hitrost: 0-20 km/h, zvezna regulacija,
- največji vzdolžni naklon: 100 % (45°),
- največji prečni naklon: 77 % (35°),
- radij obračanja: 7 m.

Vitel:

- tip: LIV 2×50 kN,
- pogon: hidrostatski,
- upravljanje: hidravlično.

Pnevmatike:

- 14,9/13 – 28 PR 12.



Slika 1: GT-70 pri prvem testiranju (Jandl M., 1989)



Slika 2: GT-70 kot razstavni eksponat v TMS Bistra (Poljšak A., 2013)

3.2 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 75

Woody 75 je prvi produkt podjetja Vilpo, ki je nadaljevalo z razvojem slovenjgraškega GT – 70. Traktor je konstrukcijsko nekoliko spremenjen, vendar v osnovi še vedno podoben svojemu predhodniku. Razlika je v motorju in v nekaterih opcijah, ki se dodajo na željo kupca. Tako lahko kupec po novem izbira med različnimi dimenzijami pnevmatik, med daljinsko vodenimi vitli različnih vlečnih sil, traktor se lahko opremi z različnimi priključki, izbira lahko tudi med različnimi deskami za poravnavanje lesa (možnost hidravličnih klešč na deski). Posebnost oziroma noviteta je daljinsko vodenje vseh funkcij traktorja. Tako lahko voznik upravlja s traktorjem, ne da bi sedel v kabini. Glede na vse zgoraj navedene rešitve je zanimivo dejstvo, da v Sloveniji ni bil prodan noben traktor. Vsi izdelani traktorji so bili prodani v tujino (Košir, 1997a).

Tehnični podatki traktorja Woody 75:

Dimenzije:

- dolžina: 5400 mm,
- širina: 1940 mm,
- višina: 2860 mm,
- masa: 5000 kg.

Motor in pogon:

- motor: Perkins 1004, 4 cil.,
- moč: 57 kW (2200 r/min),
- hlajenje: vodno,
- osi: HURTH-CLARK z avtomatsko zaporo diferenciala,
- pogon: štirikolesni, hidrostatski pogon.

Manevrske in vozne lastnosti:

- hitrost: 0-30 km/h, zvezna regulacija,
- največji vzdolžni naklon: 100 % (45°),
- največji prečni naklon: 77 % (35°),
- radij obračanja: 8,1 m.

Vitel:

- tip: Igland 5000/2H 2×50 kN,
- pogon: hidrostatski,
- upravljanje: hidravlično.

Pnevmatike:

- 14,9/13 – 28 PR 12.

3.3 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 110

V primerjavi z Woody-jem 75 gre pri tem traktorju za nekoliko bolj dodelano in močnejšo serijo traktorjev, saj ima nov motor z močjo 76,5 kW, prejšnji pa je imel le 57 kW. Po svojih dimenzijah je stroj še vedno med manjšimi zgibnimi traktorji, vendar je s svojimi lastnostmi (visoke vlečne sile) primeren za spravilo težkega lesa. Uporabljena je bila najnovejša tehnologija hidrostatskih pogonov, s čimer je postal Woody učinkovitejši pri spravilu lesa in premagovanju strmih terenov. Woody 110 (Slika 3) se je na slovenskem trgu dobro uveljavil in je v uporabi predvsem pri velikih gozdarskih podjetjih. Tako se je na primer Gozdno gospodarstvo Postojna leta 1998 odločilo za nakup dveh Woody-jev in kasneje dopolnilo svoj strojni park še s tremi. Z nakupom prvih dveh traktorjev je leta 1998 stekel tudi razvojni projekt Razvoj in promocija traktorja WOODY New, pri katerem so sodelovali Gozdno gospodarstvo Postojna d. o. o., proizvajalec VILPO d. o. o., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF in Gozdarski inštitut Slovenije (Košir, 2000).

Tehnični podatki za traktor Woody 110:

Dimenzije:

- dolžina: 5400 mm,
- širina: 1940 mm,
- višina: 2750 mm,
- masa: 5500 kg.

Motor in pogon:

- motor: Perkins 1004-40T, 4 cil.,
- moč: 76,5 kW (2200 r/min),
- hlajenje: vodno,
- osi: CLARK-HURTH z avtomatsko zaporo diferenciala, lamelnimi zavorami v olju, parkirno zavoro z zavornim cilindrom z vzmetjo,
- pogon: štirikolesni, hidrostatični pogon SAUER-SUNDSTRAND,
- hitrost: 0-17 in 0-30 km/h z vozno avtomatiko in dvostopenjskim gonilom.

Vitel:

- tip: Igland 5000/2H 2×5000 daN, elektrohidravlično krmiljen, hidrostatski pogon s skupno vlečno silo 8000 daN, dve hitrosti, v celoti daljinsko krmiljen,
- upravljanje: hidravlično.

Pnevmatike:

- 14,9/13 – 28 PR 12.



Slika 3: Zgibni traktor Woody 110 (Marenče J., 2000)

3.4 ZGIBNI TRAKTOR WOODY 140

Za razliko od prejšnjih serij imajo najnovejši Woody-ji (poleg Woody-ja 140, prikazan na Sliki 5, sta na voljo še 110 in 175 konjski različici) krmiljen hidrostatski pogon s pomočjo procesorja, ki ga je moč prosto programirati. Na ta način dosežemo, da se moment in hitrost zelo dobro prilagajata trenutnim obremenitvam in s tem omogočimo optimalno delovanje motorja. Posledično je vožnja tišja in udobnejša, izpuh je čistejši, manj je zdrsov koles ... V primerjavi s prejšnjimi serijami je ta z ergonomskega stališča najbolj izpopolnjena (vrtljiv, pnevmatsko vzmeten in električno nastavljen sedež, dodatna stopalka za plin pri vožnji nazaj, saj je traktor oblikovan za delo v obe smeri ...) (<http://www.vilpo.si/index.php?p=8>, 2013).

Tehnični podatki za traktor Woody 140:

Dimenzije:

- dolžina: 5900 mm,
- širina: 2100 mm / 2300 mm pri gumah 600/55-26,5,
- višina: 2860 mm,
- masa: 7600 kg.

Motor in pogon:

- motor: DEUTZ – TCD2012L04-2V,
- moč: 102 kW (2200 r/min),
- hlajenje: vodno,
- osi: CLARCK-HURTH z avtomatsko zaporo diferenciala,
- pogon: hidrostatski – SAUER-SUNDSTRAND, krmiljen z računalnikom, pogon na vsa kolesa,
- hitrost: 0-17 in 0-36 km/h z vozno avtomatiko in dvostopenjskim gonilom.

Vitel:

- tip: Igland Tip MAXO 2×9000 daN, elektrohidravlično krmiljen, hidrostatski pogon, v celoti daljinsko krmiljen,
- upravljanje: hidravlično.

Pnevmatike:

- 500/60-26,5 Nokian.



Slika 4: Woody 140 pri spravilu (Poljšak A., 2013)



Slika 5: Woody 140 med privlačevanjem bremena (Poljšak A., 2013)

4 DOSEDANJE OBJAVE

Pri razvoju traktorja Woody 110 je bilo napravljeno kar nekaj raziskav in objavljenih člankov. V raziskavah so bili analizirani predvsem tehnični parametri pri vlačanju bremen v različnih delovnih razmerah, ko je bila na to temo narejena tudi obsežna raziskava (Marenče, 2005). Kasneje je bilo na to temo objavljenih tudi več strokovnih člankov (Košir in Marenče, 2007; Marenče in Košir, 2006).

Na področju porabe goriva za zgibne traktorje so bile raziskave pri nas redke, enako velja tudi za traktor Woody.

V tujini je bilo na to temo opravljenih več raziskav. Ena izmed njih je potekala na Hrvaškem, kjer so ugotavljali produktivnost traktorja Timberjack 350A in porabe goriva (Jovanović, 2006). Ameriški raziskovalci, ki delujejo v sklopu ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers) so proučevali vplivne dejavnike na največji izkoristek goriva. Porabo so ugotavljali ob najvišji dovoljeni obremenitvi in hkrati najvišji, še varni hitrosti (Matthes in sod., 1988).

Nekaj raziskav na temo porabe goriva in ergonomске ustreznosti je bilo narejenih za adaptirane kmetijske traktorje (Zupančič, 2008, Avsenik, 1999, Černe, 1996, Rebula 1989). Tako je Zupančič v okviru svoje diplomske naloge opravil ergonomsko presoj o za traktor John Deere 6220 v primerjavi z Woody-jem 110, pri čemer je ugotovil za John Deere 93,2 % ergonomsko ustreznost, za Woody-ja 110 pa 92 % ustreznost. Izračunal je povprečno porabo goriva 0,82 l/m³ in 2,79 litra na delovno uro. Rebula je v svoji raziskavi ugotavljal, da je poraba goriva odvisna predvsem od vpliva traktorista, traktorja in delovnih razmer.

5 METODE DELA

5.1 OPIS OBJEKTA

Merjenje porabe goriva je potekalo v gozdnogospodarskem območju Postojna v gozdnogospodarski enoti Leskova dolina, oddelek 2, odsek A in F. Prvi je velikosti 31,77 ha, drugi pa 22,67 ha.

Gozdnogospodarska enota Leskova dolina leži na severovzhodnih pobočjih gorskega masiva Snežnik, na nadmorskih višinah od 750 m pa vse do vrha Snežnika, ki meri 1796 m. Sama enota leži na močno razgibani in tektonsko prelomljeni visoki kraški planoti, kjer predstavljajo matično podlago jurski in kredni apnenci z vložki dolomita in dolomitnih breč. Relief je zelo razgiban z veliko vrhovi, grebeni, dolinami, vrtačami in udori. V številnih dolinah in vrtačah se zaradi temperaturnega obrata pojavljajo mrazišča in polmrazišča, kar ima poseben vpliv na mikroklimo (Gozdnogospodarski načrt Leskova dolina, 2004 – 2013).

Enota ima posebno podnebje, saj leži na stičišču treh različnih podnebnih tipov: mediteranskega, atlantskega in celinskega podnebja. Zato ima območje obilo padavin, letno tudi do 3000 mm. Kljub obilnim padavinam na tem območju ni površinskih vodotokov, saj gre za tipičen kraški svet (Gozdnogospodarski načrt Leskova dolina, 2004 – 2013).

Celotna GGE Leskova dolina leži v gozdni krajini in spada v gozdni prostor. Površina enote znaša 3062,37 ha in je v celoti v državni lasti. Od tega gozdovi predstavljajo 3011,23 ha, 51,14 ha je neobraslih površin. Gozdnatost je 98,3 %. Najbolj razširjena gozdna združba je *Omphalodo-Fagetum typicum* (dinarski gozd jelke in bukke s spomladansko torilnico), ki predstavlja 60 % vseh gozdov v enoti. Kar 87,4 % gozdov ima 1. stopnjo poudarjenosti lesnoproizvodne funkcije. Lesna zaloga znaša 405 m³/ha, od tega 276 m³/ha iglavcev (68 %) in 129 m³/ha listavcev (32 %). Največji delež predstavlja jelka 50 %, bukev 28,6 %, smreka 18,2 %, plemeniti listavci 3,0 % in 0,2 % ostalih listavcev. Tekoči prirastek pa znaša 8,45 m³/ha (Gozdnogospodarski načrt Leskova dolina, 2004 – 2013).

5.2 OPIS STROJA

Spravilo lesa se je izvajalo s specialnim zgibnim traktorjem Woody 140, ki je v lasti Gozdnega gospodarstva Postojna in je prišel v proizvodnjo septembra 2012. Stroj je izdelek slovenskega podjetja Vilpo iz Grosuplja.

Posebnost tega stroja je v hidrostatsko-mehanskem prenosu sil. Dizelskemu motorju sledi razdelilno gonilo za črpalke, preko katerega so priključene črpalke za pogon traktorja, pogon vitla in za pogon delovne hidravlike. Temu sledijo hidravlične cevi za prenos moči do hidromotorja za pogon stroja in hidromotor za pogon vitla (Košir, 2000). Sam stroj poganja Deutzov motor, ki doseže največjo moč 103 kW pri 2200 obratih na minuto. Traktor nima klasičnega menjalnika, temveč dvostopenjski menjalnik za delovno in cestno hitrost (najvišja delovna hitrost je 17 km/h, najvišja cestna pa je 36 km/h), ki deluje v povezavi s hidrostatskim delom transmisije. Traktor nima zavor, saj se zaviranje ravno tako uravnava s hidravličnim sistemom. Ima pa nameščeno ročno zavoro, ki pride v poštev, ko motor ne obratuje. Osi sta znamke Clarck-Hurth, hidrostatski pogon je znamke Sauer-Sundstrand (računalniško krmiljen) in poganja vsa štiri kolesa. Hidrostatski pogon lahko krmilimo s pomočjo procesorja, katerega se da prosto programirati. S tem dosežemo prilagajanje hitrosti in momenta trenutnim obremenitvam ter s tem dosežemo delovanje motorja v optimalnih pogojih. Posebnost hidrostatskega motorja je, da že pri nizkih obratih doseže maksimalno moč in vlečno silo, ki jo lahko zvezno prenesemo na pogonska kolesa pri vseh hitrostih. Pnevmatike je izdelalo podjetje Nokian, njihove dimenzije so 500/60-26,5, le-te pa so opremljene z mrežastimi verigami (<http://www.vilpo.si/index.php?p=8>, 2013).

Kabina je prostorna, pri čemer stekla niso zaščitena, le prednje steklo varujeta dve jeklenici, ki sta napeljana iz sprednje strani maske motorja. Sedež je pnevmatsko vzmeten in električno nastavljen z možnostjo obračanja.

Na traktorju je nameščen Iglandov hidravlični dvobobenski vitel z vlečno silo 90 kN, ki je daljinsko voden. Poleg vitla je radijsko daljinsko krmiljen tudi traktor, z dosegom 100 m.

Traktor je dolg 5,90 m, širok 2,10 m in visok 2,86 m. Masa traktorja glede na proizvajalčeve podatke znaša 7600 kg.



Slika 6: Woody 140 pri delu (Poljšak A., 2013)

5.3 OPIS PRIDOBIVANJA PODATKOV

Julija 2013 smo v Leskovi dolini (GGO Postojna) opravili analizo porabe goriva za traktor Woody 140. Meritve so bile opravljene v oddelku 2 in sicer: spravilo navzdol je potekalo v odseku A, spravilo navzgor v odseku F. Pri spravilu navzdol je bilo posnetih 16 ciklusov, pri spravilu navzgor 11 ciklusov.

Meritve sva opravila dva snemalca. Prvi snemalec je ocenjeval dolžino zbiranja, zakoličil stojišča traktorja v delovišču pri zbiranju lesa, meril porabo goriva in snemal trajanje posameznega ciklusa. Drugi snemalec je bil zadolžen za meritve učinkov in za beleženje premikov po skladišču ter za merjenje delovnega časa.

5.3.1 Merjenje porabe goriva

Za začetek smo traktorju določili točko, na kateri je vedno začel in končal s posameznim ciklusom. Na tej točki smo v rezervoar traktorja pred vsakim novim ciklusom dolivali gorivo do vrha in na tak način smo lahko ob naslednjem dolivanju določili porabo za prejšnji ciklus. Meritev se je izvajala na deciliter natančno, pri čemer smo uporabljali 5 litrsko posodo z decilitrsko skalo. Za posamezen ciklus smo s štoparico merili čas. Z merjenjem smo pričeli pri vžigu motorja in končali ob njegovem ugašanju.



Slika 7: Dolivanje goriva (Poljšak E., 2013)

5.3.2 Merjenje učinkov

Pomemben podatek pri analizi je količina spravljenega lesa. Za vsak cikel smo prešteli število kosov, premerili ves prepeljani les, pri čemer smo premere merili s premerko na centimeter natančno in dolžine s kovinskim sekaškim metrom na deset centimetrov natančno. Zaradi lubja smo pri debelini pod 20 cm odšteli 1 cm, med 20-50 cm 2 cm in nad 50 cm 3 cm.

5.3.3 Določanje razdalje zbiranja in vlačjenja

Razdaljo zbiranja smo ocenili za vsak cikel posebej, kot maksimalno dolžino zbiranja lesa. Vlake smo posneli po končanem delovniku. S padomerom smo izmerili naklone in s 50-metrskim trakom premerili dolžine vlak za vsak cikel posebej. Poleg vlak smo za vsak cikel določili mesto rampanja in ravno tako izmerili dolžine in naklone.

Na podlagi teh podatkov smo lahko izračunali tehtano sredino naklonov, kjer smo za utež uporabili dolžino vlačjenja. Določili smo tudi smer spravila, pri čemer veljajo naslednje kategorije: GOR – tehtana sredina naklonov vlake v smeri vlačjenja nad 5 %; RAVNO – vlačenje brez večjih protivzponov. Tehtana sredina naklona vlake v smeri vlačjenja med – in +5 % vzdolžnega naklona; DOL – tehtana sredina naklonov manjša od -5 %.

5.3.4 Natančnost in obdelava podatkov

Vse merjene parametre smo merili z različno natančnostjo:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| - pri merjenju premera sortimenta | 1 cm, |
| - pri merjenju dolžine sortimenta | 10 cm, |
| - ocenjevanje razdalje zbiranja | 1 m, |
| - pri merjenju pravilne razdalje | 1 m, |
| - merjenje naklonov | 1 %, |
| - trajanje ciklusa | 1 s. |

Podatke smo analizirali v programu Microsoft Excel in IBM SPSS Statistics.

6 REZULTATI

6.1 PORABA GORIVA

Porabo goriva za spravilo navzdol smo določali na podlagi 16 izmerjenih ciklusov, pri spravilu navzgor pa smo posneli 11 ciklusov. Od skupno 27 ciklusov smo izločili dva ciklusa, ki sta bistveno odstopala od ostalih podatkov. V teh dveh primerih takšnih odstopanj nismo znali in mogli pojasniti. Iz dobljenih podatkov smo izračunali porabo na kubični meter, na obratovalno uro, na delovno uro in na dolžino celotne vožnje. Pri delu je traktorist vozil večino časa s konstantnimi motornimi obrati – prazna vožnja 1700 r/min, polna vožnja 2100 r/min, zbiranje lesa 830-1100 r/min.

Preglednica 1: Podatki o spravljenih razdaljah

Kategorija vlačanja	Število ciklusov	Dolžina vlačanja (m)			Naklon (%)			Največji naklon (%)	Dolžina zbiranja (m)		
		Min	Povp.	Max	Min	Povp.	Max		Min	Povp.	Max
Dol	15	642	824	909	-13,5	-14	-16	-34	8	13	25
Gor	10	517	589	654	5	7	8	26	2	7	23

V Preglednici 1 prikazujemo nekaj osnovnih podatkov – predvsem navajamo dolžine vlačanja, naklone in dolžine zbiranja.

Preglednica 2: Podatki o spravilu navzdol

Ciklus	Velikost bremena (m ³)	Kos (n)	Čas ciklusa (min)	Dolžina celotne vožnje (m)	Dolžina zbiranja (m)	Naklon (%)	Poraba (l)
1	4,81	5	36,3	1508	8	-13,98	4,5
2	5,39	7	37,7	1538	20	-14,13	4,2
3	5,02	7	29,2	1632	12	-15,56	4,6
4	3,78	7	36,1	1796	8	-14,46	4,6
5	4,77	6	37,6	1818	10	-14,34	4,3
6	4,55	7	41,7	1762	25	-14,64	5
7	6,65	7	44,2	1284	15	-15,38	6
8	5,36	3	35,6	1322	10	-15,95	3,3
9	4,06	7	36,8	1528	10	-14,18	3,5
10	4,81	6	32,9	1714	13	-14,04	3,4
11	4,89	8	36,0	1740	12	-13,96	5,1
12	4,21	6	35,2	1812	12	-14,04	4,6
13	2,07	8	39,3	1810	20	-13,50	4
14	5,86	5	37,6	1726	10	-13,99	5
15	3,11	5	36,6	1726	10	-13,99	4,6
Povprečje	4,62	6,27	36,8	1648	13	-14,41	4,4
Skupaj	69,33	94	552,7	24716			66,7

Iz Preglednice 2 so razvidni podatki za posamezen ciklus, ki je bil posnet pri spraviu navzdol. Povprečna dolžina vlačanja je znašala 824 m, povprečen naklon je bil okoli -14 %, kar govori o tem, da je šlo za zelo dolgo in dokaj strmo spravo navzdol.

Preglednica 3: Podatki o spraviu navzgor

Ciklus	Volumen (m³)	Kos (n)	Čas ciklusa (min)	Dolžina celotne vožnje (m)	Dolžina zbiranja (m)	Naklon (%)	Poraba (l)
1	5,24	3	22,2	1208	2	6,13	2,7
2	4,58	3	26,5	1308	6	5,36	3,3
3	5,46	4	29,1	1230	4	6,21	3,7
4	6,38	5	30,8	1230	23	6,21	3,2
5	5,41	6	29,8	1258	8	5,65	3
6	4,86	7	34,2	1206	6	6,54	4,1
7	5,21	4	27,0	1078	6	7,61	2,9
8	4,07	3	18,6	1050	7	7,92	2,2
9	3,54	8	36,2	1178	7	6,63	4,7
10	4,19	4	26,8	1034	5	8,27	2,7
Povprečje	4,89	4,7	28,1	1178	7	6,65	3,25
Vsota	48,93	47	281,2	11780			32,5

Preglednica 3 prikazuje podatke za posamezen ciklus, ki je bil posnet pri spraviu navzgor.

Pri spraviu navzgor je povprečna pravilna razdalja znašala 589 m in povprečen naklon 7 % (maksimalni naklon je znašal 26 %). Gre za dolgo spravo, kar naj bi imelo vpliv na porabo goriva, poleg količine spravljenega lesa, števila kosov in časa posameznega ciklusa.

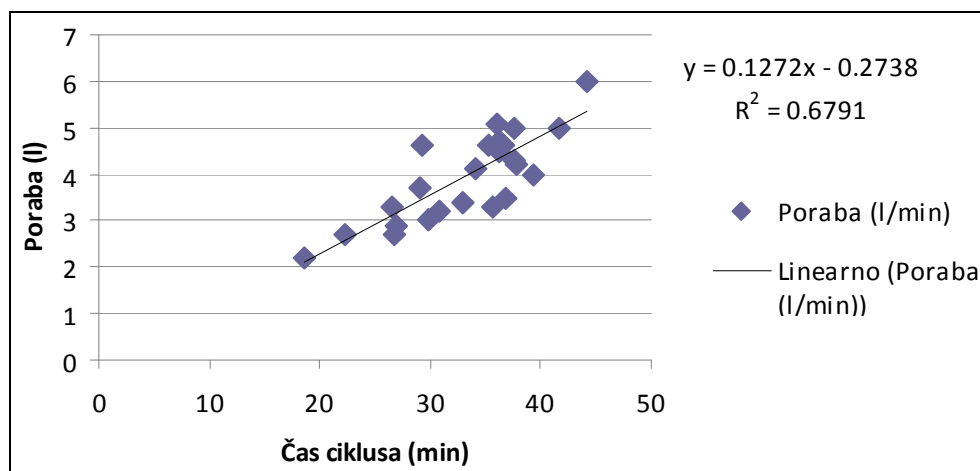
6.1.1 Poraba goriva glede na trajanje ciklusa

Aritmetične sredine zbranih podatkov smo primerjali pri spravi navzgor in navzdol s t-testom. Na podlagi izračuna (Preglednica 4) smo ugotovili, da je stopnja tveganja manjša od 5 % ($t > 1,96$). S tem smo pojasnili, da so razlike med kategorijama sprava (gor/dol) statistično značilne - spravo dol traja v našem primeru značilno dlje kot gor.

Preglednica 4: T-test za odvisne spremenljivke (trajanje)

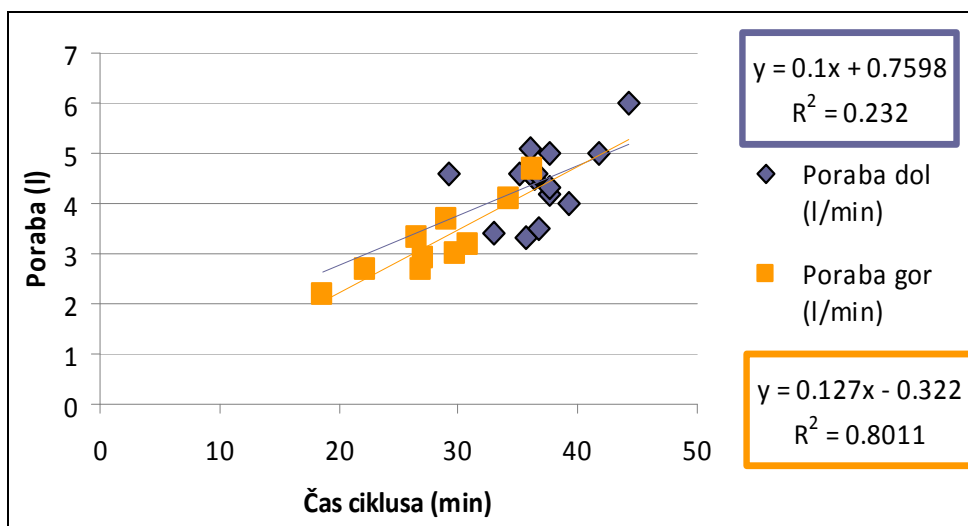
	Spravo dol	Spravo gor
Povprečje	36,85	28,12
Varianca	11,82	27,17
Št. podatkov	15	10
df	14	
t Stat	4,66	
P(T<=t) one-tail	$1,82 \cdot 10^{-4}$	
t Critical one-tail	1,76	
P(T<=t) two-tail	$3,65 \cdot 10^{-4}$	
t Critical two-tail	2,14	

Podatki prikazani na Sliki 8 so obravnavani ne glede na kategorijo sprava. Kako se poraba goriva veča v odvisnosti od časa, pojasnjuje enačba $y = 0,1272x - 0,2738$. Regresijski koeficient, ki nam pove kolikšen delež variance je pojasnjen s časom, znaša 0,68 ter je statistično značilen ($p < 0,000$).



Slika 8: Poraba goriva glede na trajanje ciklusa (l/min) – združeni podatki

Porabi goriva, ki sta ločeni glede na smer spravila, sta prikazani v Sliki 9. Pri spravilu navzgor je delež pojasnjene variance zelo visok in znaša 0,80, medtem ko je R^2 pri spravilu navzdol 0,23 (na grafikonu je tudi viden večji raztros podatkov). Linearna regresijska enačba, po kateri bi lahko določili porabo goriva pri spravilu navzgor, je $y = 0,127x - 0,322$, pri spravilu navzdol pa $y = 0,1x + 0,7598$. Na podlagi slike lahko ugotovimo, da poraba goriva v našem primeru ni odvisna od kategorije vlačjenja, saj sta si regresijski krivulji zelo podobni.

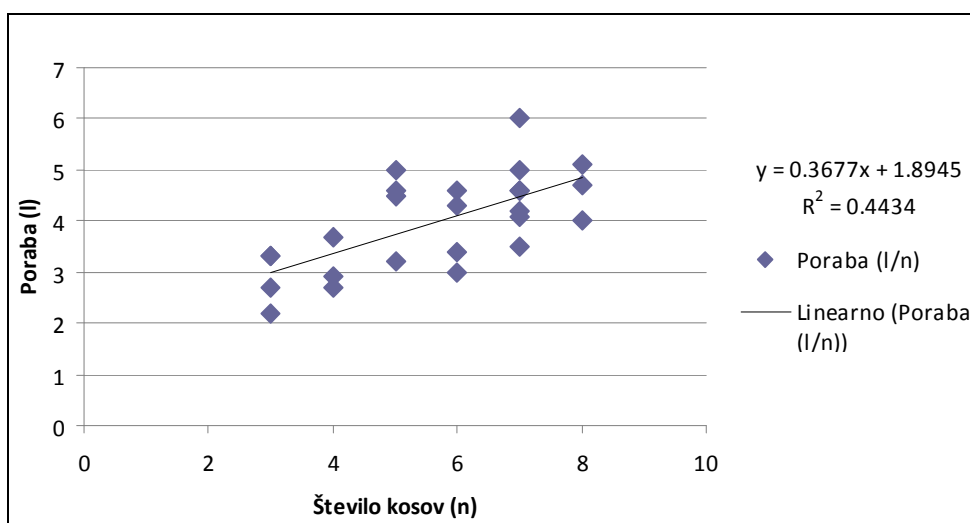


Slika 9: Poraba goriva glede na trajanje ciklusa (l/min) – ločeni podatki

6.1.2 Poraba goriva glede na število kosov v bremenu

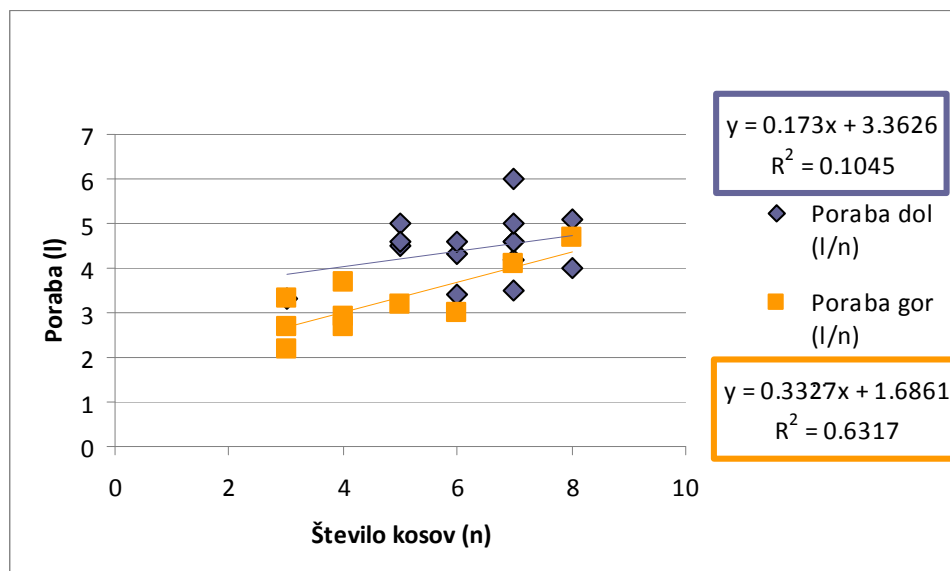
S statistično primerjavo aritmetičnih sredin smo ugotovili, da je bilo pri spravilu navzdol v povprečju pripetih 6,27 kosov, pri spravilu navzgor pa 4,70 kosa. Izračunana stopnja tveganja je nižja od 5 % (0,03 %), s čimer pojasnimo statistično značilne razlike glede števila kosov in smerjo spravila.

Podatke lahko prikažemo skupaj na istem grafikonu, saj kategorija spravila lesa naj ne bi vplivala na število kosov v bremenu pri enakem volumnu bremena. Ob večjem številu kosov v bremenu, poraba linearno narašča (Slika 10), ki v povprečju pri treh kosih znaša 3 litre, pri osmih kosih pa 4,8 litrov goriva, ne glede na ostale dejavnike. Regresijski koeficient dosega vrednost $R^2 = 0,44$ in je statistično značilen ($p < 0,000$).



Slika 10: Poraba goriva glede na števil kosov v bremenu (l/n) – združeni podatki

Iz Slike 11 je razvidno, da je za prikazane podatke poraba goriva pri spravi navzgor nižja kot pri spravi navzdol, kar je na pogled nesmiseln rezultat. To lahko pojasnimo s tem, da so bile pri spravi navzgor razdalje spravila bistveno krajše in zato tudi dolžine ciklusov.

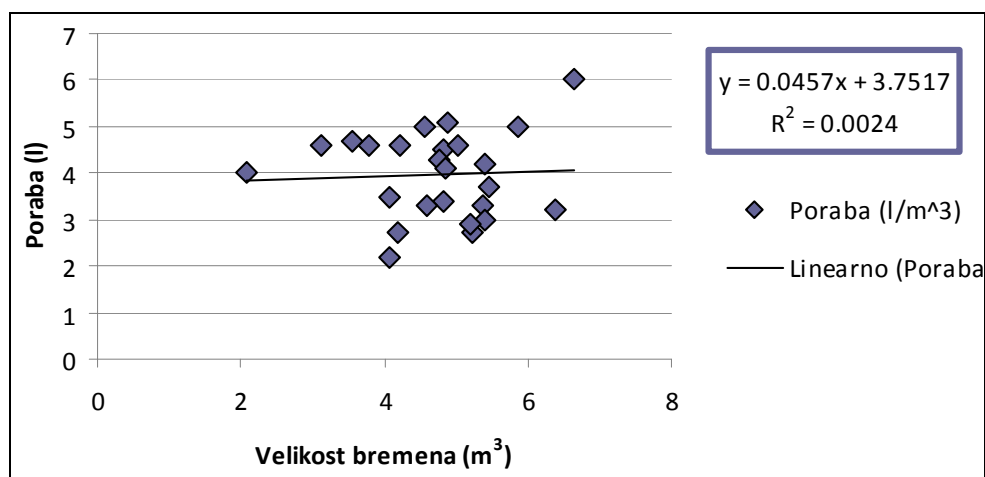


Slika 11: Poraba goriva glede na število kosov v bremenu (l/n) – ločeni podatki

6.1.3 Poraba goriva glede na velikost bremena

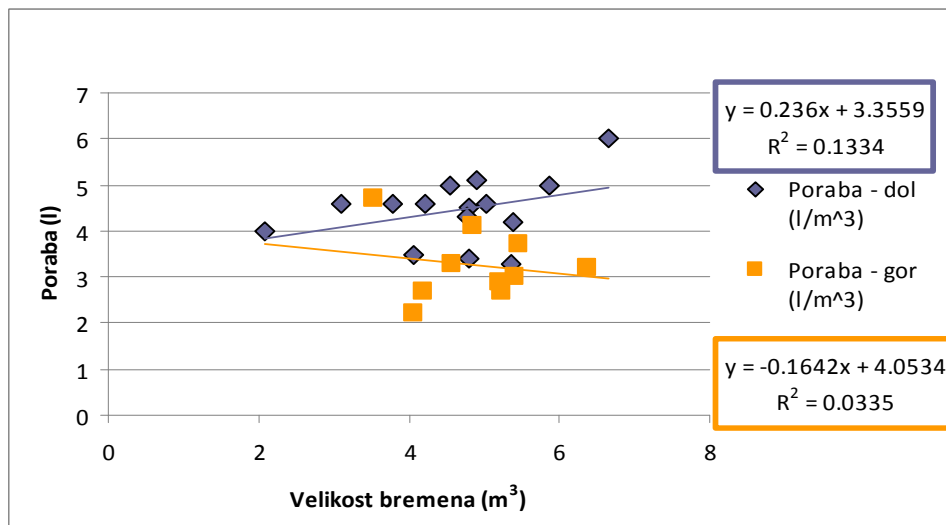
S t-testom med volumnom bremena in smerjo spravila nismo ugotovili statistično značilnih razlik ($p=0,49$), kljub temu, da je povprečen volumen bremena pri spravilu navzgor ($4,89 \text{ m}^3$) višji za $0,27 \text{ m}^3$ od spravila navzdol ($4,62 \text{ m}^3$).

Slika 12 prikazuje porabo goriva iz katere je razvidno, da je poraba glede na volumen bremena skoraj konstantna. Viden je velik raztros podatkov, kar potrjuje izračunan R^2 , ki znaša $0,0024$ ter njegova neznačilnost ($p=0,816$).



Slika 12: Poraba goriva glede na velikost bremena (l/m^3) – združeni podatki

Podatki se glede na smer spravila zelo razlikujejo (Slika 13). Predvsem pri spravilu navzgor je viden velik raztros podatkov. Premica je padajoča – ob večjem bremenu je poraba nižja, kar je nesmiseln rezultat. Vzrok temu se lahko skriva v več dejavnikih znotraj posameznega ciklusa kot so: različna dolžina vlačjenja, trajanje ciklusa, naklon terena, faza zbiranja in rampanja. Pri spravilu navzdol je ravno tako viden nekoliko večji raztros podatkov, vendar za razliko od spravila navzdol je potek premice smiseln in narašča. Determinacijski koeficient je pri obeh spravilih nizek.

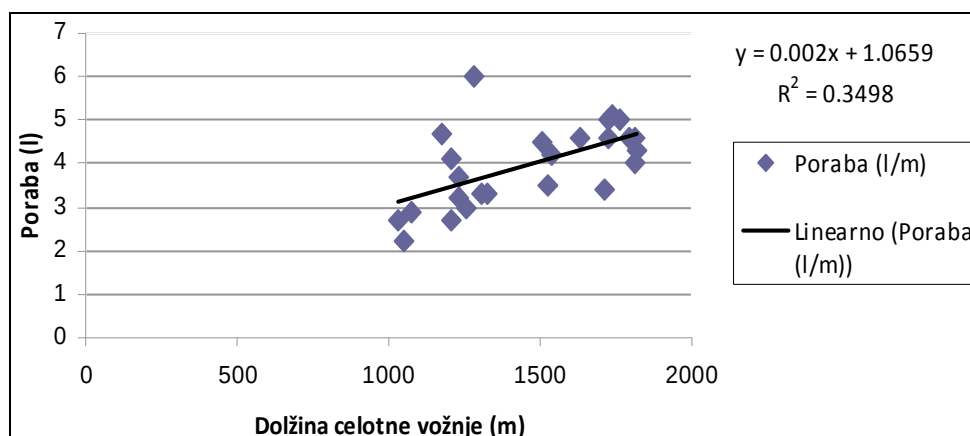


Slika 13: Poraba goriva glede na velikost bremena (l/m³) – ločeni podatki

6.1.4 Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje

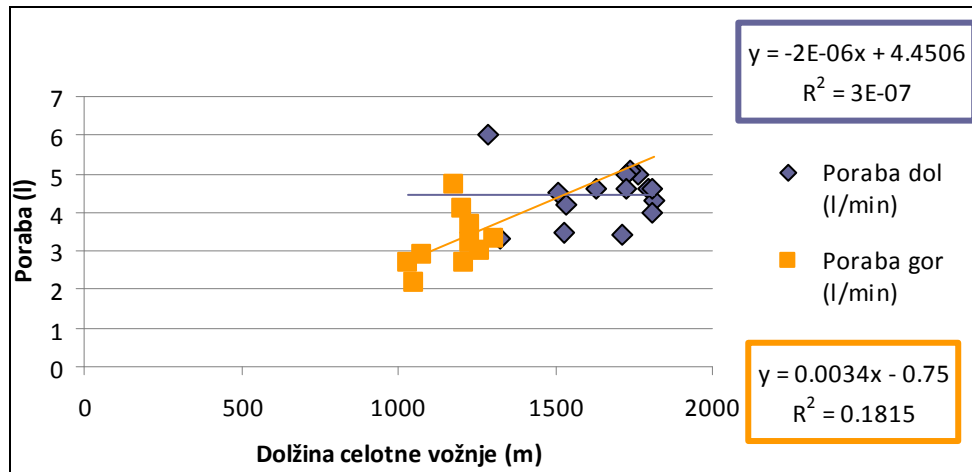
S t-testom smo dokazali statistično značilne razlike med smerjo spravila in dolžino celotne vožnje, ki je nižja od 5 %. Spravilo navzdol je statistično značilno daljše kot spravilo navzgor. Aritmetična sredina dolžine celotne vožnje pri spravilu navzdol je znašala 1648 m, navzgor pa 1178 m.

Iz Slike 14 je razvidno, da poraba goriva z dolžino celotne vožnje narašča in je statistično značilna ($p=0,002$).



Slika 14: Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje (l/m) – združeni podatki

Iz Slike 15 lahko razberemo, da so podatki nekako porazdeljeni v dveh skupinah glede na kategorijo spravila, kar je posledica ugotovljenih razlik v dolžini vožnje med kategorijami. Pri spravilu navzgor poraba smiselno narašča z razdaljo vožnje, medtem ko je poraba pri spravilu navzdol konstantna oziroma celo nekoliko pada.



Slika 15: Poraba goriva glede na dolžino celotne vožnje (l/m) – ločeni podatki

6.1.5 Skupni vpliv dejavnikov na porabo goriva

Poleg primerjav posameznih porab in odvisnosti, smo v programu IBM SPSS izvedli multiplo regresijo, pri kateri smo za odvisno spremenljivko uporabili porabo goriva, za neodvisne spremenljivke pa volumen spravljene lesa, število kosov lesa in dolžino celotne vožnje.

Ugotovili smo, da lahko porabo goriva predstavimo z modelom (enačba 1), ki vključuje vse tri neodvisne spremenljivke, saj so se vse tri izkazale za statistično značilne. Model statistično značilno ($p < 0,000$) pojasnjuje porabo goriva z deležem pojasnjene variance enakim 61 %. Tako lahko ugotovimo, da poraba narašča z bremenom, številom kosov in dolžino celotne vožnje. Tako zgibni traktor Woody 140 pri 5 m³ bremena, povprečni razdalji vlačjenja 350 m porabi med 1,9 in 3,4 litra goriva, če ima v bremenu med 3 in 8 kosov.

$$y = -1,060 + 0,287 \cdot x_1^* + 0,001 \cdot x_2^* + 0,289 \cdot x_3^{**} \quad \dots(1)$$
$$(R^2 = 0,61; p < 0,000)$$

Parametri regresijske analize:

x_1 – velikost bremena (m³),

x_2 – dolžina celotne vožnje (m),

x_3 – število kosov (n),

* - statistično značilno tveganje je manjše kot 5 %,

** - statistično značilno tveganje je manjše kot 1 %.

Pri iskanju povezav in vplivov na porabo goriva in glede na prikazane rezultate in odvisnosti je potrebno dodatno pojasnilo in komentar. Zagotovo je poraba goriva odvisna od trajanja posameznega ciklusa, vendar sta zelo pomembna elementa pri porabi goriva tudi trajanje oziroma čas zbiranja in rampanja, ki ju nismo obravnavali oziroma nismo merili njuna deleža po času znotraj ciklusa. Ti dve delovni operaciji sta namreč lahko po času zelo različni, pa čeprav med ciklusi ni bistvenih razlik (podobne spravlne razmere, podobne velikosti bremena ...). Tako se lahko pri rampanju različnih sortimentov porabi več časa in posledično tudi bistveno več goriva. Tudi pri zbiranju lahko prihaja do zatikanj bremena in večkratnih prevezovanj, kar seveda vpliva na samo porabo. Toda brez časovnih deležev obeh delovnih operacij ne moremo natančneje dokazati korelacije.

Drugi možen dejavnik, ki smo ga ugotovili šele po končanih meritvah na terenu in ki lahko bistveno vpliva na samo meritev porabe goriva, pa je v sistemu črpanja samega goriva v motor. Goriva, ki pod določenim tlakom potuje proti motorju, se porabi le del. Preostanek se vrača nazaj v rezervoar. Pri tem prihaja do večjih in manjših časovnih zamikov njegovega vračanja v rezervoar, kar lahko v nekaterih primerih bistveno vpliva na točnost izmere. Tako so lahko dobljeni podatki zgolj približni, zelo moteči pa so zato pri sami interpretaciji podatkov o porabi znotraj posameznih ciklusov.

Gotovo pa je lahko takšen zajem podatkov o porabi goriva korekten v primeru ugotavljanja porabe znotraj delovnega dne, glede na obratovalno uro ali na m³ spravljenega lesa. To je bil tudi končen namen te kratke analize.

6.1.6 Primerjava spravila navzdol in navzgor

Preglednica 5: Primerjava porabe goriva pri spravilu navzdol in navzgor

	Povp. dolžina vlačjenja	Število kosov	Količina	Povprečen kos	Poraba goriva				
Smer spravila	m	n	m ³	m ³	l	l/m ³	l/obr. ura	l/del. ura	l/km
Dol	824	94	69,33	0,79	66,7	0,96	7,2	5,7	2,7
Gor	589	47	48,93	1,17	36,7	0,68	7,3	5,4	2,9
Povprečje						0,82	7,25	5,6	2,8

Iz Preglednice 5 je razvidno, da je poraba goriva glede na m³ pri spravilu navzdol višja kot pri spravilu navzgor. Razlog je v povprečnem volumnu posameznega kosa, ki je bil pri spravilu navzgor za 0,38 m³ večji in v krajši spravljeni razdalji navzgor. Poraba glede na obratovalno uro je pri spravilu navzgor malenkostno višja, saj traktor pri vzpenjanju z bremenom potrebuje več moči in posledično več goriva, zaradi istega razloga je tudi višja poraba glede na prevožen kilometer. Na terenu smo merili tudi delovni čas, na podlagi katerega smo izračunali porabo na delovno uro. Le-ta je višja pri spravilu navzdol, ker je traktorist z delom pričel prej, poleg tega je imel manj neproduktivnega časa kot pri spravilu navzgor.

6.2 PRIMERJAVA PORABE GORIVA MED TRAKTORJEMA WOODY 110 IN WOODY 140

Za primerjavo podatkov o porabi goriva glede na opravljene delovne ure in učinke so nam bili na voljo podatki Gozdnega gospodarstva Postojna d. o. o., od oktobra 2012, ko je prišel v uporabo nov Woody 140, do junija 2013. Iz zbirke smo izločili podatke za mesece december, januar, februar in marec, saj so v tem času poleg spravila uporabljali traktorje še za pluzenje gozdnih cest in reševanje tovornjakov, ki so obtičali v snegu. Pri opravljanju teh del so porabe goriva višje v primerjavi s pravilom lesa – ti podatki nas v naši analizi niso zanimali.

Preglednica 6: Primerjava porabe goriva za Woody 140 in Woody 110

	Woody 140 (WS-03)			Woody 110 (WS-01)			Woody 110 (WS-02)		
	Poraba (l)	Del. ure	Volumen (m ³)	Poraba (l)	Del. ure	Volumen (m ³)	Poraba (l)	Del. ure	Volumen (m ³)
okt.12	367,08	143	886,74	427,18	112	581,09	410,99	96	484,07
nov.12	373,03	128	729,72	318,38	76	431,2	296,45	56	213,85
apr.13	689,24	128	654,65	576,62	118	515,43	383,42	128	577,02
maj.13	569,34	133	789,67	444,80	122	598,26	424,34	112	418,35
jun.13	707,05	136	952,38	606,70	100	570,65	359,06	120	502,94
Mesečno povprečje	541,1	134	802,63	474,7	106	539,33	374,9	102	439,25
Poraba (l/del. uro)	4,1			4,5			3,7		
Poraba (l/m ³)	0,67			0,88			0,85		

Iz Preglednice 6 je razvidno, da ima Woody 140 najnižjo porabo goriva glede na učinke. Temu je vzrok novejši in varčnejši motor (čeprav ima 25,5 kW več v primerjavi z Woodyem 110) in nenazadnje razlika v starosti (Woody 110 je bil proizveden leta 1998, Woody 140 leta 2012) ter ohranjenosti.

Poraba goriva glede na delovno uro pa je odvisna od več dejavnikov. Predvsem je tu potrebno upoštevati neproduktivni čas in pripravljalo zaključni čas. Če bi želeli še natančnejši izračun, bi morali upoštevati tudi premike med delovišči – tudi to vpliva na samo porabo.

7 ERGONOMSKA OCENA

Delovno mesto traktorista spada med poklice, pri katerih se zelo pogosto pojavljajo številna poklicna obolenja. Z razvojem tehnologij in s preučevanjem vzrokov obolenj se postopoma izboljšuje ergonomska ustreznost strojev, s čimer prihaja do manjših negativnih vplivov na delavca.

Ergonomsko presojo smo napravili na podlagi vprašalnih pol, ki so zajemala enajst ergonomskih področij (Rehschuh in Tzschockel, 1977). Ocenili smo traktorje GT – 70, Woody 110 (Zupančič, 2008) in Woody 140. Cilj metode je, da na podlagi anketnih vprašanj s tremi možnimi odgovori (ugodno, sprejemljivo in neugodno) dobimo število točk, ki jih nato preračunamo v odstotke. Pri vsakem vprašanju je več načel in če je vsaj eno načelo negativno, je odgovor negativen. Če ima stroj 70 % ali več pozitivnih odgovorov, je ergonomsko sprejemljiv (Černe, 1996).

Preglednica 7: Ergonomske ocene traktorjev

Ocenjevalno področje	Skupaj možnih točk	Ugodne rešitve			Sprejemljive rešitve			Neugodne rešitve		
		70	110	140	70	110	140	70	110	140
1. Vstop in izstop	8	5	7	8	3	1	0	0	0	0
2. Delovni prostor	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
3. Sedež	9	6	7	9	2	1	0	1	1	0
4. Kontrolni instrumenti	9	7	9	9	2	0	0	0	0	0
5. Elementi za upravljanje	11	8	11	11	3	0	0	0	0	0
6. Vidljivost	8	6	6	8	1	1	0	1	1	0
7. Škodljivi vplivi	7	6	6	6	0	0	1	1	1	0
8. Fizična in psihična obremenjenost	8	5	6	6	2	1	1	1	1	1
9. Varnost	11	7	7	8	1	2	1	3	2	2
10. Navodila za upravljanje	3	2	2	3	0	0	0	1	1	0
11. Nega in popravila	9	6	6	6	3	3	3	0	0	0
Seštevek vseh rešitev	89	64	73	80	17	9	6	8	7	3
Delež vseh rešitev [%]	100	72	82	90	19	10	7	9	8	3

Iz Preglednice 7 lahko vidimo, da je ergonomska primernost vsake serije boljša v primerjavi s prejšnjo. Ugodnih rešitev za GT-70 je 91 % (od tega jih je 19 % sprejemljivih rešitev), Woody 110 jih ima 92 % (10 % sprejemljivih rešitev) in najnovejši iz serije, Woody 140 dosega 97 % ugodnih rešitev (7 % sprejemljivih). Meja ergonomske ustreznosti je 70 %, zato so vsi stroji ustrezni za delo.

Na področju vstopa in izstopa iz kabine je opazna razlika pri GT-70 v primerjavi z ostalima, kajti traktor ima nekoliko preozek in prenizek vhod v kabino. Le-ta bi predstavljal probleme ljudem višje in močnejše postave. Izmed vseh treh traktorjev ima samo Woody 140 vrtljiv in električno nastavljen sedež, ravno tako ima edini možnost gretja ter taljenja šip s toplim zrakom. Na Woody 140 in z nekoliko prilagoditvami tudi na Woody 110, lahko pripnemo snežni plug, katerega uporabljajo za pluzenje gozdnih cest. V vseh strojih je nameščena prva pomoč, gasilni aparat in manjši zaboj z orodjem. Vse ostalo večje orodje je spravljeno v spremljevalnem vozilu. Največ neugodnih rešitev pri vseh treh traktorjih je bilo ugotovljenih na področju varnosti. Pri tem smo imeli v mislih predvsem dejstvo, da stroji niso opremljeni z varnostnimi pasovi in nimajo možnosti klica v sili oziroma nimajo radijske zveze.

8 SKLEPI RAZISKAV

Razvoj traktorja Woody:

- s traktorjem GT-70 so slovenjegraški gozdarji postavili smernice v razvoju hidrostatsko-mehansko gnanih traktorjev;
- kakovost izvedbe in učinkovitost teh traktorjev se kaže v tem, da postajajo zanimivi za domače uporabnike, precejšen del pa jih gre tudi na zahodni evropski trg (alpske države);
- zaradi specifičnosti rabe traktorja, skuša proizvajalec dodati traktorju razne funkcije – npr. tritočkovni priklop, na katerega je možno pripeti gozdarsko prikolico, procesor, hidravlično dvigalo ..., s čimer želi povečati funkcionalnost samega traktorja;
- projekt Woody je dober pokazatelj, kako se lahko z dobro idejo prodre na trg in se na njem vztraja že 25 let.

Iz analize porabe goriva lahko zaključimo naslednje:

- zaradi v nalogi že opisanega in komentiranega načina ugotavljanja porabe goriva smo za posamezne cikle dobili manj natančne podatke;
- korektni in z dosedanjimi metodami izmerjeni podatki so primerljive vrednosti za celoten dan oziroma dnevno količino transportiranega lesa do kamionske ceste;
- v primeru naših meritev smo ugotovili naslednje vrednosti: poraba goriva je pri spravi navzdol (-14 %) znašala 0,96 l/m³; 7,2 litra na obratovalno uro; 5,7 litra na delovno uro in 2,7 litra na prevožen kilometer;
- izmerjena poraba goriva pri spravi navzgor (7 %) je bila 0,68 l/m³; 7,3 litra na obratovalno uro; 5,4 litra na delovno uro in 2,9 litra na prevožen kilometer;
- s primerjavo nekajmesečne porabe smo ugotovili naslednje: Woody 140 je v primerjavi z Woody-jem 110 varčnejši (20-25 % nižja poraba pri l/m³). V podatkih preteklih mesecev so vključeni tudi premiki med delovišči, ki tudi vplivajo na izmerjene količine;
- meritve porabe, ki smo jo izmerili v tem poskusu, se od podatkov nekajmesečne porabe razlikujejo. Naše meritve so bile višje za 0,15 l/m³ in 1,5 litra na delovno

uro. Razlika je v našem primeru najverjetneje nastala, zaradi zelo težkih spravičnih razmer, ki so prevladovali. Primerjavo smo naredili glede na delovno uro – v naši raziskavi natančne celotne časovne študije nismo delali; ob upoštevanju začetka in konca delavnika pa v dneh našega poskusa ugotavljamo zelo nizek delež neproduktivnega časa.

Ergonomska ocena:

- na podlagi vprašalnih pol, ki so zajemala 11 različnih področij, smo prišli do sklepa, da je vsaka nadaljnja serija z ergonomskega stališča nedvomno boljša;
- Woody 140 ima 97 % ugodnih rešitev, kar omogoča delavcu zelo varno in zdravju primerno upravljanje traktorja;
- vsi ocenjeni traktorji so ergonomskega ustreznosti. Imajo določene pomanjkljivosti (npr. nimajo klime), ki se jih lahko v prihodnosti tudi odpravi.

9 POVZETEK

Septembra 2012 je Gozdno gospodarstvo Postojna dobilo v uporabo nov specialni gozdarski zgibnik Woody 140. Zaradi novega stroja se je pojavila zahteva po meritvah in ugotavljanju porabe goriva pri spravilu lesa.

Julija 2013 smo opravljali meritve na gozdnogospodarskem območju Postojna, v gozdnogospodarski enoti Leskova dolina. Enota, ki se razprostira pod Snežnikom, velja za tipični kraški svet, kjer prevladujejo zahtevne pravilne razmere. Na terenu smo v treh dneh posneli 27 ciklusov. Za vsak ciklus posebej smo merili porabo goriva, čas ciklusa, učinke in po koncu dneva smo premerili še vse vlake (dolžina, naklon).

Porabo goriva smo analizirali in prikazali glede na glavne vplivne dejavnike – trajanje ciklusa, glede na število kosov v bremenu, velikost bremena in dolžino celotne vožnje. Poleg tega pa smo prikazali še podatke za celoten delovni dan, spravljeno količino lesa in opravljene obratovalne ure.

Izmerjena poraba goriva pri spravilu navzdol (povprečna dolžina vlake je bila 824 m in naklon -14 %) je znašala 0,96 l/m³; 7,2 litra na obratovalno uro; 5,7 litra na delovno uro in 2,7 litra na prevožen kilometer. Pri spravilu navzgor (povprečna dolžina vlake 589 m in naklon 7 %) je bila povprečna poraba goriva 0,68 l/m³; 7,3 litra na obratovalno uro; 5,4 litra na delovno uro in 2,9 litra na prevožen kilometer.

Na podlagi pridobljenih podatkov s strani Gozdnega gospodarstva Postojna smo opravili primerjavo porabe goriva za Woody-ja 140 in dva Woody-ja 110. Izračunali smo, da je poraba Woody-ja 140 nižja v primerjavi z Woody-jema 110 za 20-25 % na l/m³, vendar za točnejše podatke bi morali odšteti količine goriva, ki so bile porabljene za premike med delovišči. Tukaj gre seveda za skupne podatke, ob tem bi bilo potrebno upoštevati tudi pravilne dolžine in zahtevnost delovnih razmer, ki imajo na porabo goriva pomemben vpliv.

Iz ergonomske presoje traktorjev GT-70, Woody 110 in Woody 140 je dobro razviden napredek v ergonomiji posameznega stroja. Vsi trije traktorji so ergonomsko ustrezni, najnovejši Woody pa dosega 97 % ergonomsko ustreznost, kar priča o tem, da gre za delavca prijazno delovno sredstvo.

Sam razvoj traktorja od GT-70 do Woody-ja 140 je bil skozi leta priča številnim izboljšavam, ki ga uvrščajo v sam vrh specialnih gozdarskih zgibnikov v Evropi. Traktor je namreč zaradi svojih dimenzij in učinkovitosti hidrostatsko-mehanskega pogona primeren za najtežje terene in zaradi načina prenosa vlečnih sil na tla tudi okolju prijazen.

10 VIRI

- Avsenik M. 1999. Primernost traktorja Massey Ferguson 375 – 4WD za delo v gozdu: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire). Ljubljana, samozaložba: 55 str.
- Černe B. 1996. Tehnične in ergonomske značilnosti traktorja Zetor 6340: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire). Ljubljana, samozaložba: 53 str.
- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Leskova dolina za leto 2004-2013. 2007. Postojna, Zavod za gozdove, Območna enota Postojna: 113 str.
- Jandl M. 2013. "Hydrostatski gozdarski zgibni traktor GT – 70. Pregled aktivnosti od ideje do uporabe gozdarskega stroja za spravilo lesa iz gozda." (osebni vir, 2013)
- Jovanović B. 2006. Potrošnja goriva kao pokazatelj proizvodnosti skidera. Nova mehanizacija šumarstva, 27: 3-22
- Košir B. 1997. Razvoj traktorja WOODY se nadaljuje. Gozdarski vestnik, 55: 365-369
- Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.
- Košir B. 2000. Lastnosti prenosa sil na podlago pri traktorju Woody 110. Gozdarski vestnik, 58: 139-145
- Košir B., Marenče J. 2007. Merjenje mejnih sposobnosti pri spravilu lesa navzgor z gozdarskim traktorjem WOODY 110. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 83: 59-62

Marenče J. 2005. Spreminjanje tehničnih parametrov traktorja pri vlečenju lesa – kriterij pri izbiri delovnega sredstva: doktorska disertacija (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire). Ljubljana, samozaložba: 271 str.

Marenče J., Košir B. 2006. Vpliv tehničnih parametrov gozdarskega traktorja ob njegovi izbiri. *Gozdarski vestnik*, 64: 213-226

Matthes R. K., Watson W. F., Savelle I. W., Sirois D. L. 1988. Effect of Load and Speed on Fuel Consumption of a Rubber-Tired Skidder. *Transaction of the ASABE*, 31: 0037-0039

Rebula E. 1989. Poraba goriva pri spravilu lesa s traktorji IMT 560 in IMT 567. *Sodobno kmetijstvo*, 22: 332-336

Woody 140 - osnovna navodila za upravljanje in vzdrževanje. 2012. Ljubljana, Vilpo: 21 str.

Zupančič M. 2008. Časovna študija spravila lesa s traktorjem John Deere 6220: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire). Ljubljana, samozaložba: 67 str.

Vilpo d.o.o.:

<http://www.vilpo.si/index.php?p=8> (31. 7. 2013)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Juriju Marenčetu za vso strokovno pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem asistentu dr. Antonu Pojetu za pomoč pri obdelavi podatkov.

Zahvalil bi se g. Frenku Kovaču, g. Jakobu Levcu in g. Ivanu Širci iz Gozdnega gospodarstva Postojna, ki so mi dovolili in omogočili zbiranje potrebnih podatkov na terenu.

Luki Krajncu gre velika hvala za takojšnjo pripravljenost za pomoč na terenu in za vse spodbudne besede pri pisanju naloge.

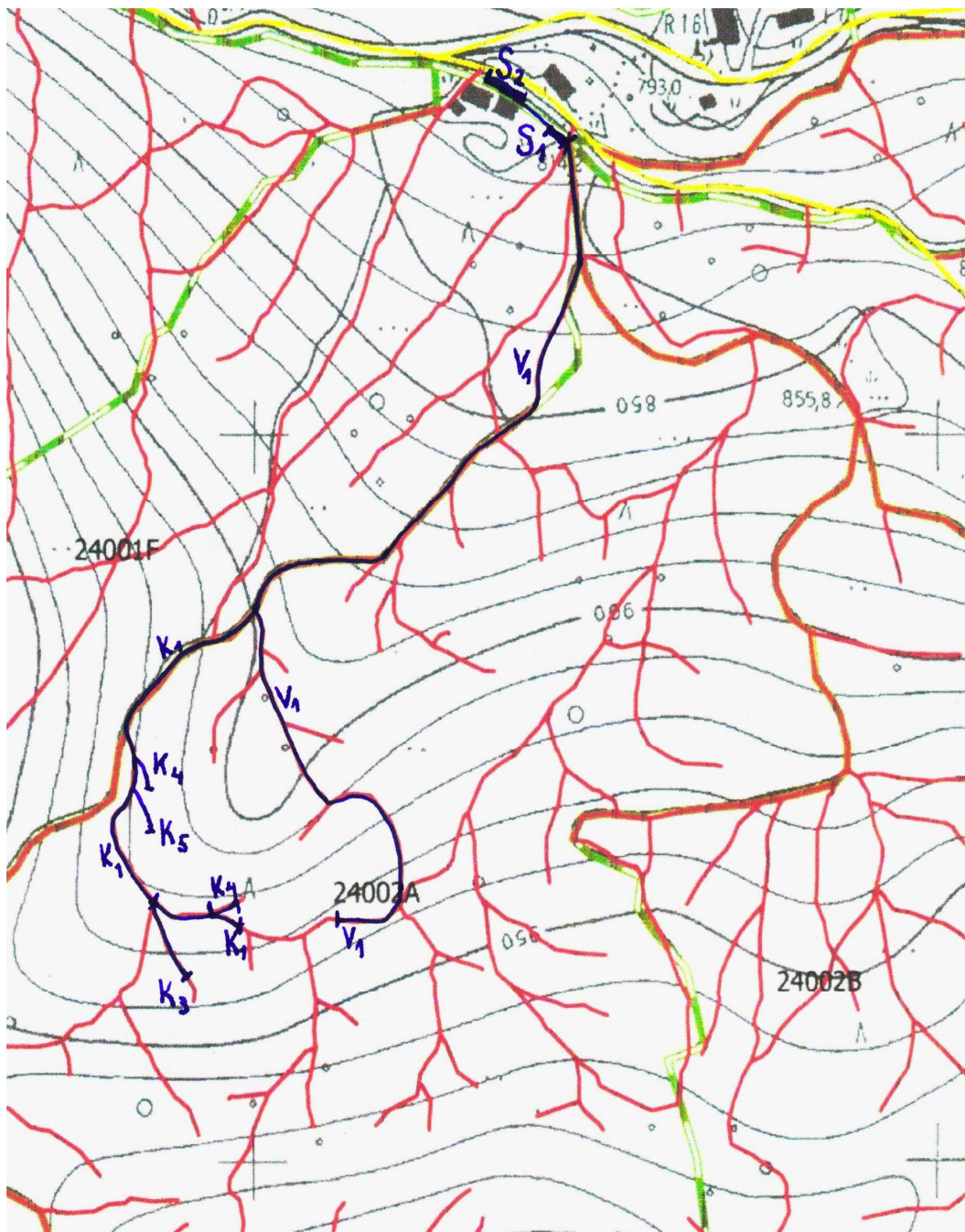
Posebej rad bi se zahvalil staršem in sestri, ki so mi tekom študija stali ob strani in mi stalno vliвали veliko mero optimizma.

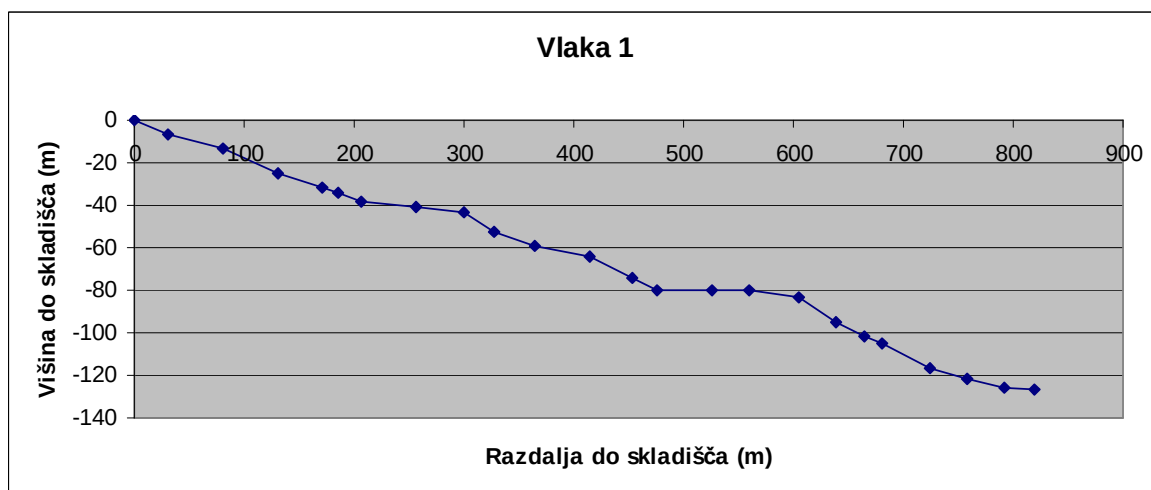
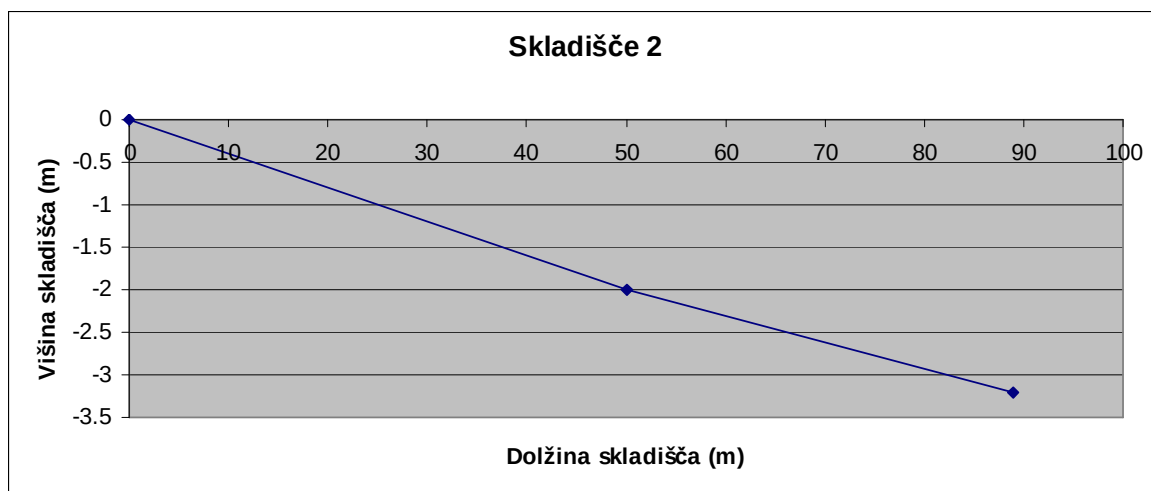
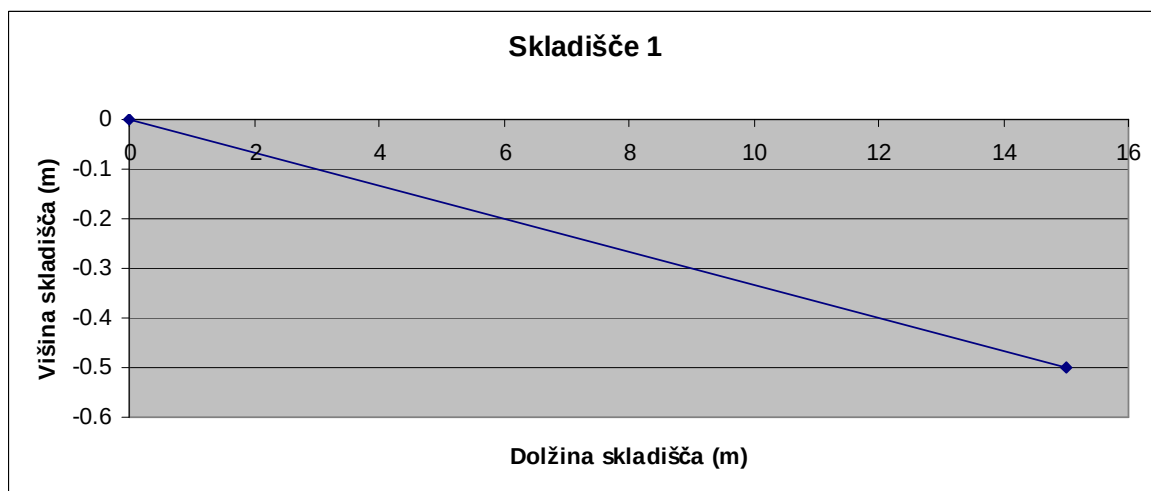
PRILOGE

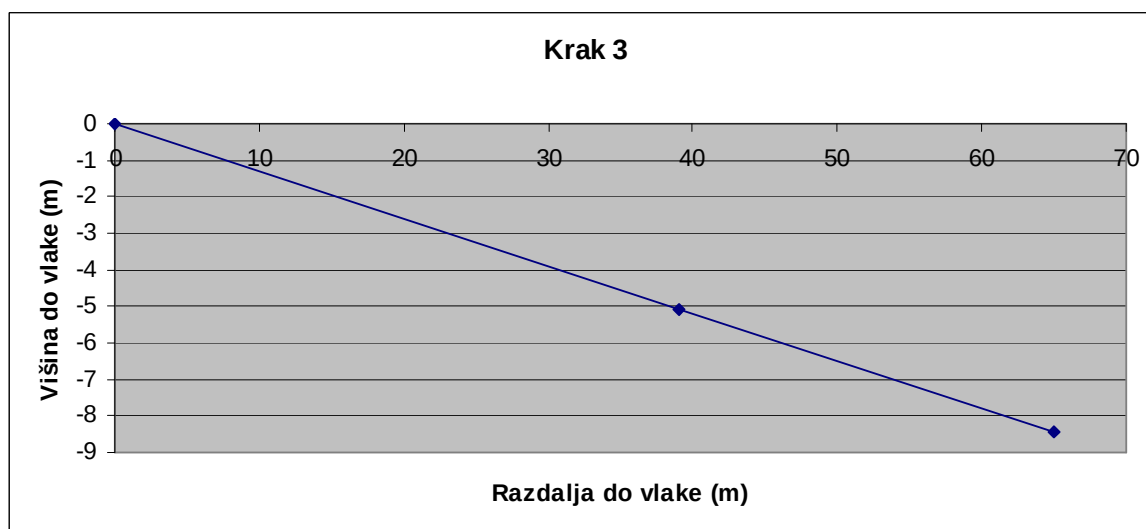
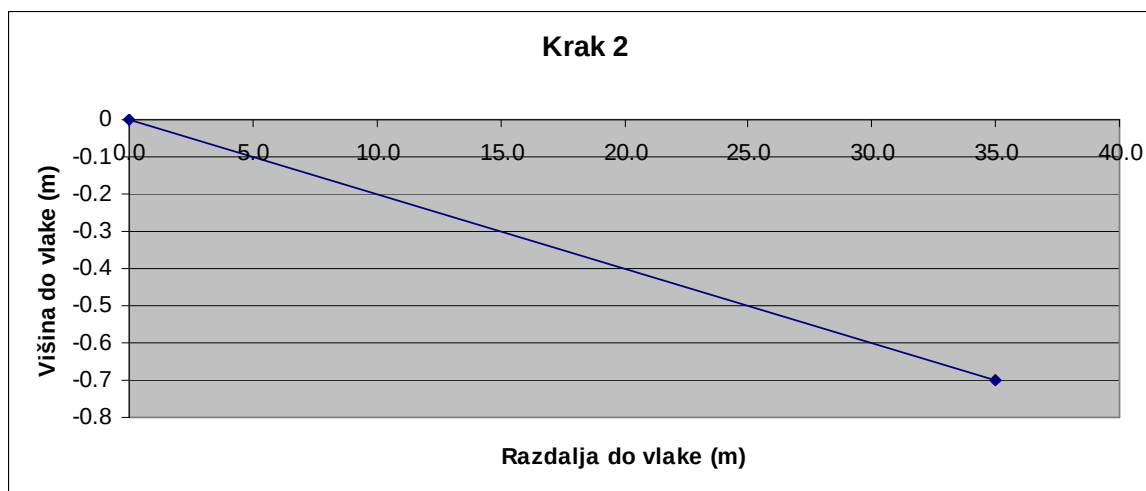
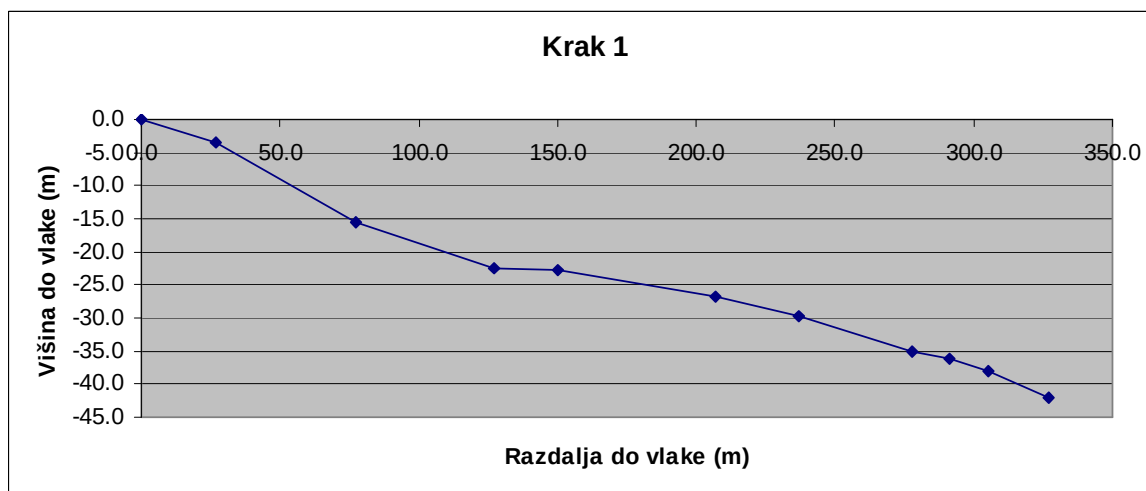
Priloga A: Karti delovišč in grafikoni vlak

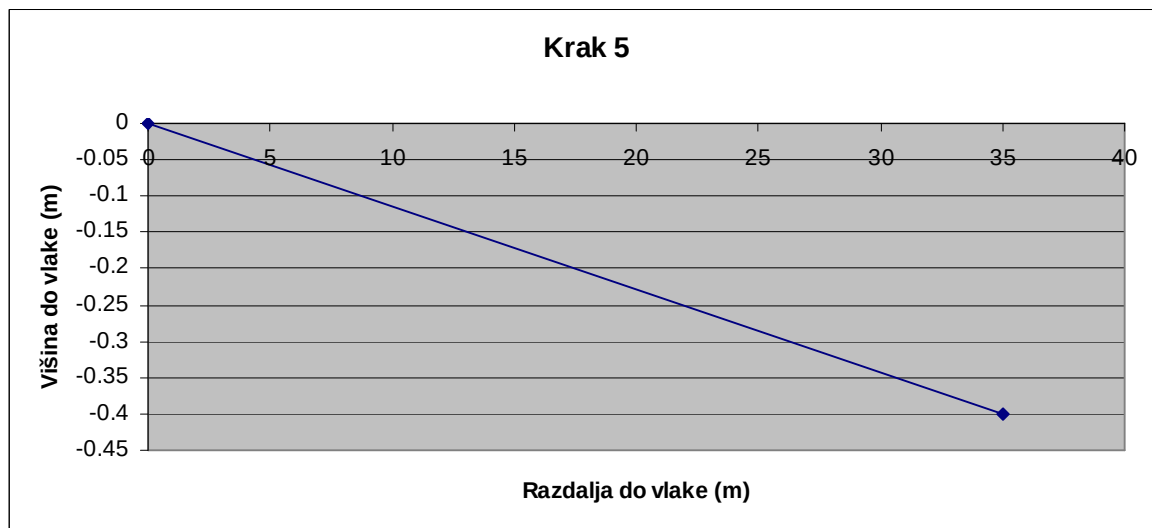
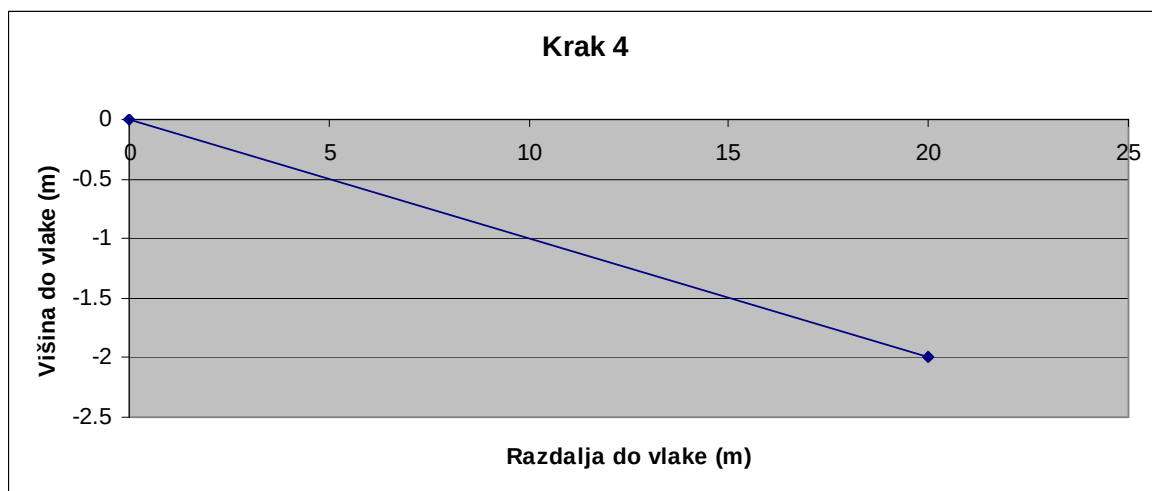
V prilogi sta prikazani karti z vrisanimi vlakami, po katerih je potekalo spravilo. Poleg so grafikoni, s katerimi smo prikazali vlake glede na višino in dolžino.

Delovišče 1 (spravilo navzdol):

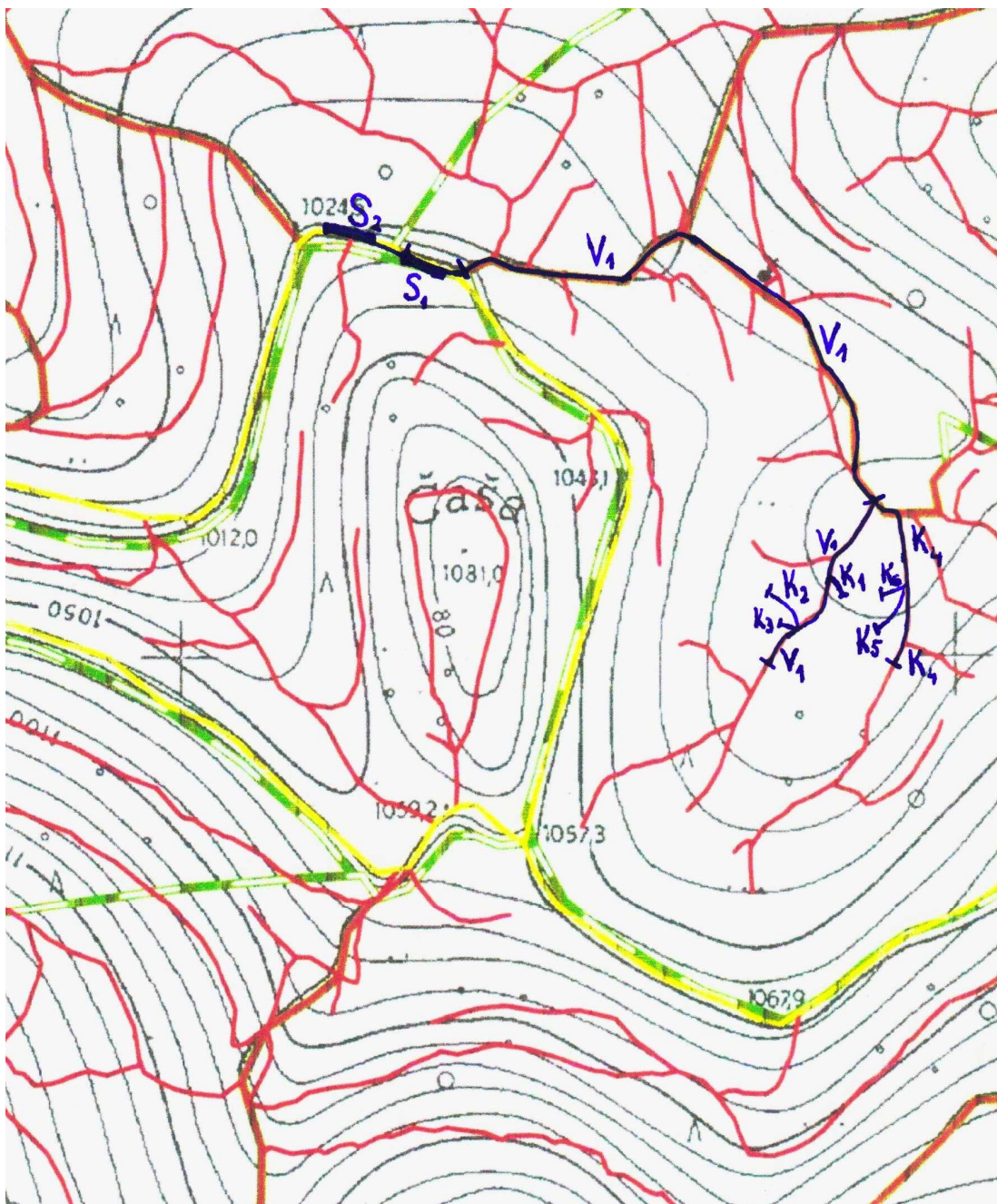


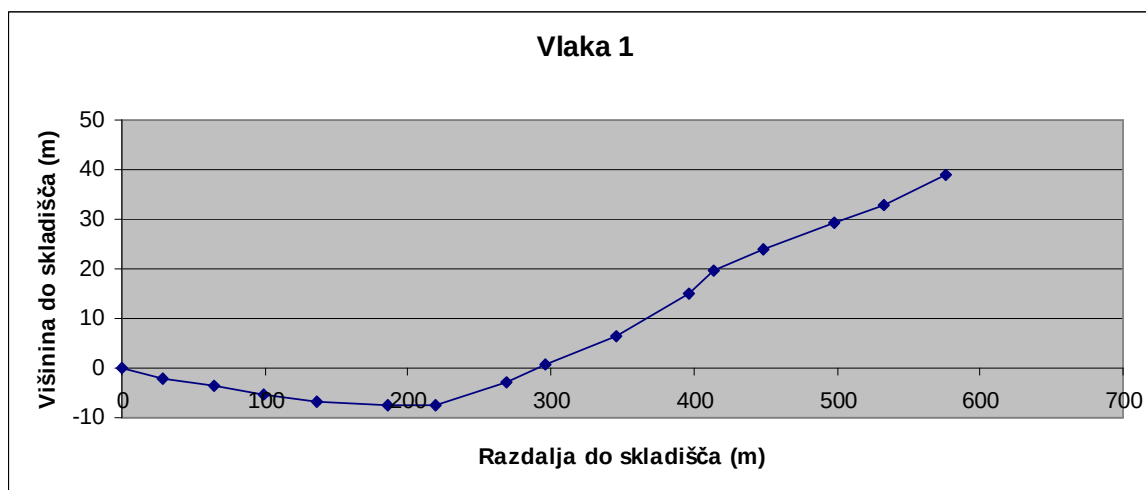
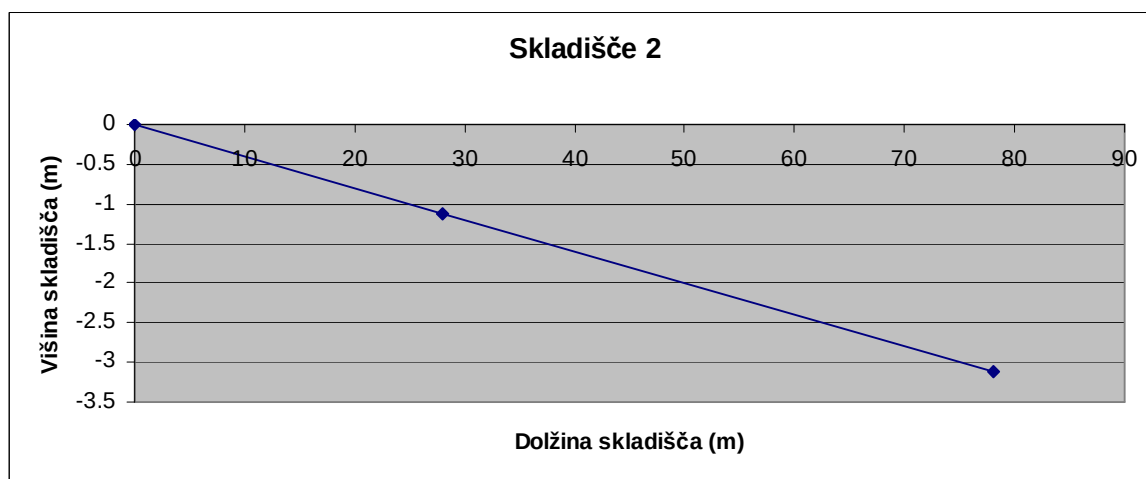
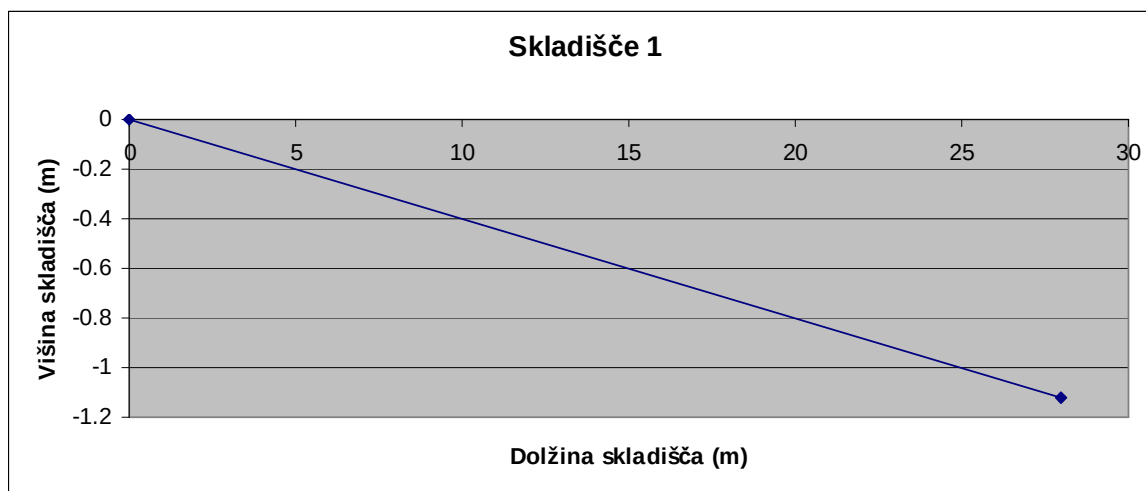


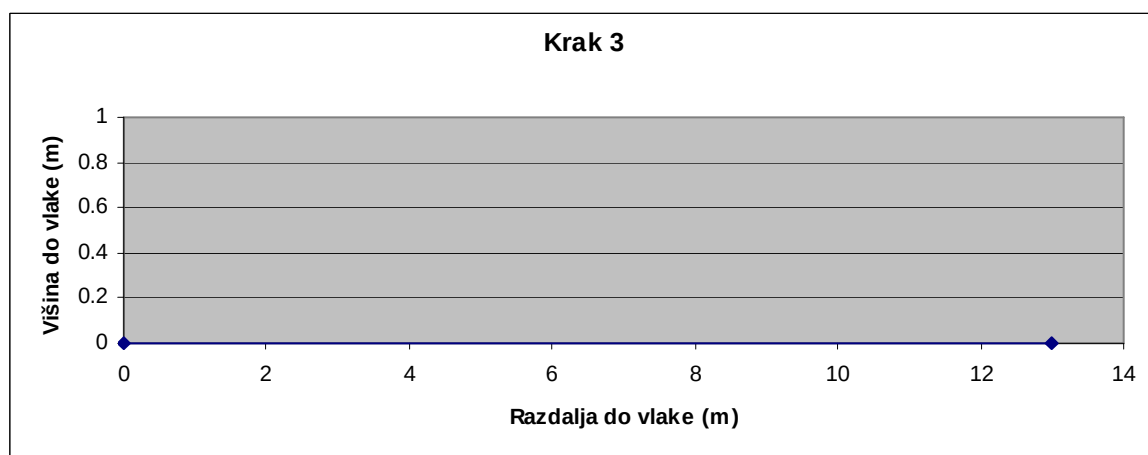
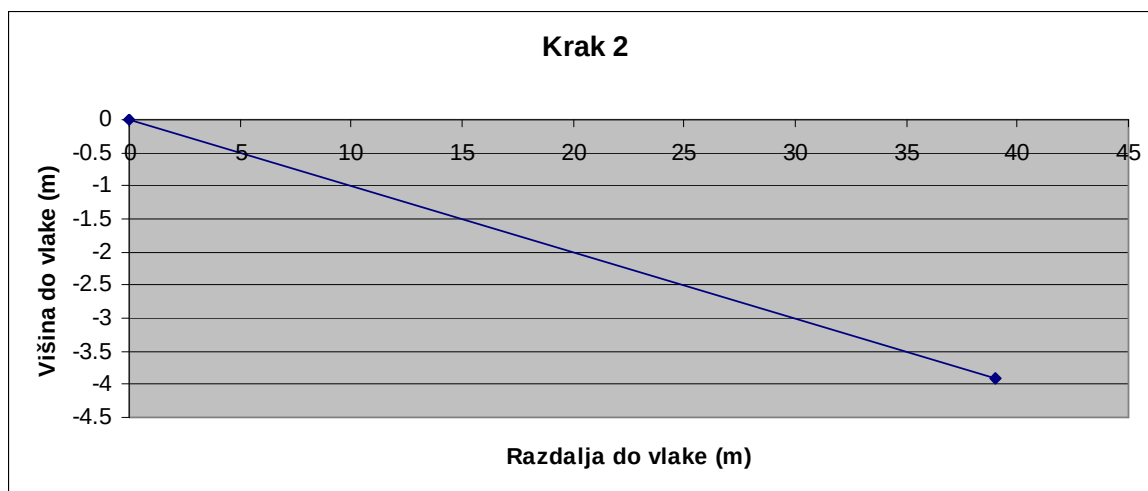
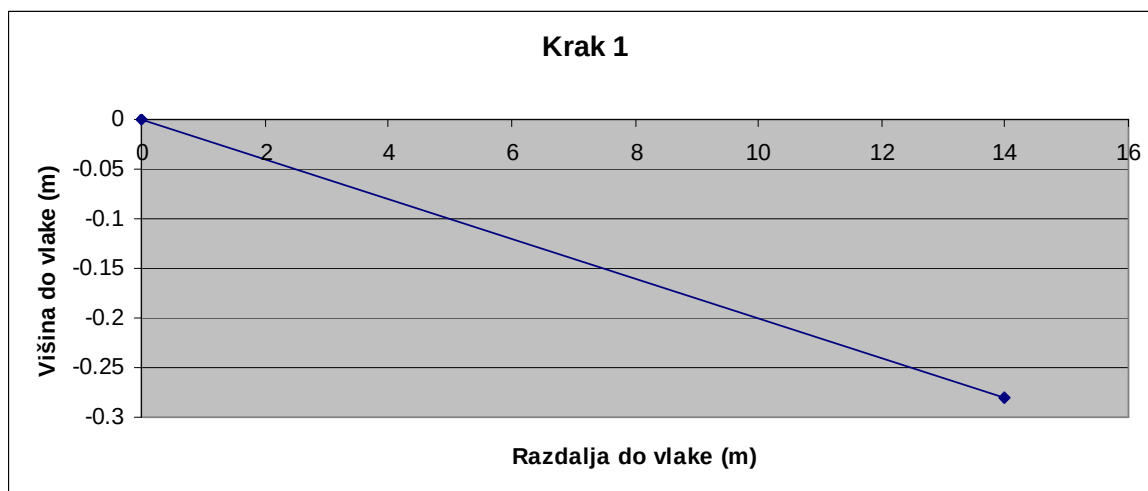


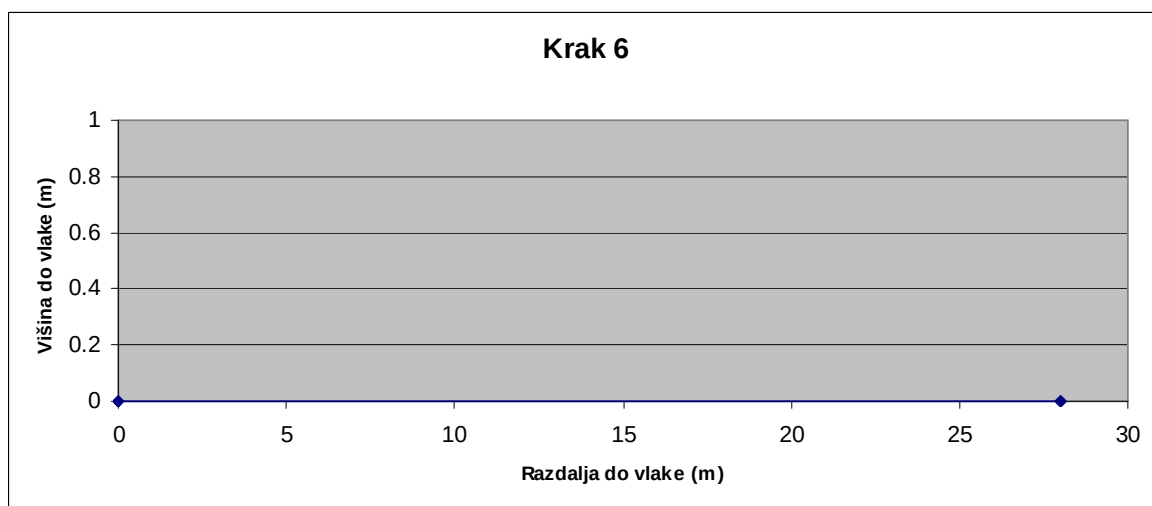
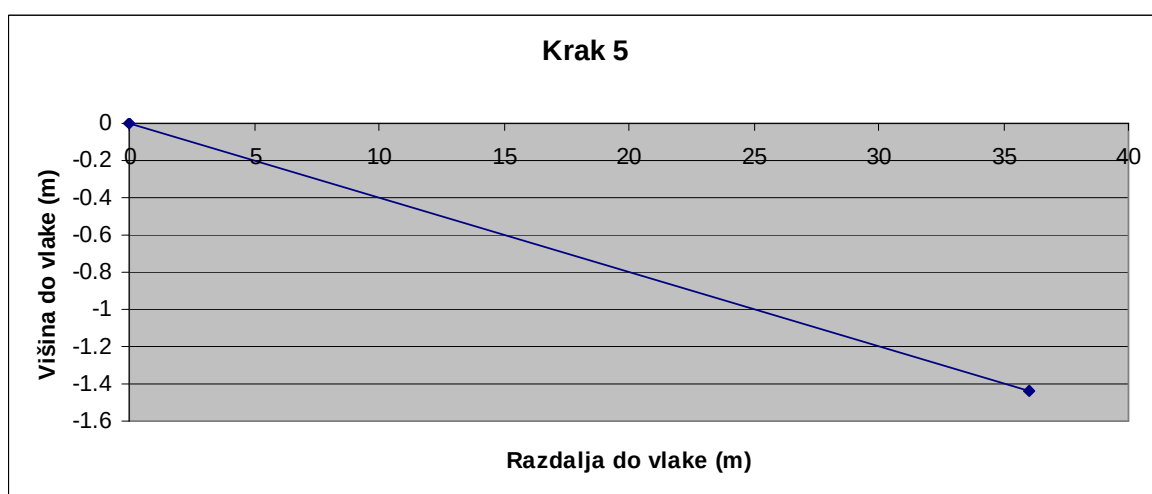
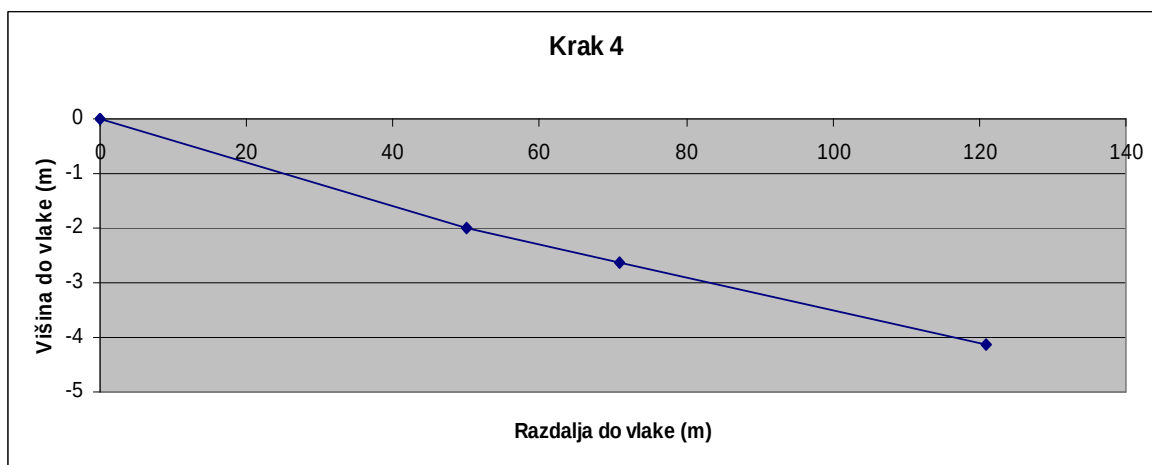


Delovišče 2 (spravilo navzgor):









Priloga B: Vprašalna pola za ergonomsko presojo gozdarskih strojev

Vprašalnik je bil izdelan na KWF Band XIX leta 1977. V slovenščino sta ga prevedla A. Golob in M. Lipoglavšek.

1. VSTOP IN IZSTOP	GT 70	110	140
1.1 Lahko stopnice udobno dosežemo? Ali so dovolj široke in globoke?	+	+	+
1.2 Preprečuje površina stopnic zdrsljaje?	+	+	+
1.3 So stopnice tako oblikovane, da jih ovire s tal ne morejo poškodovati?	+	+	+
1.4 Je za vstop in izstop dovolj ročajev? So smotno nameščeni?	0	0	+
1.5 Sta višina in širina vhoda dovolj veliki za udoben vstop in izstop?	0	+	+
1.6 Sta vstop in izstop brez ostrih robov in štrlečih delov?	+	+	+
1.7 Je delovni prostor (sedež, stojišče) dosegljiv, ne da bi voznika pri tem ovirala vodila stroja ali drugo?	+	+	+
1.8 Je v nujnem primeru mogoče nemudoma zapustiti stroj?	0	+	+
1.9 Drugi vidiki:			
Seštevek ugodnih rešitev	5	7	8
Seštevek delno ugodnih rešitev	3	1	0
Seštevek neugodnih rešitev	0	0	0
Skupaj doseženo točk	530	710	800

2. DELOVNI PROSTOR (KABINA)	GT 70	110	140
2.1 So notranje mere delovnega prostora (kabine) dovolj velike za udobno delo s strojem?	+	+	+
2.2 Je oblikovanost delovnega prostora varna glede ostrih robov, konic ali štrlečih delov?	+	+	+
2.3 Je celotna kabina pritrjena izolirano od karoserije?	+	+	+
2.4 So vsa okna iz varnostnega stekla?	+	+	+
2.5 Preprečujejo tla kabine zdrsljaje?	+	+	+
2.6 Je celotni delovni prostor stabilen in varen?	+	+	+
2.7 Drugi vidiki:			
Seštevek ugodnih rešitev	6	6	6
Seštevek delno ugodnih rešitev	0	0	0
Seštevek neugodnih rešitev	0	0	0
Skupaj doseženo točk	600	600	600

3. SEDEŽ	GT 70	110	140
3.1 Je namestitev sedeža smotrna?	+	+	+
3.2 Je sedež vrtljiv, če je potrebno?	-	-	+
3.3 Ima sedež smotrno naslonjalo?	+	+	+
3.4 Je sedež zadovoljivo vzmeten, duši tresljaje in ali je vzmeten nastavljivo?	+	+	+
3.5 So globina, širina, višina in nagib sedeža in naslonjala pravilni?	+	+	+
3.6 Sta nagib sedeža in naslonjala nastavljiva? Ju lahko zaustavimo v vsakem zahtevanem položaju?	0	0	+
3.7 Je oblika sedeža in naslonjala pravilna?	+	+	+
3.8 Sta sedež in naslonjalo zadovoljivo oblazinjena in iz primerne materiala?	+	+	+
3.9 So opore za roke in noge primernih oblik in na razpolago, če so potrebne?	0	+	+
3.10 Drugi vidiki:			
Seštevek ugodnih rešitev	6	7	9
Seštevek delno ugodnih rešitev	2	1	0
Seštevek neugodnih rešitev	1	1	0
Skupaj doseženo točk	621	711	900

4. KONTROLNI INSTRUMENTI	GT 70	110	140
4.1 Ima stroj za izvajanje dela potrebne instrumente?	+	+	+
4.2 Ali izbrani instrumenti ustrezajo svojemu namenu?	+	+	+
4.3 Je razporeditev instrumentov smotrna?	0	+	+
4.4 Dajejo instrumenti jasne, nedvoumne in koristne informacije?	+	+	+
4.5 So najpomembnejši in najpogostejše uporabljeni instrumenti v središčnem vidnem polju?	+	+	+
4.6 So vsi instrumenti nameščeni v taki razdalji, da jih je mogoče hitro in zanesljivo razbrati?	+	+	+
4.7 So razdelitve številčnic in označbe smotrno izbrane?	+	+	+
4.8 Sta ničelni položaj in smer gibanja kazalcev smiselna?	+	+	+
4.9 Ali obstajajo potrebni svarilni signali? Jih lahko zaznamo in ločimo med seboj?	0	+	+
4.10 Drugi vidiki:			
Seštevek ugodnih rešitev	7	9	9
Seštevek delno ugodnih rešitev	2	0	0
Seštevek neugodnih rešitev	0	0	0
Skupaj doseženo točk	720	900	900

5.	ELEMENTI ZA UPRAVLJANJE	GT 70	110	140
5.1	So vsi elementi smotrno razporejeni?	0	+	+
5.2	Ustrezajo izbrane vrste elementov svojemu namenu?	+	+	+
5.3	So elementi dobro vidni in jih je mogoče zlahka med seboj razlikovati?	+	+	+
5.4	Ali velikost, oblika, prijem in hrapavost (pedali) zagotavljajo varno ravnanje z elementi?	+	+	+
5.5	Je smer premikanja elementov logična?	+	+	+
5.6	Sta površina in okolica elementov brez ostrih robov?	+	+	+
5.7	Je možna, če je potrebno, hkratna uporaba raznih elementov brez težav?	+	+	+
5.8	So, če je smotrno, enaki elementi za enak postopek na različnih mestih na stroju?	+	+	+
5.9	Je upravljanje z elementi neoporečno pri uporabi rokavic in posebnih obuval?	+	+	+
5.10	Lahko dosežemo in upravljamo vse elemente brez ovir?	0	+	+
5.11	Je telesna obremenitev pri upravljanju elementov tako majhna kot je le mogoče?	0	+	+
5.12	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	8	11	11
	Seštevek delno ugodnih rešitev	3	0	0
	Seštevek neugodnih rešitev	0	0	0
	Skupaj doseženo točk	830	1100	1100

6.	VIDLJIVOST	GT 70	110	140
6.1	Lahko vidimo vozišče in predmet dela ne da bi morali obračati telo v neugodne položaje?	0	0	+
6.2	Lahko pri delu zasledujemo gibljive delovne priprave oziroma strojne naprave od začetka do konca delovnega giba?	+	+	+
6.3	So, če je potrebno, na stroju priključki (vtičnice) za delovne žaromete in ročne luči?	+	+	+
6.4	Zadovoljujejo žarometi, če so potrebni in na razpolago, zahteve glede števila, nastavljenosti in svetilnosti?	+	+	+
6.5	So vsi žarometi opremljeni s stabilnimi varovalnimi mrežami?	+	+	+
6.6	Obstaja osvetlitev notranjosti?	+	+	+
6.7	So na razpolago smotrni brisalci stekel?	+	+	+
6.8	Ima stroj, če je potrebno, napravo za sušenje in tajanje stekel?	-	-	+
6.9	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	6	6	8
	Seštevek delno ugodnih rešitev	1	1	0
	Seštevek neugodnih rešitev	1	1	0
	Skupaj doseženo točk	611	611	800

7.	ŠKODLJIVI VPLIVI	GT 70	110	140
7.1	Je delovni prostor zavarovan pred vremenskimi vplivi?	+	+	+
7.2	Lahko klimo v delovnem prostoru zadovoljivo uravnavamo (gretje, zračenje) ?	-	-	0
7.3	Je delovno mesto zadostno zavarovano pred umazanijo in vlago?	+	+	+
7.4	So delavci zavarovani pred obremenjenostjo in ogroženostjo zaradi plinov in par?	+	+	+
7.5	Je ropot, ki so mu delavci izpostavljeni, pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha?	+	+	+
7.6	Je ropot, ki dosega osebe v neposredni okolici stroja, pod mejo, pri kateri se je bati okvar sluha?	+	+	+
7.7	So delavci zavarovani pred zdravju škodljivimi in nevarnimi vplivi tresenja?	+	+	+
7.8	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	6	6	6
	Seštevek delno ugodnih rešitev	0	0	1
	Seštevek neugodnih rešitev	1	1	0
	Skupaj doseženo točk	601	601	610

8.	FIZIČNA IN PSIHIČNA OBREMENJENOST	GT 70	110	140
8.1	Smo se izognili pogosti ekstremni zahtevnosti dela?	+	+	+
8.2	Smo se izognili pretežno statičnim obremenitvam pri delu?	+	+	+
8.3	Lahko opravljamo delo s strojem brez zasukanj, pripognjenih ali drugače neugodnih položajev telesa?	0	0	0
8.4	Lahko domnevamo, da je telesna obremenitev med delom pod trajno dopustnimi mejami zmogljivosti?	+	+	+
8.5	Smo se izognili prevelikim zahtevam za vid in sluh?	+	+	+
8.6	Smo se pri izvajanju dela izognili preveliki duševni koncentraciji, pazljivosti in natančnosti?	0	+	+
8.7	Je možnost, da pri napačnem vodenju pride do usodnih posledic, tako majhna kot je le mogoče?	-	-	-
8.8	Obstaja možnost menjavanja delovnih nalog?	+	+	+
8.9	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	5	6	6
	Seštevek delno ugodnih rešitev	2	1	1
	Seštevek neugodnih rešitev	1	1	1
	Skupaj doseženo točk	521	611	611

9.	VARNOST	GT 70	110	140
9.1	So delavci dovolj zavarovani pred padajočim in vdirajočimi predmeti?	+	+	+
9.2	Je dovolj smotrnih varovalnih in varnostnih naprav?	0	0	0
9.3	Je stroj, da je potrebno, opremljen z radijsko vezo in klicem v sili?	-	-	-
9.4	So delavci pri poškodbah hidravličnih naprav zavarovani pred morebitnim brizganjem olja?	+	+	+
9.5	So pri delu in predelavi zdravju škodljivih snovi tesnila in varovala proti iztekanju teh snovi zadovoljiva?	/	/	/
9.6	Lahko, če jih potrebujemo, montiramo priklopnike in priključke enostavno in zanesljivo?	-	0	+
9.7	Je na razpolago material za nudenje prve pomoči?	+	+	+
9.8	So na razpolago varnostni pasovi, če so potrebni?	-	-	-
9.9	Je na razpolago primeren, lahko dostopen gasilni aparat?	+	+	+
9.10	So ventili kolesnih zračnic zavarovani pred poškodbami?	+	+	+
9.11	Sta rezervoar in pokrov rezervoarja za gorivo na varnem delu stroja?	+	+	+
9.12	Je stroj dovolj zavarovan pred zlorabo nepoklicanih?	+	+	+
9.13	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	7	7	8
	Seštevek delno ugodnih rešitev	1	2	1
	Seštevek neugodnih rešitev	3	2	2
	Skupaj doseženo točk	713	722	812

10.	NAVODILA ZA UPRAVLJANJE	GT 70	110	140
10.1	Je na stroju dovolj navodil za upravljanje, varnost in vzdrževanje stroja?	+	+	+
10.2	So navodila nameščena na primernem mestu, so dovolj vidna, jasna in razumljiva?	+	+	+
10.3	Obstaja pisano navodilo za upravljanje, je stalno pri roki, v vseh pogledih uporabno in lahko razumljivo?	-	-	+
10.4	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	2	2	3
	Seštevek delno ugodnih rešitev	0	0	0
	Seštevek neugodnih rešitev	1	1	0
	Skupaj doseženo točk	201	201	300

11.	NEGA IN POPRAVILA	GT 70	110	140
11.1	So vsi deli stroja, ki jih je treba doseči pri tekočem vzdrževanju, lahko dosegljivi in vidni?	+	+	+
11.2	Je zagotovljeno za vzdrževalna dela vedno varno stojišče?	0	0	0
11.3	Je za vzpenjanje do varnih stojišč na razpolago dovolj stopnic, lestev in ročajev?	/	/	/
11.4	So za vzdrževanje potrebna stojišča in take stopnice, da preprečujejo zdrsljaje?	/	/	/
11.5	Lahko opravimo vzdrževalna dela brez nevarnosti poškodb ob koničastih, ostrih in štrlečih delih stroja?	+	+	+
11.6	Lahko opravimo vzdrževalna dela brez dvigovanja ali premikanja težkih predmetov (pokrovov)?	0	0	0
11.7	Lahko opravimo vzdrževalna dela, ne da bi se močno umazali z oljem ali mastjo?	0	0	0
11.8	Je na stroju dovolj orodja ali rezervnih delov?	+	+	+
11.9	So zaboji za orodje in rezervnimi deli na primernem delu stroja in jih moremo zapreti?	+	+	+
11.10	Vsebujejo navodila za upravljanje dovolj podatkov za nego in popravila?	+	+	+
11.11	Obstoji spisek rezervnih delov?	+	+	+
11.12	Drugi vidiki:			
	Seštevek ugodnih rešitev	6	6	6
	Seštevek delno ugodnih rešitev	3	3	3
	Seštevek neugodnih rešitev	0	0	0
	Skupaj doseženo točk	630	630	630

Ocenjevalno področje	Skupaj možnih točk	Ugodne rešitve			Sprejemljive rešitve			Neugodne rešitve		
		70	110	140	70	110	140	70	110	140
1. Vstop in izstop	8	5	7	8	3	1	0	0	0	0
2. Delovni prostor	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
3. Sedež	9	6	7	9	2	1	0	1	1	0
4. Kontrolni instrumenti	9	7	9	9	2	0	0	0	0	0
5. Elementi za upravljanje	11	8	11	11	3	0	0	0	0	0
6. Vidljivost	8	6	6	8	1	1	0	1	1	0
7. Škodljivi vplivi	7	6	6	6	0	0	1	1	1	0
8. Fizična in psihična obremenjenost	8	5	6	6	2	1	1	1	1	1
9. Varnost	11	7	7	8	1	2	1	3	2	2
10. Navodila za upravljanje	3	2	2	3	0	0	0	1	1	0
11. Nega in popravila	9	6	6	6	3	3	3	0	0	0
Seštevek vseh rešitev	89	64	73	80	17	9	6	8	7	3
Delež vseh rešitev [%]	100	72	82	90	19	10	7	9	8	3