

l-462

**RAZVOJ IN PROMOCIJA GOZDARSKEGA ZGIBNEGA  
TRAKTORJA WOODY NEW**

**(ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKAV)**

**LJUBLJANA 2000**

UNIVERZA V LJUBLJANI  
GOZDARSKA KNJIŽNICA

K E

462

377.44 woody 110+301:302:305/307(497.12)



22000001860

COBISS 0



lm = 3520  
ID = 613030

Naslov projekta: RAZVOJ IN PROMOCIJA GOZDARSKEGA ZGIBNEGA TRAKTORJA  
WOODY NEW

Izvajalci:

BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODD. ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Večna pot 82

1000 Ljubljana

Tel.: (061) 123 11 61

Fax.: (061) 271 169

GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Večna pot 2

1000 Ljubljana

Tel.: (061) 200 78 00

Fax.: (061) 273 589

GOZDNO GOSPODARSTVO POSTOJNA

Vojkova ulica 9

6230 Postojna

Tel.: (067) 25 222

Fax.: (067) 23 250

VILPO d.o.o.

Komenskega ulica 14

1000 Ljubljana

Tel.: (061) 131 11 83

Fax.: (061) 131 12 93

Sodelavci:

doc.dr. Boštjan KOŠIR, univ.dipl.inž.gozd.

prof.dr Marijan LIPOGLAVŠEK, univ.dipl.inž.gozd.

dr. Janez KRČ, univ.dipl.inž.gozd.

mag. Jurij MARENČE, univ.dipl.inž.gozd.

Darko KLOBUČAR, inž.gozd.

Jure PCKORN

mag. Mirko MEDVED, univ.dipl.inž.gozd.

mag. Robert ROBEK, univ.dipl.inž.gozd.

Robert KRAJNC, inž.gozd.

Peter JEŽ, univ.dipl.inž.gozd.

Nevijo FRANK, univ.dipl.inž.gozd.

Roman POGAČAR, univ.dipl.inž.stroj.

Poročilo pripravili:

Redakcija:

doc.dr. Boštjan KOŠIR, univ.dipl.inž.gozd.

Tehnično urejanje:

Darko KLOBUČAR, inž.gozd.

Razmnoženo v 6 izvodih

Ljubljana, Februar 2000

## KAZALO

KDI .....	4
PREDGOVOR .....	5
 Boštjan KOŠIR	
LASTNOSTI PRENOSA SIL NA PODLAGO PRI TRAKTORJU WOODY 110.....	6
 Boštjan KOŠIR, Janez KRČ	
ŠTUDIJ ČASA PRI SPRAVILU LESA Z TRAKTORJEM WOODY 110 .....	17
 Marijan LIPOGLAVŠEK	
ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJA WOODY 110.....	44
 Mirko MEDVED	
SRČNI UTRIP KOT OSNOVA ZA ŠTUDIJ FIZIČNIH OBREMENITEV DELAVCA PRI SPRAVILU LESA .....	75
 Boštjan KOŠIR	
POŠKODBE DREVJA PRI SPRAVILU LESA.....	88
 Robert ROBEK	
OVREDNOTENJE EKOLOŠKIH VIDIKOV OBRATOVANJA TRAKTORJA WOODY 110 .....	106
 Jurij MARENČE	
UGOTAVLJANJE TEHNIČNIH ELEMENTOV TRAKTORJA WOODY 110 PRI DELU V GOZDNI PROIZVODNJI - METODOLOGIJA IN MERILNI INSTRUMENTI .....	116
 Nevijo FRANK, Peter JEŽ	
GOSPODARNOST DELA IN IZKORIŠČENOST DELOVNEGA ČASA TRAKTORJA WOODY 110.....	127

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD rp
- DK GDK 377.44 woody 110 + 301:302:305/307(497.12)
- KG spravilo lesa /gozdarski traktor /Woody /ergonomija /študij časa /poškodba drevja /obremenitev delavca /izpušni plin /poškodba tal /kalkulacija
- KK
- AV Boštjan Košir/ Marjan Lipoglašek/ Janez Krč/ Jure Marenče/ Medved Mirko/ Robert Robek/ Peter Jež/ Nevio Frank
- SA
- KZ 1001 Ljubljana, Slovenija, Večna pot 83
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
- LI 2000
- IN Zaključno poročilo raziskav na projektu Razvoj in promocija gozdarskega zgibnega traktorja Woody New
- TD raziskovalno poročilo
- OP 137s., 30 tab., 23 graf., 53 sl., 12 pril., 22 ref.
- IJ SI
- JI SI
- AI V l. 1999 so potekale raziskave na dveh traktorjih Woody 110, ki jih je nabavilo Gozdno gospodarstvo Postojna d.d. Oba zgibna traktorja sta imela daljinsko vodeni vitel, eden pa je imel poleg tega še daljinsko vodeno upravljanje traktorja. Oba traktorja sta delala v redni proizvodnji v sestojih visokega krasa na snežniškem masivu. Raziskave so bile sestavljene iz naslednjih sklopov: študij časa, meritve tresenja in ropota, ergonomska ocena primernosti traktorjev, obremenitve delavcev pri spravilu lesa (meritve srčnega utripa), meritve sestave izpušnih plinov, meritve zbijanja gozdnih tal pri vožnji s traktorjem, izkoriščenost delovnega časa in kronika dela, kalkulacije stroškov dela. Rezultati meriteve kažejo, da je traktor zelo učinkovit zlasti pri vlačanju lesa navzgor. Organizacija dela na delovišču in delovne razmere so zahtevale večjo porabo časa pri pomožnem produktivnem času. Daljinsko vodenje traktorja je prednost, vendar je ergonomsko in stroškovno nismo uspeli ovrednotiti. Ergonomske značilnosti so povečini ugodnejše od drugih traktorjev, vendar smo predlagali številne izpopolnitve. Zbijanje tal pri prazni vožnji po brezpotju je podobna kot pri zgibniku Belt. Sestava izpušnih plinov je ugodnejša kot pri traktorju Belt. Oba traktorja sta imela razmeroma malo okvar, vendar bi način servisiranja in odpravljanja okvar lahko izboljšali, če bi imeli ustreznna navodila za uporabo in več izkušenj. Predlagamo, da bi se nekatere raziskave nadaljevale še v l. 2000.

## PREDGOVOR

Poročilo, ki je predstavljeno v tem zvezku, je namenjeno nosilcu projekta: Razvoj in promocija gozdarskega zgibnega traktorja Woody New, VILPO d.o.o. in s tem predvsem internim razpravam o rezultatih raziskav med vsemi sodelujočimi. Hkrati pomeni konec kratkega raziskovalnega obdobja, v katerem so štiri raziskovalni timi sodelovali s skupnim ciljem, kako z različnih strani ovrednotiti gozdarski traktor, ki se s svojimi lastnostmi že uveljavlja v mednarodnem okolju. To poročilo zajema rezultate, do katerih so prišli strokovnjaki in raziskovalci Biotehniške fakultete, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Gozdarskega inštituta Slovenije, Gozdnega gospodarstva Postojna d.d. Vsi, ki smo sodelovali pri projektu, se že dalj časa ukvarjamo s proučevanjem gozdarske mehanizacije in tehnoloških procesov z različnih vidikov. Vemo, da je doslej zelo redko prišlo do tako tesnega in vsestranskega sodelovanja med konstrukterji, uporabniki strojev in raziskovalci v takšni obliki, kot se je to zgodilo pri tem projektu. Zahvala za to gre v prvi vrsti financerjem projekta in seveda predlagatelju – VILPO d.o.o. Ugotovimo lahko tudi, da je vsak izmed sodelujočih timov opravil svojo nalogo korektno v skladu z zadanimi cilji in možnostmi.

Projekt je bil v začetku zamišljen kot triletni, vendar se je kasneje izkazalo to za nemogoče. S tem je bila narejena velika škoda, ki jo bo morda mogoče še odpraviti, vendar šele z dodatnimi napori. Ob tem bi veljalo poudariti nekaj dejstev, ki kažejo na nekatere slabosti pri poteku raziskav. Uvajanje novih strojev v gozdno proizvodnjo je zamotan proces, še posebej če gre za novosti, ki spreminjajo utečene oblike dela, ki so jih delavci navajeni. To se je izkazalo tudi v tem primeru, saj je tekom opazovanj vse bolj postajalo očitno, da ni mogoče pričakovati, da bi se strojnik, ki je vozil povsem daljinsko vodeni traktor, še v teku poskuza nanj navadil v zadovoljivi meri. Določeni zaključki, ki smo si jih obetali, so zato ostali delno nedorečeni in prav na ta sklop raziskav mislimo, ko predlagamo, da bi se raziskave nadaljevale. Poseben problem se tiče primerjav med različnimi traktorji, ki jih uporabljamo v izjemno pestrih sestojnih in terenskih razmerah. V tako kratkem času je skoraj nemogoče zajeti v zadovoljivi meri dovolj velik razpon najpomembnejših spremenljivk; glede primerjav pa velja enak zaključek: narejene so v okviru možnosti, ki so bile na voljo. Menim, da je pomemben dosežek projekta – gledano vsaj z gozdarske plati – kompleksno vrednotenje uporabe novega traktorja v naših razmerah. Poleg že dovolj utečenih ergonomskih raziskav, obremenitev delavcev ter študija časa, smo posvetili precej pozornosti tudi nekaterim ekološkim parametrom, od katerih so vsaj nekateri novost pri naših raziskavah. Žal v sklopu tehničnih meritev nismo uspeli raziskav pripeljati do konca, ker nas je prehitel čas.

Povedano ne zmanjšuje pomena takšnih raziskav, temveč kaže bolj na njihovo težavnost. To je potrebno upoštevati tako pri branju tega poročila, kot pri načrtovanju skupnih raziskav v prihodnosti.

Dr. Boštjan Košir

Ljubljana, februar, 2000

**Boštjan KOŠIR**

**LASTNOSTI PRENOSA SIL NA PODLAGO PRI TRAKTORJU WOODY 110**

Kazalo

1	UVOD .....	7
2	PRENOS MOČI OD MOTORJA DO KOLES .....	7
3	METODE PROUČEVANJA TRAKTORJA WOODY.....	10
4	REŠITVE PRI TRAKTORJU WOODY 110 .....	12
5	ZAKLJUČKI .....	16
6	REFERENCE.....	16

## 1 UVOD

V Sloveniji prevladuje traktorsko spravilo lesa s prilagojenimi kolesnimi traktorji. Delež posebnih gozdarskih zgibnikov v zadnjem času nekoliko narašča, čeprav je njihova ekonomičnost pogojena z zahtevnejšo organizacijo dela in omejena na posebne delovne razmere, v katerih pridejo do izraza njihove prilagoditve za delo v gozdu. Vrednostno sta obe skupini traktorjev nekako izenačeni, saj se nabavna vrednost novega zgibnika za več kot dvakrat večja od novega prilagojenega traktorja. Pri obeh skupinah traktorjev se pogosto postavlja vprašanje zamenjave starejših strojev z novejšimi. Pri prilagojenih kolesnikih je to vprašanje postalo aktualno nekoliko prej, saj se je trg nekdanjih prevladujočih znamk traktorjev skoraj v celoti zaprl (IMT- Srbija), poleg tega pa ti traktorji povečini zdržijo v gozdni proizvodnji manj časa, kot zgibniki in jih je potrebno pogosteje menjavati.

Problemi pri menjavi zgibnih traktorjev so precej različni in svojstveni (KLOBUČAR/KOŠIR, 1999). Pri teh traktorjih kupimo - lahko nekoliko modificiran - a še vedno takorekoč gotov izdelek, saj ko je traktor kupljen, ne spreminjamo več njegove uporabnosti, nikakor pa ne moremo spreminjati osnovnih tehničnih značilnosti. Med novimi zgibniki, ki smo jih uvedli v proizvodnjo v zadnjih desetih letih prevladujejo japonski Iwafuji (največ tip T41), vendar je bilo tudi nekaj poskusov z drugimi znamkami (LKPT, IWA, Timberjack). V l. 1998 sta pričela pri spravilu lesa delati tudi dva zgibnika slovenske proizvodnje - WOODY 110. Eden je v celoti daljinsko krmiljen (traktor in vitel), drugi pa ima daljinsko krmiljeni vitel. Ostale tehnične značilnosti obeh traktorjev so enake (KOŠIR, 1998, KOŠIR, LIPOGLAVŠEK, 1999). Z nabavo teh traktorjev je stekel tudi razvojni projekt pri katerem sodelujejo proizvajalec VILPO d.d., Gozdno gospodarstvo Postojna d.d., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire in Gozdarski inštitut Slovenije. Traktor WOODY proučujemo v projektu Razvoj in promocija traktorja WOODY New. Namen tega članka je prikazati nekatere tehnične karakteristike in rešitve pri novem traktorju, vendar bomo omenili tudi druge metode proučevanja spravila lesa s tem traktorjem, katerih rezultati bodo sledili v strokovni literaturi kasneje.

## 2 PRENOS MOČI OD MOTORJA DO KOLES

Prenos sil na podlago je problem, s katerim se srečujejo gozdarji od začetka uvajanja traktorskega spravila. Učinkovit prenos vlečnih sil na podlago je močno odvisen od podlage ter porazdelitve mase traktorja in bremena na pogonske osi, od ureditve transmisije na traktorju, vrste pnevmatik in vrste pogona. Največje sile, ki jih razvijemo pri spravilu lesa, so na ravni podlagi odvisne od obtežitve osi traktorja in koeficienta adhezije, slednji pa je odvisen od vrste pogona (gosenični, kolesni), hitrosti vlačjenja in lastnosti podlage (vrsta, vlažnost). Cilji, ki jih pri tem zasledujemo so:

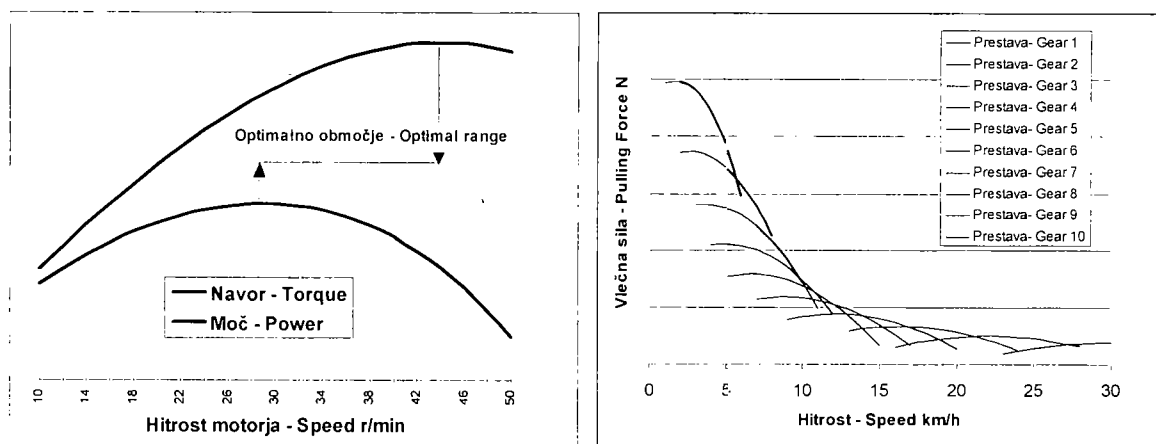
- pri majhnih hitrostih želimo imeti na kolesih velike vlečne sile, ki so potrebne za premik traktorja in bremena iz mirujočega položaja;
- pri večjih hitrostih so te sile lahko manjše, a še vedno dovolj velike za premik traktorja in bremena;
- pri vseh hitrostih se želimo izogniti zdrsu, ki pomeni poleg izgube energije tudi trganje gomijih plasti podlage.



Tem ciljem se najbolje prilagajajo zgibni gozdarski traktorji s približno porazdelitvijo mase neobremenjenega traktorja: polovico na prednjo in polovico na zadnjo os. Pri vlačanju bremena je zadnja os seveda močnejše obremenjena od prednje, vendar imajo prednja pogonska kolesa v večini razmer še vedno dovolj velik stik s tlemi, da pride prednji pogon do polnega izraza. Teoretično predstavljamo lastnosti traktorja pri vlačanju z odvisnostjo med vlečnimi silami in hitrostjo vožnje. Slednja je omejena navzgor s 30km/h, vendar je očitno, da pri vožnji po gozdni vlaki pridejo v poštev precej manjše hitrosti tja do največ 10km/h (prazna vožnja v ugodnih okoliščinah). Za prenos sil na podlago je zato odločilna izbira hitrosti in s tem vlečne sile s pomočjo transmisije tako, da je oboje prilagojeno trenutnim delovnim razmeram na traktorski vlaki. Prenosi moči oz. sil od motorja do koles so vzrok mnogih razlik v voznih lastnostih traktorjev in drugih delovnih strojev. Poznamo mehanski in hidravlični prenos sil, pri zadnjem pa ločujemo hidrodinamične in hidrostatične sisteme. Obstajajo tudi različne kombinacije, kot npr.:

1. Motor - mehanski sistem - kolo
2. Motor - hidrodinamični - mehanski sistem - kolo
3. Motor - hidrodinamični - hidrostatski sistem - kolo
4. Motor - hidrostatski - mehanski sistem - kolo
5. Motor - hidrostatski sistem - kolo

Optimalno delovno območje hitrosti delovanja motorja je med točko maksimalnega vrtilnega momenta in točko maksimalne moči motorja (slika). V vsaki prestavi - če gre za mehanski menjalnik - določa vrtilni moment skupaj s celotnim prestavnim razmerjem in dolžino ročice (polmer pogonskega kolesa) vlečne sile na pogonskem kolesu. Celotno prestavno razmerje je določeno z razmerjem vrtljajev motorja v primerjavi z vrtljaji kolesa in je urejeno s fiksnimi prestavnimi razmerji reduktorjev in diferenciala ter spremenljivim prestavnim razmerjem menjalnika. S prestavnimi razmerji pomembno zmanjšamo hitrost vrtenja koles (do 0,5r/s) v primerjavi s hitrostjo vrtenja motorja (nad 35r/s) in s tem znatno povečamo vrtilni moment (od okoli 300 do 30.000 in več Nm).

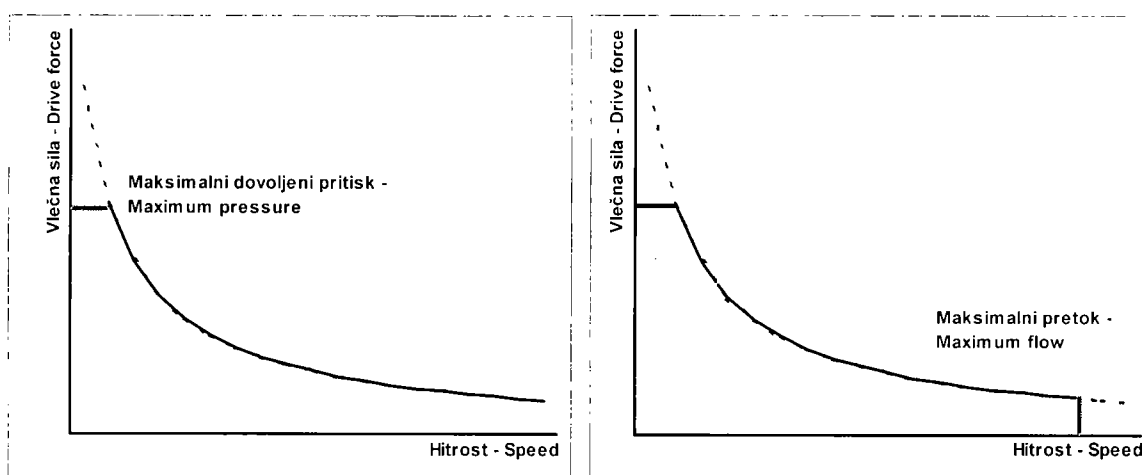


Slika 1: Optimalno delovno območje obratov motorja ter optimalna delovna območja hitrosti glede na odvisnost vlečne sile od hitrosti v posameznih prestavah pri mehanskem menjalniku (EINAR 1989)

Od prenosnega razmerja neke prestave je odvisno, kolikšna je dejanska hitrost vozila in kolikšne so pri tem vlečne sile. V praksi je težko doseči gladke prenose vzdolž krivulje, ki opisuje odvisnost vlečne sile in hitrosti. Velika prednost traktorja z mehanskim prenosom sil je, če ima menjalnik večje število prestav, s katerimi prilagajamo hitrost in vlečne sile trenutnim potrebam pri vožnji. Pri mehanskih transmisijah lahko kombiniramo tudi več menjalnikov (npr.: menjalnik s 5 prestavami x 2 prestavi = 10 prestav) in dobimo s tem različne kombinacije hitrosti in vlečne sile (slika 1).

Hidravlika omogoča posebno vrsto prenosa, ki daje v kombinaciji z mehanskimi prenosi odlične rezultate. Že hidrodinamičen prenos sil od motorja do menjalnika ima vrsto prednosti, vendar ima tak način izrazite pomanjkljivosti glede izkoristka prenosa in s tem porabe goriva. Teoretični odvisnosti med silo in hitrostjo se najboljše približajo traktorji s hidrostatskim pogonom. Takšen prenos ni novost in je pri gozdarski mehanizaciji udomačen pri večjih strojih skandinavske tehnologije. Vir moči pri hidrostatskem pogonu je črpalka s spremenljivim naklonom črpanja, ki je priključena na ustrezen diesel motor. Črpalka ustvarja tlak in pretok olja, ki žene hidromotorje. Ti nato ženejo neposredno posamezna kolesa, ali pa so med njimi in kolesi še ustrezni mehanski prenosi.

Konstrukcija takšnega pogona omogoča, da v dveh prestavah (delovna in cestna) v okviru dveh največjih hitrosti (15 in 30km/h) brezstopenjsko izbiramo razmerja med hitrostjo in vlečnimi silami. V bistvu gre pri tem za izbiranje razmerja med tlakom in pretokom v hidravličnem sistemu ( $\text{Moč} = \text{Tlak} \times \text{Pretok}$ ,  $\text{Moč} = \text{Sila} \times \text{Hitrost}$ ). Z ventili naravnavaemo maksimalni tlak in s tem določimo en kraj krivulje, z naklonom izbrane črpalke pa maksimalni možni pretok (drug kraj krivulje- slika 2). Glede na dodano moč je med obema točkama veliko možnosti, s katerimi določamo dejanske vlečne sile na kolesih.



Slika 2: Tipična odvisnost med vlečnimi silami in hitrostjo pri hidrostatskem motorju s končnima točkama (EINAR 1989)

Črpalka sama ne dopušča dovolj velike redukcije obratov motorja (največ 5:1), zato morajo biti na traktorju še dodatni elementi oz. prenosi, s katerimi zmanjšamo število obratov na kolesih, kadar je to potrebno. Največkrat zato najdemo - kot pri WOODY - kombinacije med hidrostatskim in mehanskim prenosom sil na kolesa. Razlog za veliko zanimanje za traktor WOODY je v nekaterih posebnostih, ki

ga ločuje od podobnih traktorjev, ki so doslej prevladovali pri nas. Med slednjimi je najvažnejši hidrostatski način prenosa sil na podlago, ki ga je imel že prvi prototip WOODY 75 (Lesna Slovenj Gradec) v osemdesetih letih (REBULA, 1989, 1990).

### 3 METODE PROUČEVANJA TRAKTORJA WOODY

Problem vlačanja lesa ne gledamo več zgolj kot tehnično vprašanje. Zanima nas tudi vpliv na okolje in na človeka. Metode proučevanja se zato razvijajo v več smereh, da bi pri različnih režimih obratovanja oz. različnih delovnih razmerah: ugotovili sile (momente, obremenitve posameznih koles) med traktorjem in podlago, izmerili porabo goriva in emisije toplogrednih plinov v ozračje; ugotovili poškodbe pri vlačanju lesa v sestoji in na gozdnih tleh; ugotovili obremenitve traktorista; izmerili učinke in določili standardne čase in ugotovili ekonomičnost spravila lesa.

Gre za niz metod, ki se med seboj razlikujejo, vendar imajo tudi skupne točke. Za nekatere med njimi je to dejanski koledarski čas v sekundah, v katerem je mogoče primerjati različne dogodke z delovnimi razmerami in obremenitvami traktorja. Druge metode imajo spet različne primerjalne osnove - npr, delovišče za katerega poznamo gostoto prometnic in značilnosti bremen, čase spravila lesa ter deleže poškodb drevja.

Stvar točke gledanja je, kateri parametri so važnejši. Iz tehnično-tehnološkega vidika je vsekakor prvo vprašanje, ali je traktor sploh sposoben in v kolikšni meri je sposoben opravljati zahtevne naloge pri vlačanju lesa. Iz okoljevarstvenega vidika so pomembna vprašanja glede emisij v okolje, poškodb tal in drevja, ki so delno povezane z lastnostmi traktorja, delno pa z organizacijo dela. Metode so zahtevne in nekatere med njimi predstavljajo novosti v proučevanju vplivov pridobivanja lesa na gozdno okolje ter gozdarske mehanizacije.

Med cilji projekta je tudi ovrednotenje prednosti hidrostatskega pogona v primerjavi s klasičnim mehanskim prenosom sil, kot ga poznamo pri traktorjih Timberjack, Iwafuji, Belt in drugih. Konstrukcijo traktorja WOODY so - zaradi potreb razvoja traktorja - večkrat ustrezno simulirali. Model, katerega delne rezultate bomo opisali, se nanaša na WOODY 110 z maso 5500daN (KOŠIR, 1998) z motorjem 76,5kW pri 2200r/min. Rezultati veljajo za določene parametre delovanja motorja in črpalke, ki jih tu ne bomo opisovali.

Gozdarski zgibnik WOODY smo preizkusili tudi s primerjavo njegovih morfoloških značilnosti z obsežnejšimi, čeprav starejšimi študijami (SEVER, 1980) traktorjev, med katerimi so tudi takšni, ki še danes delajo pri spravilu lesa v našem okolju. Za morfološke značilnosti traktorjev so pomembni njegova širina, dolžina, višina, masa in moč motorja. Primerjali smo dejanske značilnosti traktorja z izračunanimi in sicer naslednje odvisnosti po Severju (1980, 1993, 1999): odvisnost dolžine traktorja od njegove mase, odvisnost širine traktorja od njegove mase, odvisnost moči motorja od teže, širine,

dolžine in višine traktorja, primerjava izračunane in dejanske specifične mase traktorja, primerjava izračunanega in dejanskega imaginarnega specifičnega tlaka, primerjava izračunane in dejanske imaginarne prostorninske mase.

Za osnovo smo vzeli naslednje tehnične značilnosti traktorja WOODY 110: teža vozila 5500 dan, dolžina 5400 mm, višina 2750 mm, širina 1940 mm, moč motorja 76,5 kW (preglednica 1).

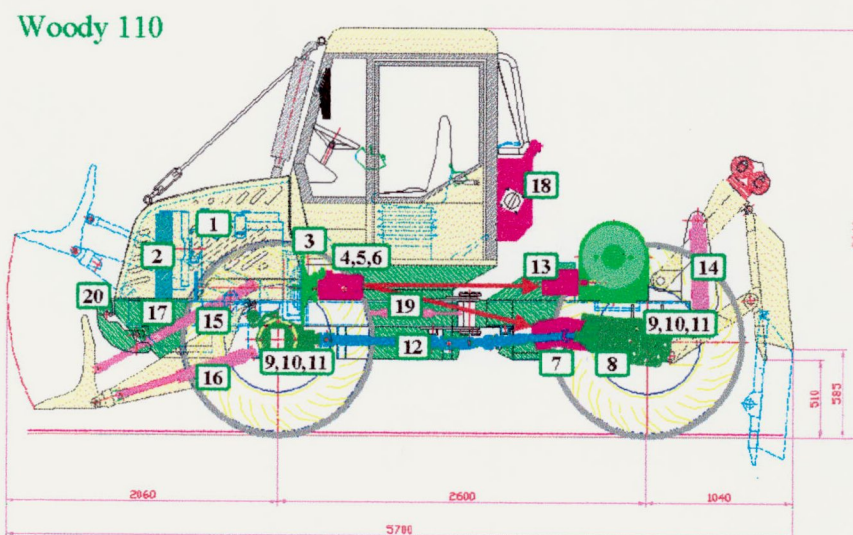
Preglednica 1: Tehnični podatki WOODY 110

<b>Teža vozila</b>	5500 daN
<b>Dolžina</b>	5400 mm
<b>Višina</b>	2750 mm
<b>Širina</b>	1940 (2000)mm pri gumah 14.9/13-28
<b>Motor</b>	PERKINS tip 1004-40T, 4 cilindri, vodro hlajen
<b>Moč motorja</b>	76.5kW/104 PS pri 2200 obr/min
<b>Gume</b>	14.9/13-28 PR12
<b>Osi</b>	CLARK-HURTH s samodejnimi diferencialnimi zapirachi, lamelnimi zavorami v olju, parkirna zavora z zavornim cilindrom z vzmetjo
<b>Šasija</b>	Dvodielna, varjena konstrukcija, z zglobom in vrlišcem med sprednjim in zadnjim delom. Pritrdišča za fiksni cilindri zgloba pri delu z dvigalom
<b>Hidravlika</b>	SAUER-SUNDSTRAND za pogon vozila, vitla in priključkov
<b>Krmilo</b>	DANFOSS - hidravlično
<b>Pogon</b>	Hidrostatski na vsa kolesa z elektrhidravličnim krmiljenjem, upravljanim s procesorjem
<b>Prenos moči</b>	Na zadnjo os preko dvostopenjskega gonila in preko kardanske gredi, permanenteno na sprednjo os
<b>Vitel</b>	IGLAND 5000/2H, vitel z dvojnimi bobnom, vlečno silo 2x5000 daN, elektrohidravlično krmiljen, pripravljen za daljinsko krmilje, hidrostatski pogon s skupno vlečno silo 8000 daN, dve hitrosti za navijanje in odvijanje, vse funkcije se lahko krmilijo daljinsko
<b>Hitrost</b>	0 - 17 in 0 - 30 km/h z vozno avtomatiko in dvostopenjskim gonilom
<b>Delovna zavora</b>	V sprednji osi lamele v olju, hidravlično posluževanje z zavornim servocilindrom
<b>Parkirna zavora</b>	Zavorni cilindri z vzmetjo, brez tlaka olja je vozilo zavrtlo
<b>Dodatna oprema</b>	Poleg daljinskega krmiljenja vitla, je možno tudi daljinsko upravljanje vozila in sicer: vklop-izklop motorja, vožnja naprej-nazaj, dodajanje plina, krmiljenje smeri vožnje in dvig-spust zadnje deske

#### 4 REŠITVE PRI TRAKTORJU WOODY 110

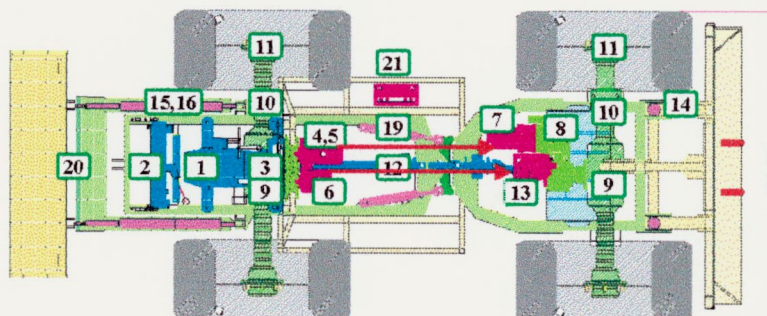
Način prenosa sil je prikazan na sliki 3 in 4. Pri tem traktorju gre za kombinacijo hidrostatskega in mehanskega prenosa sil, pri čemer opravi skoraj vse raloge hidrostatski prenos v povezavi z elektronsko – računalniškim uravnavanjem vožnje. Od motorja proti kolesom se vrstijo naslednji deli: razdelilno gonilo za črpalke, na katerega so priključene črpalka za pogon traktorja, črpalka za pogon vitla in črpalka za delovno hidravliko, sledijo hidravlične cevi za prenos moči do hidromotorja za pogon vozila in hidromotorja za pogon vitla. Hidromotor za pogon vozila je priključen na dvostopenjski menjalnik (delovna in cestna hitrost), ki je skupaj razdelilnikom moči, ki razdeli moč na prednjo in zadnjo os, nameščen na zadnjem delu vozila pred diferencialom. Za pogon zadnje osi se sile preko polosi prenesejo na planetna gonila v kolesih. Na prednjo most traktorja se sile prenesejo preko več krajših kardanskih osi na diferencial in preko polosi na planetna gonila v kolesih. Klasičnega menjalnika traktor ne pozna, saj je njegov menjalnik namenjen le izboru dveh hitrostnih režimov, medtem ko smer vožnje izbiramo (podobno velja za smer navijanja vrvi na vitlu) s smerjo vrtenja črpalke.

Delovno hidravliko poganja posebna črpalka. Funkcije delovne hidravlike na traktorju so: premikanje prednje (gor, dol ter spreminjanje naklona deske) in zadnje deske (gor, dol) ter krmiljenje traktorja (spreminjanje kota v zglobu).



Slika 3: Prenos sil - pogled na traktor WOODY 110 s strani: 1 motor, 2 hladilnik motorja in hidravlične tekočine, 3 razdelilno gonilo za črpalke, 4, 5, 6 črpalke, 7 hidromotor za pogon vozila, 8 dvostopenjski menjalnik, 9, 10, 11 diferencial, polosi, planetna gonila, 12 kardanski prenos, 13 hidromotor vitla, 14 cilindra zadnje deske, 15, cilindra za spreminjanje naklona prednje deske, 16 cilindra za dviganje prednje deske, 17 tank za gorivo, 18 tank za hidravlično tekočino, 19 cilindra za krmiljenje traktorja, 20 utež (POGAČAR, CIGALE)

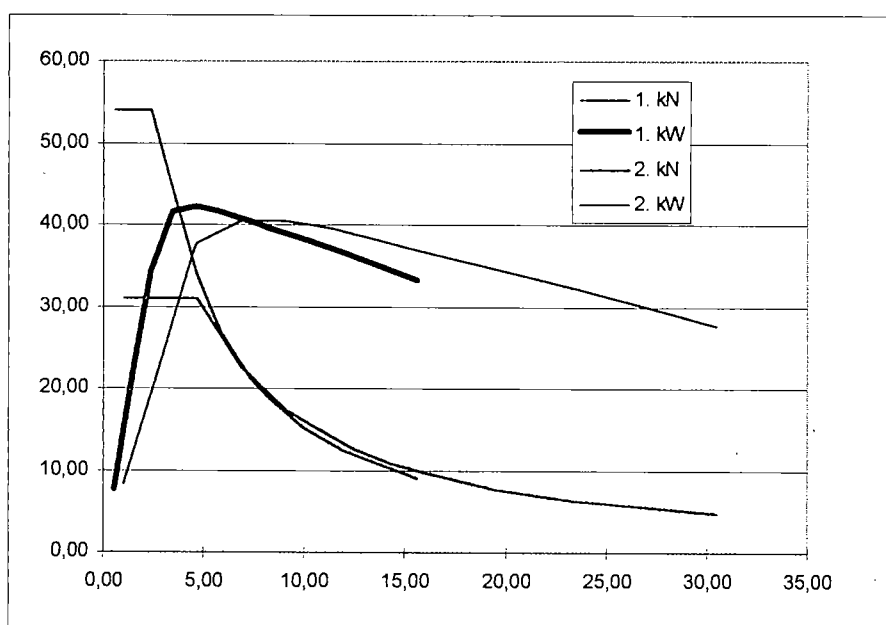
## Woody 110



Slika 4: Prenos sil - pogled na traktor WOODY 110 s strani: 1 motor, 2 hladilnik motorja in hidravlične tekočine, 3 razdelilno gonilo za črpalke, 4, 5, črpalke za pogon vozila in delovne hidravlike, 6 črpalka za pogon vitla, 7 hidromotor za pogon vozila, 8 dvostopenjski menjalnik, 9 diferencial, 10 polosi, 11 planetna gonila, 12 kardanski prenos, 13 hidromotor vitla, 14 cilindra zadnje deske, 15, 16 cilindra za spreminjanje naklona prednje deske in cilindra za dviganje prednje deske, 19 cilindra za krmiljenje traktorja, 21 akumulator (POGAČAR, CIGALE)

Prednosti hidrostatskega prenosa na traktorju WOODY 110C so v brezstopenjskem izboru razmerja med hitrostjo in vlečnimi silami, kar pomeni v praksi, da imajo takšni stroji pri zelo majhnih hitrostih dovolj vlečnih sil, ki se odlično prilagajajo velikim kotalnim uporom pri vožnji na mehki podlagi. Rezultat bi moral biti manjši zdrs in s tem povezani ugodnejši učinki predvsem na mehkih tleh ali pri spravi lučesa navzgor ob istočasno manjših poškodbah tal. Prednost hidrostatskega pogona je tudi odlično zaviranje pri vožnji navzdol ali v drugačnih situacijah, saj je tudi zaviranje v celoti urejeno s hidravličnim sistemom in zavor sploh ne potrebujemo. Vozilo mora biti seveda opremljeno z neodvisno parkirno zavoro, saj našteje prednosti veljajo le, če motor teče. Pretikanje med smerjo vožnje naprej in nazaj je mogoče tudi med vožnjo. Pomembna stranska prednost takšnega prenosa so tudi številne možnosti, ki jih ponuja hidravlika v povezavi z elektroniko oz. računalniškim krmiljenjem vsega sistema transmisija : motor. Računalniški procesorja v traktorju WOODY preprečuje, da bi se katerakoli komponenta preobremenila in kar je z ergonomskega vidika zelo pomembno - motor deluje ves čas v svojem optimalnem območju, kar pomeni nižjo raven ropota. Za hidravlični sistem je zelo pomembna čistoča olja, ki vpliva na izkoristek vsega sistema. Zato je potrebno olje učinkovito filtrirati, pomembno pa je tudi tekoče vzdrževanje.

WOODY ima dva razpona hitrosti - delovnega od 0 do 15km/h, pri katerem so vlečne sile med 9,0 in 54,0kN (največja vlečna sila je omejena s težo traktorja) ter cestnega od 0 do 30km/h z vlečnimi silami med 4,6 in 31kN (slika). Pri hitrosti motorja 2200 r/min dosežejo kolesa pri delovni hitrosti do 66 r/min, pri cestni hitrosti pa do 130 r/min. Vlečna moč je v začetku vožnje majhna zaradi omejene največje sile in majhne hitrosti ( $Moč = Sila \times Hitrost$ ), vendar hitro naraste. V nižji prestavi doseže vozilo največjo vlečno moč pri hitrosti 5km/h (42,1kW), v višji prestavi pa pri 10km/h (40,4kW). Takšen razpon največjih vlečnih sil in moči je tipičen tudi za druge kolesne traktorje (KRIVEC, 1965), le da je pri traktorju WOODY nekoliko pomaknjen k višjim hitrostim. Obe krivulji vlečnih moči - za prvo in drugo prestavo - sta si podobni in kažeta, da vlečne moči po maksimumu počasi upadajo. Povzetek preračuna sil (1998) prikazujemo na sliki 5.



Slika 5: Odvisnost med vlečnimi silami in vlečnimi močmi traktorja WOODY v prvi (1.) in drugi (2.) prestavi

Poleg vlečnih značilnosti je za zgibne traktorje pomembna tudi uravnoteženost med osnovnimi morfološki značilnicami (preglednica 2). Odvisnost dolžine traktorja od njegove mase je pokazala, da je traktor WOODY za okoli 260mm daljši, hkrati pa kaže odvisnost širine traktorja od njegove mase, da je ta traktor znatno ožji - kar za 330mm - od povprečja zgibnih traktorjev enake teže. Te značilnosti kažejo, da je traktor WOODY nekako »vitkejši« od drugih podobnih starejših traktorjev in bi mu glede tega lahko dali pozitivno oceno. Odvisnost moči motorja od teže pokaže kar za okoli 24kW večjo moč pri traktorju WOODY, kar pomeni posledično tudi manjšo specifično maso traktorja od povprečja drugih zgibnikov, vendar uvrša - po tem merilu - traktor med velike zgibnike (SEVER, 1993).

Moč motorja je manjša od izračunane z odvisnostjo od širine, saj je traktor ožji od večine traktorjev tega razreda. Analogno lahko sklepamo, da je traktor nekaj višji od povprečja, ker je moč motorja

izračunana na podlagi višine nekaj večja od dejanske. Prav tako nam podobne rezultate da primerjava obeh indeksov oblike (Indeks oblike = Širina/Dolžina oz. = Višina/Dolžina) s povprečji za posamezne velikostne skupine traktorjev. Primerjava širine z dolžino (Indeks oblike = 0,36) ter višine z dolžino (Indeks oblike = 0,51) umeščata traktor izven področja velikih zgibnikov in prav na rob poročja, ki ga zavzemajo srednjeveliki zgibniki (SEVER, 1993 in HORVAT, SEVER, 1999). Ta podatek govori v prid nekaj prostornejše kabine, kot so jo imeli traktorji v starejših primerjavah. Konstruktor se je očitno želel izogniti dimenzijam velikih zgibnikov, vendar je pri tem želel ohraniti moč in vlečne značilnosti večjih strojev. K temu naj bi svoje prispeval tudi hidrostatski prenos sil.

Preglednica 2: Primerjava nekaterih značilnosti WOODY 110 z morfološko analizo (SEVER, 1980)

Merilo	Enota	Woody	Odvisnost od teže	Odvisnost od širine	Odvisnost od dolžine	Odvisnost od višine
Morfološka analiza SEVER 1980, 1993						
Teža vozila	daN	5500				
Dolžina	mm	5400	5159,5			
Višina	mm	2750				
Širina	mm	1940	2274,5			
Širina	mm	2000	2274,5			
Moč motorja	kW	76,5	56,9	39,3	62,1	79,3
Širina /Dolžina	-	0,36				
Višina /Dolžina	-	0,51				
Spec. masa	daN/kW	71,9	78,4			
Imag. spec tlak	daN/m <sup>2</sup>	525,0	457,0			
Imag. prost. masa	daN/ m <sup>3</sup>	190,9	190,9			

Imaginarni specifični tlak traktorja je znatno večji od povprečnega, kar ni ugodno, čeprav odvisnost med imaginarnim specifičnim tlakom in dejanskim tlakom na podlago ni v celoti pojasnjena. Ta tlak je razmeroma velik, njegov učinek na zbijanje tal ter poškodbe tal, na katere vpliva tudi zdrs pa je še predmet raziskave. Pri vožnji navzgor ali navzdol se tlak ustrezno že zaradi dinamičnih sprememb sil med vožnjo obremenjenega traktorja.

Zanimivo je, da med dejansko in izračunano imaginarno prostorninsko maso ni razlik. Sklepamo lahko, da je - povedano nekoliko drugače - traktor enako »gcst« od drugih, da ima večjo moč na enoto teže in da je na račun manjše širine nekaj daljši.



## 5 ZAKLJUČKI

Hidrostatski pogon traktorjev za spravilo lesa ni nov, saj so prvi WOODY traktorji pričeli z delom že koncem osemdesetih let, čeprav takrat niso vzbudili tolikšne pozornosti, kot bi zaslužili. Desetletje zatem imamo ponovno možnost spoznavati in opazovati sodobne traktorje (medtem je konstruktor traktorje temeljito prenovil) pri delu v razmerah na visokem krasu. Raziskovanja smo se lotili z vrsto metod, ki bodo odgovorile na vprašanja o tehničnih lastnostih ter uporabnosti traktorja kot tudi o njegovih lastnostih, ki vplivajo na okolje. Z enakimi metodami želimo traktor WOODY primerjati tudi z drugimi zgibniki. Prednosti hidrostatskega pogona so preprosto brezstopenjsko upravljenje stroja, preprosta izbira smeri vožnje, hidravlično zaviranje, možnosti popolnega daljinskega upravljanja. Po svojih dimenzijah spada stroj med manjše zgibne traktorje, vendar razpolaga z dovolj velikimi vlečnimi silami za spravilo težkega lesa. V primerjavi s povprečnim zgibnikom enake teže je nekaj ožji in daljši ter nekoliko višji. Njegova specifična masa je manjša od povprečja.

## 6 REFERENCE

- ... 1998. Testni list VILPO-WOODY.-Izpis testnih rezultatov z dne 10.3.1998, s.5.
- ... 1956. Tractors for Logging.- FAO Forestry Publications, Rim, s.24.
- EINAR, C. 1989. The Off-Road Vehicle Vol 1.- The Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Montreal, Canada, 573 s.
- KLOBUČAR, D./KOŠIR, B. 1999 Pogledi na nabavo zgibnih traktorjev za spravilo lesa.- Gozd.V., 2 (99) 57, Ljubljana, s.71-79
- KOŠIR, B. 1997 Razvoj traktorja WOODY se nadaljuje.- Gozd.V., 7-8 (97) 55, Ljubljana, s. 365-369.
- KOŠIR, B. 1998 Zgibni traktor, ki je učinkovit in prijazen do gozda.- Delo 4.11.1998, Znanost za razvoj, s.16.
- KOŠIR, B. 1999. Maly przeglad europejskiego rynku skidrow (7) – VILPO.- Las Polski, 9(1999), Warszawa, s.22-23.
- KOŠIR, B./ LIPOGLAVŠEK, M. 1999. Entwicklung des forstlichen Knickschleppers Woody mit hydrostatischem Antrieb in Slowenien.- Zbornik referatov na 33. Symposium »Mechanisierung der Waldarbeit«, Hrvaška, Zalesina, 1.-6.7.1999, s. 123-128.
- KRIVEC, A/ STANOJEVIĆ, D. 1965. Traktor kolesnik ali goseničar pri spravilu lesa. Gozd. V., 1-2 (65) 23, Ljubljana, s.18-31.
- REBULA, E. 1989. Gozdarski zgibnik iz Slovenj Gradca - BF, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, Poročilo raziskave, s.14.
- REBULA, E. 1990. Šumski zglobni traktor iz Slovenj Gradca. Mehanizacija šumarstva, Zagreb, št. 15. s.87-91.
- SEVER, S. 1980. Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva.-Dokt.dis., Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb, s.114-133.
- SEVER, S. 1993. Poredbene značajke traktora za privlačenje drva na poredama sastojina.- Mehanizacija šumarstva, 18(93)4, s. 197-203.
- HORVAT, D./ SEVER, S. 1999. Vergleichende Untersuchungen der Technischen Eigenschaften von Adaptierten und mit Forstwinden Ausgerusteten Lanwirtschaftlichen Traktoren.- Referat na 33. Symposium »Mechanisierung der Waldarbeit«, Hrvaška, Zalesina, 1.-6.7.1999. 11.s.

**Boštjan KOŠIR**

**Janez KRČ**

## **ŠTUDIJ ČASA PRI SPRAVILU LESA Z TRAKTORJEM WOODY 110**

### Kazalo

1	UVOD .....	18
2	IZHODIŠČNE PODMENE .....	18
3	METODE .....	18
4	REZULTATI RAZISKAVE .....	19
5	STROŠKI .....	39
6	SKLEPI .....	41
7	PRILOGE .....	43

## 1 UVOD

Študij časa pri spravilu lesa je tema, ki je del projekta Razvoj in promocija gozdarskega zgibnega traktorja Woody New. Temo so obdelali raziskovalci in sodelavci Biotehniške fakultete, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: Dr.Boštjan Košir, dr.Janez Krč, in inž.Darko Klobučar, Gozdarskega inštituta Slovenije: mag.Medved Mirko in Robert Kranjc ter Gozdnega gospodarstva Postojna d.d.: univ.dipl.inž.Peter Jež in univ.dipl.inž.Nevijo Frank. Meritve so potekale od pomladi do jeseni 1999 na postojnskem gozdnogospodarskem območju. To poročilo je namenjeno internim zaključnim razpravam v okviru tima, ki je izpeljal projekt.

## 2 IZHODIŠČNE PODMENE

Srednjevelik zgibnik Woody 110 bi moral pokazati zaradi svojih specifičnosti boljše učinke od večine drugih traktorjev, ki jih uporabljamo pri spravilu lesa v Sloveniji. Daljinsko vodeni traktor bi moral pokazati pomembne prednosti od standardnega traktorja. Težava načrtovanih meritev je, da oba strojnika, ki sta sicer izkušena pri tovrstnem delu, vsaj od začetka nista znala dovolj izkoriščati možnosti Woodyja.

## 3 METODE

Uporabili smo ničelno in kontinuirano metodo merjenja časov in merjenje lesa v lubju. V ta namen smo prilagodili snemalni list (priloga 1) ter izdelali računalniški program za zajemanje podatkov na ročnih računalnikih znamke Psion. Snemali sta dve ekipi (ena s snemalnimi listi in kronometrom, druga z računalnikom) po skoraj identičnem pristopu, zato smo v obdelavah lahko podatke združili z nekaj redkimi izjemami. Posneli smo večino vlak (meter in padomer). Meritve so potekale pri dveh zgibnikih Woody 110, od katerih je bil eden povsem daljinsko krmiljen (Snežnik), drugi pa ke imel le daljinsko krmiljen vitel (Gomance). Temu je bil tudi prilagojen snemalni list, saj smo hoteli odkriti razlike v uporabi obeh traktorjev. Pri izbiri delovišč za meritve smo poskušali zajeti čim večji razpon najvažnejših vplivnih spremenljivk. Sortimenti so bili merjeni v lubju, bremena pa kasneje preračunana v tone. Vse meritve so potekale na več deloviščih na postojnskem gozdnogospodarskem območju od pomladi do jeseni 1999. Oba traktorista sta bila izkušena. Podatki so bili obdelani s statističnim paketom SPSS in na druge običajne načine.

## 4 REZULTATI RAZISKAVE

### 4.1 Značilnosti meritev

Izmerili smo 164 ciklusov spravila lesa, od tega 77 ciklusov na traktorju, ki je bil opremljen s standardno opremo (Gomance) in 87 ciklusov na traktorju z daljinskim krmiljenjem traktorja (Snežnik). Razlike med traktorjema izvirajo predvsem iz različnih delovnih razmer, pa tudi značilnosti traktoristov. V povprečju je traktor na Gomancah potreboval 20,52min/m<sup>3</sup>, traktor na Snežniku pa le 16,57min/m<sup>3</sup> lesa. Spravine razdalje so bile v povprečju precej velike (preglednica 1), razdalje zbiranja lesa pa zelo majhne. V obeh primerih sta traktorja razmeroma veliko časa porabila za premike po skladišču, ki so bili temu primerno dolgi. Značilnost organizacije dela je bila tudi v tem, da je v kakšnih 15% ciklusov traktorist – velja za oba traktorja – pomagal sekaču. Kadar sta traktorista to počela, se je čas v povprečju povečal za 1,8min/m<sup>3</sup> lesa. Izmerili smo 17 primerov glavnih odmorov in 39 pripravljajo zaključnih časov, čeprav so se ekipe prizadevale izmeriti čimveč popolnih dni.

Kategorija zbiranja lesa je bila pri obeh traktorjih nekje med srednje ugodno in neugodno. Po ocenah merilcev je traktor na Gomancah delal v malenkost lažjih kategorijah zbiranja lesa. Glede na smer spravila lesa smo izmerili več podatkov pri smeri navzdol in po ravnem, kar je običajno za takšne kraške terene. Na sliki 1 so prikazani razponi pravih razdalj (polna vožnja) glede na smer spravila lesa.

Primerjave med Woodyjem 110 in drugimi traktorji smo naredili tako, da smo pri Woodyju 110 upoštevali samo potrebne produktivne čase, torej tiste, ki niso odvisni od organizacije dela (npr. pomoč sekaču) oz. določenih značilnosti lesnih skladišč (npr. zahteva za sortiranjem lesa).

Osnovne izmerjene čase smo korigirali (zmanjšali) z bonifikacijami, ki so bile predvidene za delovišča, kjer smo merili čase in učinke. Tako smo se približali pravi oceni normalnih časov za te delovne razmere. Bonifikacije so bile v razponu od 0 do 15% in so bile določene le za pomožne produktivne čase. Vzroki za bonifikacije so bili kamenitost, drobni sortimenti ter mladovja (preglednica 2).

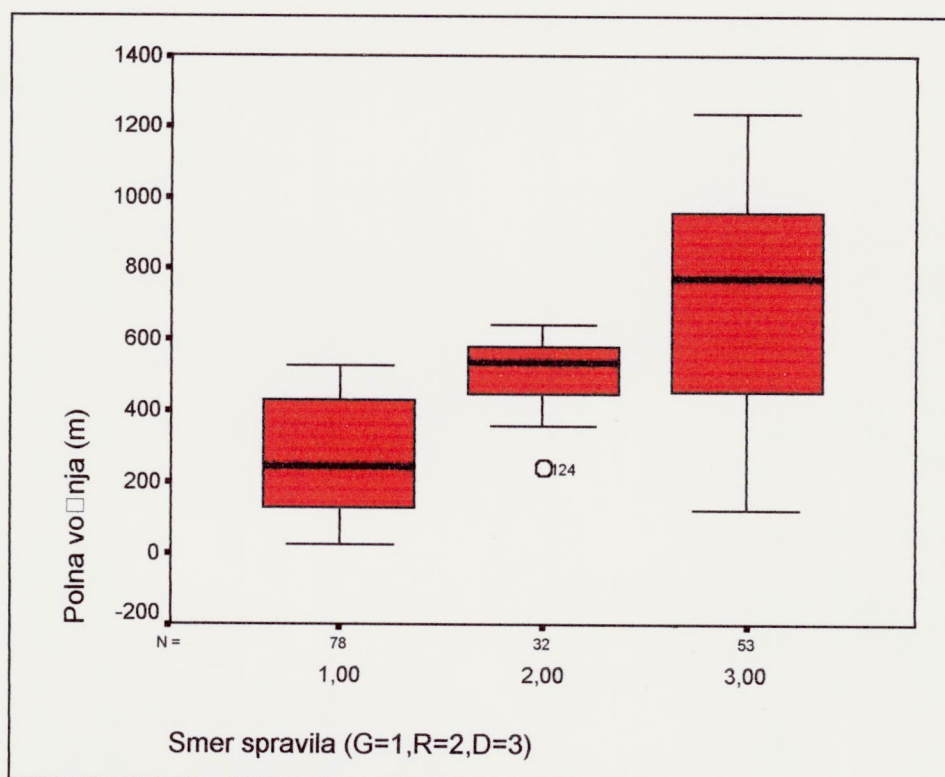
Preglednica 1: Osnovni kazalci meritev

Spremenljivka	Gomance – standardni traktor			Sneznik – daljinsko vodeni traktor			Skupaj		
	Povpr.	N	Std. odklon	Pcvpr.	N	Std. odklon	Povpr.	N	Std. odklon
<b>Produktivni čas</b>									
Vožnja po skladišču	95,85	39	116,93	63,10	43	96,00	78,68	82	107,07
Prazna vožnja	918,99	76	923,12	1044,95	87	322,61	986,22	163	673,60
Razvlacevanje prazne vrvi	579,99	77	479,25	436,39	87	202,35	503,81	164	365,87
Vežanje lesa	691,76	77	579,28	511,70	87	271,60	596,24	164	451,12
Privlaccvanje	1301,46	77	1335,19	677,53	87	441,83	970,47	164	1015,76
Daljinski premik traktorja				60,00	5	39,07	60,00	5	39,07
Premik traktorja	276,69	57	215,16	204,28	64	126,73	238,39	121	177,07
Polna vožnja	779,36	76	739,20	982,70	87	244,96	887,89	163	543,31
Vlaccenje po skladišču	65,95	50	30,70	45,46	68	23,93	54,14	118	28,74
Odvezovanje	444,19	77	234,13	419,96	87	168,37	431,34	164	201,65
Daljinski premik traktorja				47,78	3	39,52	47,78	3	39,52
Sortiranje	173,15	70	113,62	126,40	74	63,48	149,13	144	94,00
Rampanje	451,93	76	268,45	313,26	87	120,34	377,92	163	214,17
<b>Produktivni čas spravila</b>	<b>5593,36</b>	<b>77</b>	<b>4166,72</b>	<b>4716,09</b>	<b>87</b>	<b>1339,86</b>	<b>5127,98</b>	<b>164</b>	<b>3038,91</b>
Pomoč sekaču	699,26	14	949,08	712,28	12	782,78	705,27	26	859,09
<b>Produktivni čas skupaj</b>	<b>6292,62</b>	<b>77</b>	<b>-</b>	<b>5428,37</b>	<b>87</b>	<b>-</b>	<b>5833,25</b>	<b>164</b>	<b>-</b>
<b>Neproduktivni čas</b>									
Okvare	499,00	5	554,20	307,38	8	364,47	381,08	13	435,07
Vzdrževanje stroja	396,00	1		401,67	2	190,92	399,78	3	135,04
Odmori	1094,61	17	756,13	1637,44	36	1162,55	1463,32	53	1072,86
Objektivni zastoji	612,76	42	575,26	436,29	32	466,33	549,42	74	532,49
Zastoji zaradi meritev	450,38	16	605,06	433,60	5	524,05	446,38	21	574,07
<b>Neproduktivni čas ciklusa</b>	<b>834,17</b>	<b>77</b>	<b>1142,62</b>	<b>1009,73</b>	<b>87</b>	<b>1220,45</b>	<b>927,30</b>	<b>164</b>	<b>1184,20</b>
Pripravljalno zaključni čas	2997,17	16	2226,73	1531,04	23	1280,58	2132,53	39	1854,83
Glavni odmor	5030,30	9	980,99	6792,79	8	2171,26	5859,71	17	1834,67
<b>Skupaj cikel</b>	<b>7638,27</b>	<b>77</b>	<b>6172,70</b>	<b>6755,21</b>	<b>87</b>	<b>2743,37</b>	<b>7169,82</b>	<b>164</b>	<b>4683,13</b>
<b>Druge spremenljivke</b>									
Razdalja polne vožnje (m)	403,24	76	386,63	514,51	87	154,41	462,63	163	291,48
Razdalja prazne vožnje (m)	419,12	76	385,22	533,25	87	188,61	480,04	163	301,41
Razdalja zbiranja (m)	12,45	77	6,43	10,52	87	4,74	11,42	164	5,67
Velikost bremena [m3]	3,72	77	1,09	4,08	87	1,09	3,91	164	1,10
Št. kosov v bremenu	8,84	77	4,95	7,67	87	3,71	8,22	164	4,36
Velikost povpr. kosa (m3)	0,54	77	0,29	0,74	87	0,49	0,65	164	0,42
Razdalja premika (m)	32,14	21	24,09	39,47	19	23,79	35,63	40	23,93
Razdalja prem. po skladi. (m)	52,96	26	23,75	22,13	24	17,73	38,16	50	26,03
Razdalja sortiranja (m)	23,10	21	14,07	38,29	21	20,55	30,69	42	19,02

Preglednica 2: Pregled objektov in bonifikacij

Gosp. Enota	Stratum	Delovišče	Bonifikacije	
			Iglavci	Listavci
Gomance	Gomance – standardni traktor	2D/2	mladje	mladje
		2E/1	0	0
		4C/2	kamenitost 5%	kamenitost 5%
Leskova dolina	Snežnik –daljinsko vodeni traktor	9B2/2	mladje 5%	mladje 5%
			gošča 5%	gošča 5%
		9B2/4	mladje 5%	mladje 2%
			gošča 10%	gošča 10%
				drobni sort 3%
		10B2/2	gošča 5%	gošča 5%
		11A2/1	0	0
11A3/5	gošča 5%	gošča 5%		

Za vsak posamezni ciklus smo izračunali porabo časa na 1t lesa, pri čemer smo upoštevali maso iglavcev 0,95t/m<sup>3</sup> in maso listavcev 1,1t/m<sup>3</sup> lesa. Iz teh podatkov smo izračunali regresijske odvisnosti, ki smo jih potrebovali.

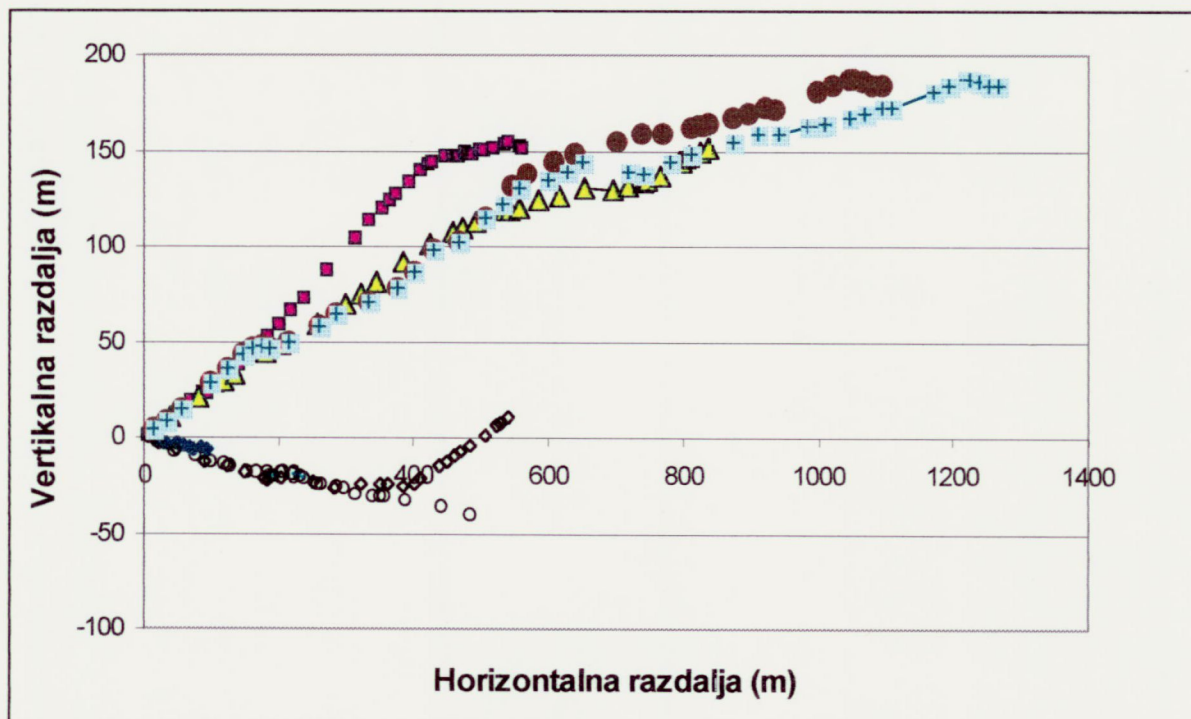


Slika 1: Razpon razdalj polne vožnje glede na smer spravila lesa

Preglednica 3: Značilnosti pravih razdalj

Smer sprava		Polna vožnja (m)
Navzgor	Povprečje	271
	N	78
	Std. odklon	162
	Minimum	25
	Maksimum	525
Ravno	Povprečje	511
	N	32
	Std. odklon	93
	Minimum	239
	Maksimum	641
Navzdol	Povprečje	715
	N	53
	Std. odklon	315
	Minimum	125
	Maksimum	1240
Skupaj	Povprečje	463
	N	163
	Std. odklon	291
	Minimum	25
	Maksimum	1240

Največje razdalje so bile izmerjene pri spravo lesa navzdol, najkrajše pa pri spravu navzgor. Razponi vrednosti se ne prekrivajo dovolj, da bi mogli ugotoviti zanesljive razlike med smermi vlačnja, zato bi bilo potrebno opraviti še več meritev.



Slika 2: Značilni profili vlak pri spraviu navzdol in navzgor

Pomembna značilnost objektov, kjer smo merili čase je bila, da sta oba traktorista določen del vlak uporabljala izven načrtovanih spravih poti in tako uporabljala zelo gosto mrežo sekundarnih prometnic, še posebej, če štejemo k sekundarni odprtosti tudi robove cest, ki so potekale preko ali ob objektih (preglednica 4). Takšne sekundarne odprtosti so po dosedanjih izkušnjah nekje med tistimi, ki so značilne za tehnologije dolgega lesa in kratkega lesa. Odraz te ugotovitve je v ugotovljeni povprečni razdalji zbiranja lesa, ki je zelo majhna – 11,4m (preglednica 1).

Podatke iz preglednice 4 smo ugotovili pri popisu poškodb na manjši površini kot smo merili čase in učinke, vendar se odlično ujemajo z ugotovljeno povprečno razdaljo zbiranja lesa. Če bi iz povprečne razdalje zbiranja lesa izračunali gostoto prometnic, bi dobili 307m/ha (koeficient zbiranja 0,35), kar se dokaj dobro ujema s podatki iz preglednice 4. Iz izkušnje vemo, da traktoristi povsod, kjer je to mogoče težijo k temu, da razdalje razvlačevanja vrvi skrajšujejo na račun vožnje traktorja. Na delež takšnih, včasih le enkrat uporabljenih vlak vpliva predvsem teren, ki s svojo neprehodnostjo pogosto onemogoča takšno početje. Pri naših študijah je bilo to očitno mogoče na deloviščih, ki smo jih označili kot Snežnik.



Preglednica 4: Gostote prometnic

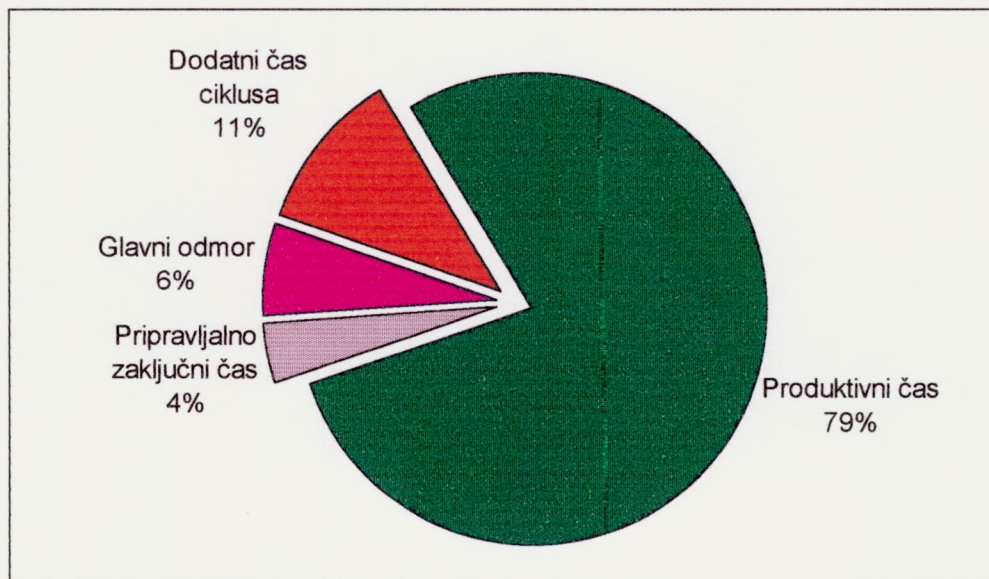
Vrsta prometnice	Gomance	Snežnik
	Standarni traktor	Daljinsko vodeni tr.
Vse prometnice m/ha	219,1	308,1
Ceste m/ha	23,7	12,2
<b>Vse vlake m/ha</b>	<b>195,4</b>	<b>295,9</b>
Načrtovane vlake m/ha	188,0	203,7
Nenačrtovane vlake m/ha	7,4	92,2
% nenačrtovane/načrtovane	3,9	45,3
% nenačrtovane/vse vlake	3,8	31,2

#### 4.2 Struktura delovnega časa

V preglednici 5 prikazujemo prečiščeno strukturo delovnega dne. Produktivnega časa je bilo 78%, faktor dodatnega časa je bil 14,45% (neproduktivni časi ciklusa), faktor neproduktivnega časa pa 27,76% (dodatno še glavni odmor in pripravljalo zaključni čas). Rezultati kažejo na ustaljeno organizacijo dela, kjer ni velikih zastojev zaradi organizacijskih razlogov, delavci pa si med delom ne jemljejo nepotrebnih odmorov. V prečiščeni strukturi niso zajeti časi zastojev zaradi meritev in podaljševanja glavnih odmorov nad 30 minut. Pripravljalo zaključni čas smo zmanjšali za dobro minuto, ker menimo, da je že ustaljenih 20min dovolj.

Preglednica 5: Prečiščena struktura delovnega dne

Kategorija časa		min/dan	% dneva	% prod. časa
Neproduktivni čas	Pripravljalo zaključni čas	20,00	4,17	5,32
	Glavni odmor	30,00	6,25	7,98
	Dodatni čas ciklusa	54,29	11,31	14,45
Neproduktivni čas - skupaj	Preglednica 6	104,29	21,73	27,76
Delovni čas ciklusov	Preglednica 6	430,00	89,58	114,45
Produktivni čas	Preglednica 6	375,71	78,27	100,00
Skupaj ves delovni čas	Preglednica 6	480	100,00	



Slika 3: Struktura delovnega (podatki iz preglednice 3)

Struktura povprečnega ciklusa je tudi odraz povprečnih razmer na deloviščih in organizacije dela oz. načinov dela posamezne skupine. Čase smo zato razdelili na naslednji način:

**Delovni čas = Produktivni čas + Neproduktivni čas**

*Produktivni čas = Normalni produktivni čas + Dodatni produktivni čas*

**Normalni produktivni čas = Glavni produktivni čas + Pomožni produktivni čas**

Normalni produktivni čas je tisti, ki je neobhoden pri vsakem transportu (preglednica 6) in ga delimo na glavni in pomožni produktivni čas. Glavni produktivni čas transporta je vožnja v obe smeri in je variabilni čas transporta (odvisen od smeri vožnje in spravilne razdalje ter bremena), pomožni produktivni čas pa je fiksni čas transporta (ni odvisen od spravilne razdalje, temveč od drugih dejavnikov).

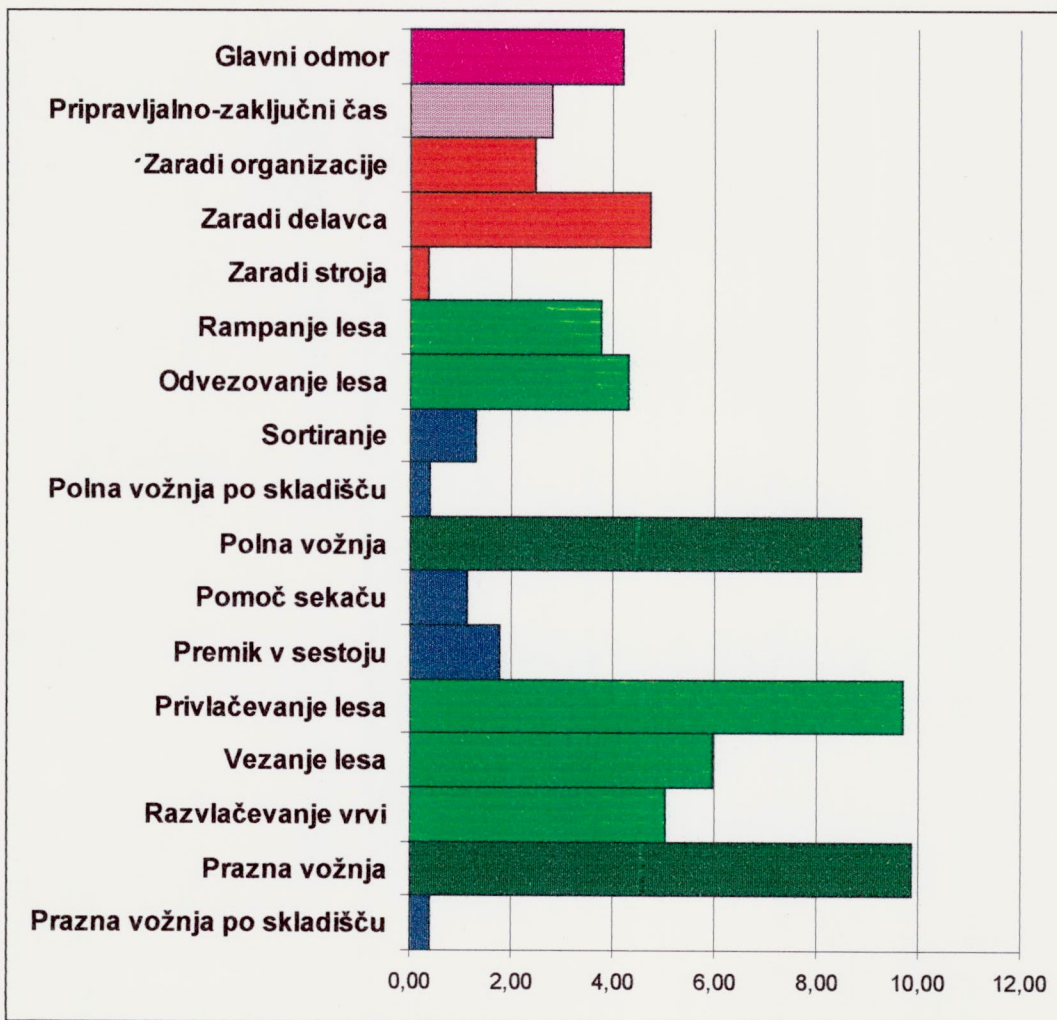
Dodatne produktivne čase, ki so najbolj odvisni od načina dela na delovšču, od dodatnih zahtev traktoristu po sortiranju lesa, od pomoči sekaču pri sproščanju drevesa, koncentracije lesa itd, bi lahko še naprej delili na variabilne in fiksne, vendar smo jih v tej raziskavi izločili iz primerjave med Woody in drugimi traktorji, saj precej povečujejo variabilnost in bi takšno primerjavo obremenili z neprimerljivostjo. V zadnji koloni preglednice 4 je tudi podatek o potrebnem času za 1m<sup>3</sup> spravljenega lesa, pri čemer je potrebno upoštevati povprečne razmere (breme = 3,91m<sup>3</sup>, razdalja vlačjenja = 463m, razdalja zbiranja = 12,4m velikost povprečnega kosa = 0,65m<sup>3</sup> itd).

Preglednica 6: Podrobna struktura povprečnega ciklusa

Element časa		Standardno min/ciklus	Povprečno min/m3
Glavni produktivni čas	Prazna vožnja	9,86	2,52
	Polna vožnja	8,88	2,27
Glavni produktivni čas skupaj		18,74	4,79
Zbiranje lesa	Razvlačevanje vrvi	5,04	1,29
	Vežanje lesa	5,96	1,53
	Privlačevanje lesa	9,70	2,48
Delo na skladišču	Odvezovanje lesa	4,31	1,10
	Rampanje lesa	3,76	0,96
Pomožni produktivni čas skupaj		28,77	7,36
Skupaj ciklus – normalni čas		47,52	12,15
Dodatni produktivni časi	Premik v sestoj	1,76	0,45
	Prazna vožnja po skladišču	0,39	0,10
	Polna vožnja po skladišču	0,39	0,10
	Sortiranje	1,31	0,33
	Pomoč sekaču	1,12	0,29
Dodatni produktivni časi skupaj		4,97	1,27
Skupaj ciklus - ves produktivni čas		52,49	13,42
Neproductivni časi ciklusa	Zaradi stroja	0,38	0,10
	Zaradi delavca	4,73	1,21
	Zaradi organizacije	2,48	0,63
Neproductivni časi ciklusa - skupaj		7,58	1,94
Delovni čas ciklusa		60,07	15,36
Neproductivni časi dneva	Pripravljalno-zaključni čas	2,79	0,71
	Glavni odmor	4,19	1,07
Neproductivni časi dneva - skupaj		6,98	1,79
Delovni čas ciklusa skupaj		67,05	17,15

Preglednica 7: Podrobna struktura povprečnega ciklusa v %

Element časa		% v norm. prod. času	% v vsem prod. času	% v delov. času ciklusa	% v vsem delov. času
Glavni produktivni čas	Prazna vožnja	20,76	18,79	16,42	14,71
	Polna vožnja	18,69	16,92	14,78	13,24
<b>Glavni produktivni čas - skupaj</b>		<b>39,44</b>	<b>35,71</b>	<b>31,20</b>	<b>27,95</b>
Zbiranje lesa	Razvlačevanje vrvi	10,60	9,60	8,39	7,51
	Vežanje lesa	12,55	11,36	9,93	8,89
	Privlačevanje lesa	20,42	18,49	16,16	14,47
Delo na skladišču	Odvezovanje lesa	9,08	8,22	7,18	6,43
	Rampanje lesa	7,91	7,16	6,25	5,60
<b>Pomožni produktivni čas - skupaj</b>		<b>60,56</b>	<b>54,82</b>	<b>47,90</b>	<b>42,91</b>
Skupaj cikelus – normalni čas		100,00	90,53	79,10	70,86
Dodatni produktivni časi	Premik v sestoju		3,35	2,93	2,62
	Prazna vožnja po skladišču		0,75	0,65	0,59
	Polna vožnja po skladišču		0,74	0,65	0,58
	Sortiranje		2,49	2,18	1,95
	Pomoč sekaču		2,13	1,86	1,67
<b>Dodatni produktivni časi skupaj</b>			<b>9,47</b>	<b>8,27</b>	<b>7,41</b>
Skupaj cikelus - ves produktivni čas			100,00	87,38	78,27
Neproduktivni časi ciklusa	Zaradi stroja			0,62	0,56
	Zaradi delavca			7,87	7,05
	Zaradi organizacije			4,13	3,70
Neproduktivni časi ciklusa - skupaj				12,62	11,31
Delovni čas ciklusa				100,00	89,58
Neproduktivni časi dneva preračunani na cikelus	Pripravljalno- zaključni čas				4,17
	Glavni odmor				6,25
Neproduktivni časi dneva - skupaj					10,42
Delovni čas ciklusa skupaj					100,00



Slika 4: Podrobna struktura povprečnega ciklusa (podatki iz preglednice 6)

Značilnost strukture ciklusa pri današnji tehnologiji zbiranja lesa je zelo majhen delež glavnega produktivnega časa (preglednica 7), ki je v normalnem produktivnem času le 39%, v vsem delovnem času pa dosega komaj 28%. Traktor porabi največ časa v gozdu pri zbiranju lesa (kar 43% v normalnem produktivnem času ciklusa). Zmanjšanje tega časa bi morala biti prioriteta oblikovanja dela v prihodnje. Porazdelitev časov povprečnega ciklusa smo narisali na sliki 3. Nazorno vidimo, kako malo je pravzaprav glavnega produktivnega časa (obe vožnji – temnozeleno barva). V produktivnem času prevladujejo druga opravila, kot je delo v sestoju pri zbiranju lesa in na skladišču (svetlo zeleno) ter pomožni produktivni čas v sestoju in na skladišču. Za organizatorje dela in konstruktorje se ponovno postavlja že stara naloga: kako povečati delež glavnega produktivnega časa.

Ena od možnih rešitev je že pri roki, le da jo še ne uporabljamo v zadostni meri. To je povsem daljinsko krmiljeni traktor. Ta izboljšava je namenjena prav temu – da bi prihranila čas delavcu pri raznih prehodih in vходу na traktor, ki pa nastopajo le v pomožnem produktivnem času. Videli bomo (naslednja poglavja poročila), da te možnosti niso veliko uporabljali.

Druga od možnih rešitev se morda kaže v povezavi s tehnologijami kratkega lesa. Izkušnje razvoja teh tehnologij so danes stare nad 30 let in njihovo sporočilo je jasno: strojna sečnja ni mogoča, če ne omogočimo stroju prehoda preko brezpotja k drevesu (recimo v okolico drevesa, ki je glede na stroj velika od 0 do okoli 10m). Stroji, ki po končani strojni sečnji vozijo les do kamionske ceste (forardeji) morajo nujno uporabljati ustrezne poti (grajene in negrajene), katerih gostota se giblje tudi preko 400m/ha. Če takšen pristop sprejmemo kot nujnost razvoja potem se nakazujejo dodatne možnosti tudi pri tehnologijah dolgega lesa.

Povprečna razdalja zbiranja lesa, ki je bila pri naših meritvah razmeroma majhna, dopušča domnevo, da bi traktor, ki bi bil opremljen z ustrezno nakladalno napravo in kleščami, zbiral les hitreje s tem, da bi se na ustreznih terenih nujno moral še bolj približati lesu. To pomeni, da bi tako opremljen traktor dejansko nujno uporabljal bistveno večjo gostoto vlak (večino negrajenih po brezpotju) kot je to običajno v skladu z današnjo paradigmo spravila lesa v Sloveniji. Omejitve takšnega pristopa so le v prehodnosti terenov oz. prilagojenosti traktorjev za delo na težkem brezpotju in prilagojenosti za čim manjše poškodbe tal, ki bi z novim konceptom postale aktualnejše. Skratka: če sprejmemo strojno sečnjo in s tem delo strojev v neposredni okolici dreves, potem lahko sprejmemo enake spremembe tudi pri tehnologijah dolgega lesa. Opremljenost strojev mora biti seveda drugačna. Ne potrebujemo več neskončno dolge vrvi za privlačenje lesa in neskončno močnih vitlov, temveč naprave, ki so sposobne na razdaljah recimo 7 do 10m pritegniti srednje težke kose lesa do traktorja in naprave, ki so sposobne zbrano breme zagrabiti za potrebe vlačjenja lesa. Očitno je, da je takšna rešitev mogoča le pri traktorjih, ki bodo delali v ustreznih razmerah: pri ustrezni koncentraciji lesa in ustrezni velikosti dreves (slučajne sečnje ter zelo težka ali pretirano drobna drevesa in s tem sortimenti lahko povzročajo težave).

Prikazana struktura časov je povprečna in velja za vse povprečne spremenljivke in značilnosti meritev iz preglednice 1. Če bi spreminjali samo pravilno razdaljo, bi pri krajših razdaljah ugotovili še veliko bolj neugodno strukturo, saj bi fiksni časi zavzeli večji delež produktivnega časa kot na dolgih pravilnih razdaljah. Enako bi lahko zasledovali vpliv povprečnega kosa v bremenu in drugih dejavnikov.

Podobno lahko razmišljamo za delo na skladišču, ki zavzame preveč produktivnega časa. Tudi dodatni produktivni časi niso v vseh razmerah nujno potrebni za potek dela. Na deloviščih, kjer smo opravljali študij časa so bili ti časi neobhodni, povečali pa so normalni produktivni čas za 10%.

S toplimi barvami smo na sliki 2 označili neproduktivni čas. Glede na dosedanja spoznanja ponovno ocenimo, da je neproduktivni čas, ki smo ga izmerili pri delu s tem traktorjem v normalnih mejah s tem, da je potrebno posebej izpostaviti majhen delež zastojev zaradi stroja (vzdrževanje in manjša popravila).

## 4.2 Vlačenje lesa

Čase prazne in polne vožnje smo sešteli in jih za vsak ciklus preračunali na enoto bremena v tem ciklusu, izraženo v tonah in tako dobili podatke za regresijo. Zanimal nas je predvsem vpliv razdalje vlačjenja glede na smer vlačjenja, čeprav smo dokazali tudi vpliv povprečnega kosa v bremenu. Smer vlačjenja po ravnem smo merili le v ozkem razponu spravičnih razdalj, pa tudi podatki so kazali mnogo sorodnosti s pravilom lesa navzgor, zato smo za primerjave z drugimi traktorji izračunali kategorijo po ravnem kot povprečje vlačjenja navzdol in navzgor. Ugotovili smo naslednje regresijske enačbe (te enačbe je potrebno pomnožiti z 1.2776, da dobimo delovni čas):

$$T_{vl} = 1,07 + 0,0085 \cdot VLA \quad \text{za spravilo navzgor, } R=0,81, R^2=0,66, N=78$$

$$T_{vl} = 0,82 + 0,007 \cdot VLA \quad \text{za spravilo navzdol, } R=0,86, R^2=0,74, N=53$$

Kjer je:

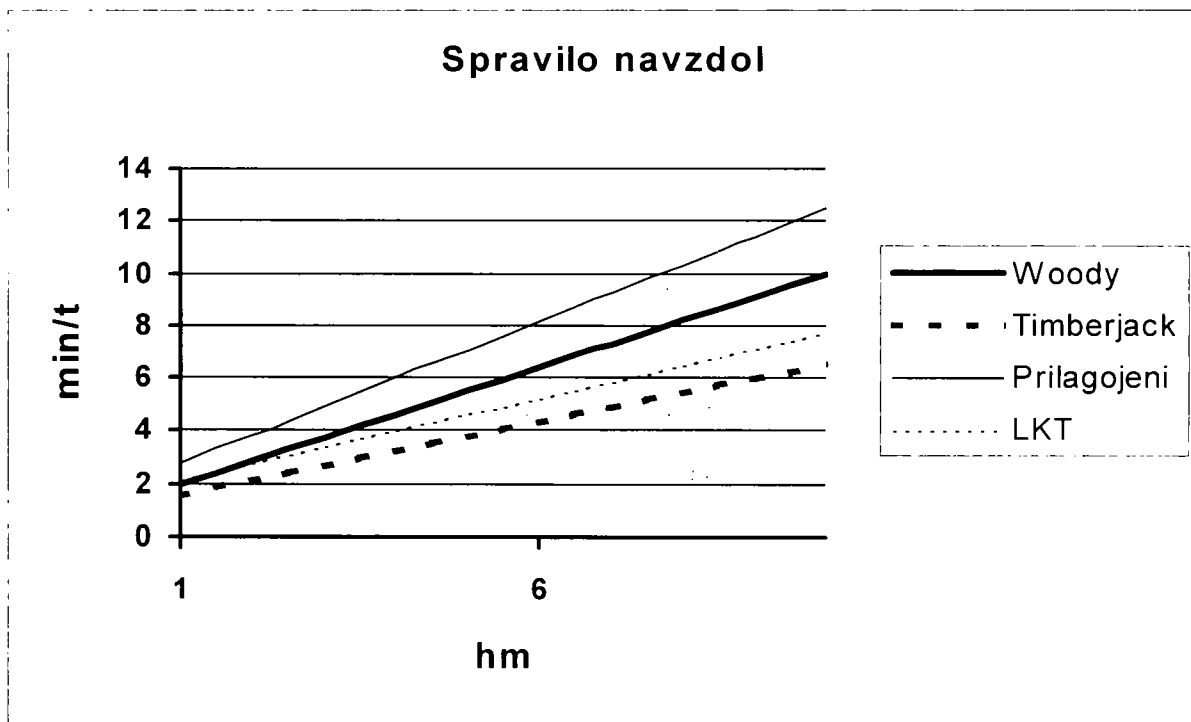
$T_{vl}$ : produktivni čas prazne in polne vožnje (min/t)

$VLA$ : razdalja vlačjenja (m)

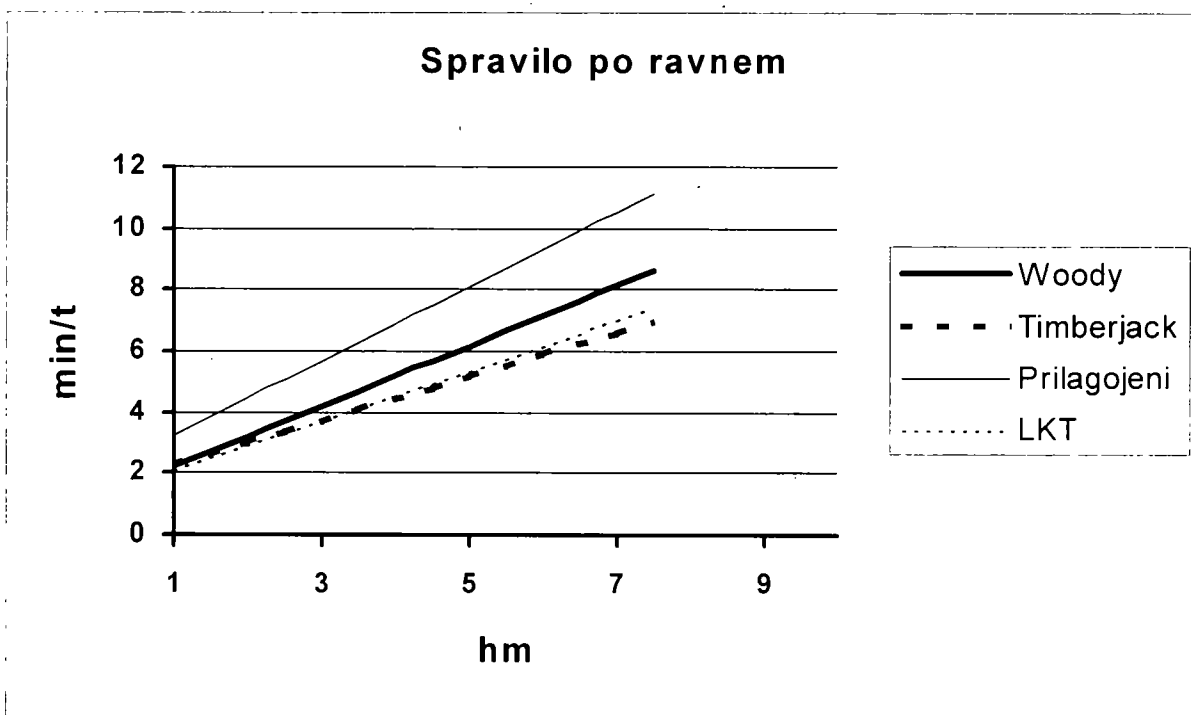
Za osnovo primerjav smo vzeli državne normative za traktorsko spravilo lesa (Ur. L. RS, št. 11, 1999, s. 956- 977) ter normative Hrvatskih šuma za spravilo lesa s traktorji. Med seboj smo primerjali štiri traktorje: veliki zgibnik (Timberjack), LKT 80 in LKT 81 (en normativ), prilagojeni traktor s pogonom na dve osi in Woody 110.

Za Woody je pomembnejše primerjava z zgibnikoma, zlasti s Timberjackom, ki je pri nas dolgo veljal za pojem učinkovitosti pri vlačjenju lesa. Pri spravilu lesa navzdol je učinkovitost Woodyja pri vseh spravičnih razdaljah manjša od Timberjacka, pa tudi od LKT, vendar razlike naraščajo z večjo razdaljo vlačjenja. Pri spravilu lesa po ravnem je Woody nekaj hitrejši od Timberjacka in LKT le pri zelo kratkih razdaljah, pa tudi sicer je razlika v vsem razponu razdalj zelo majhna. Pri spravilu lesa navzgor razlike med Woodyjem in Timberjackom skoraj ni več, pač pa je Woody precej hitrejši od LKT. Očitno pridejo pri tem do izraza kvalitete novega Woodyjevega pogona.

Razlike med Woodyjem in prilagojenim traktorjem so v vseh primerih zelo velike v prid večje učinkovitosti Woodyja. Pri primerjavah s prilagojenim traktorjem je potrebno imeti v mislih tudi to, da so povprečni tereni, kjer so merili prilagojene traktorjev objektivno lažji od terenov, kjer smo merili Woodyja ali izvirajo podatki za Timberjacka. V enakih razmerah bi – po vsej verjetnosti – bile razlike še večje.

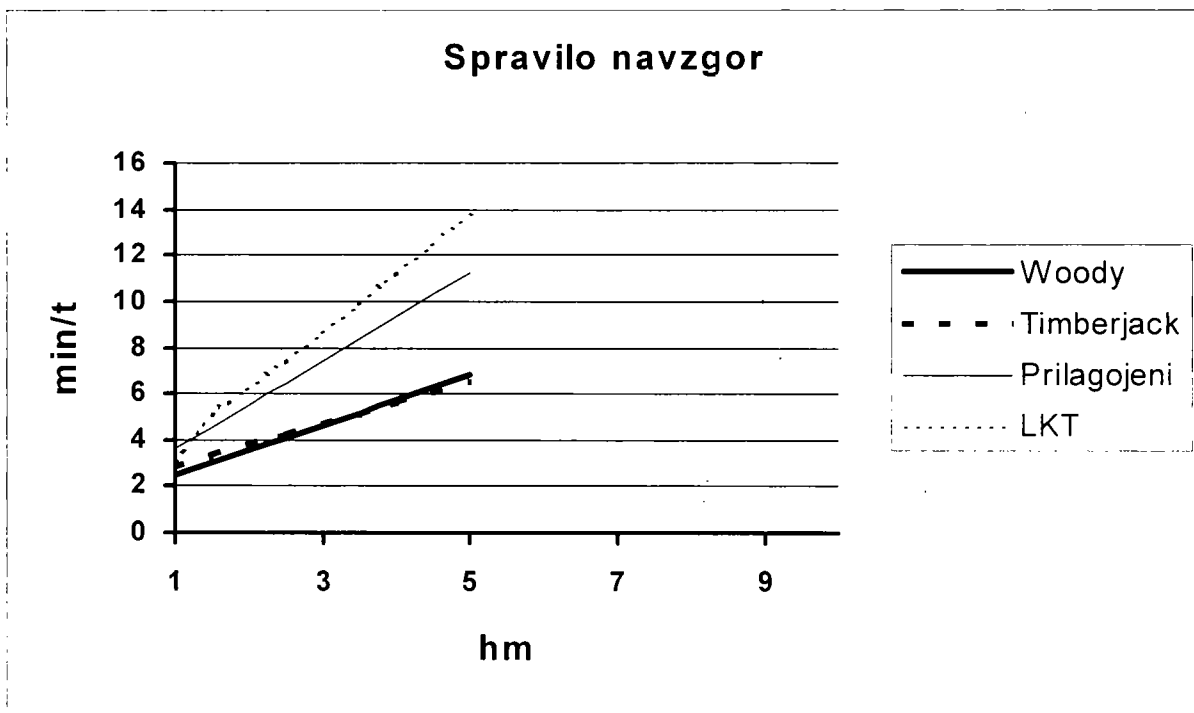


Slika 5: Primerjava porabe časa pri spravilu navzdol



Slika 6: Primerjava porabe časa pri spravilu po ravnem





Slika 7: Primerjava porabe časa pri spravilu navzgor

#### 4.4 Zbiranje lesa in delo na skladišču

V tej skupini časov so zajeti postopki, ki so med seboj močno različni in odvisni od številnih faktorjev. Na zbiranje lesa vplivajo zlasti sestojne značilnosti in način gospodarjenja, odprtost sestoja itd., na delo na skladišču pa vpliva položaj in širina ceste, dodatne zahteve glede sortiranja lesa itd. V tem času se pojavlja tudi dodatni produktivni čas.

Spodnja regresijska enačba podaja odvisnost vsega produktivnega časa zbiranja in dela na skladišču (z bonifikacijami popravljene izmerjene časi) od razdalje zbiranja lesa ter povprečnega kosa v bremenu. Vidimo, da je regresijski koeficient zelo velik, kar je presenetljivo za te vrste časov. Če bi želeli dobiti delovni čas, bi morali enačbo pomnožiti s 1,2776.

$$Tzs = -1,43 + ZBI * 0,44 + 1,87 / MAS \quad R = 0,71; R^2 = 0,50; N = 164$$

Kjer je:

Tzs: Čas zbiranja in dela na skladišču v (min/t),

ZBI: razdalja zbiranja (m),

MAS: povprečen kos v bremenu (t).

Za primerjave učinkov med traktorji smo izračunali regresijsko enačbo normalnega produktivnega časa od razdalje zbiranja in povprečnega kosa v bremenu. Razlog je v tem, da so med dodatnim

produktivnim časom opravila, ki niso odvisna od traktorja in delovnih razmer v sestoji. Menimo, da je ta opravila za namene normiranja vključiti kot bonifikacije na osnovni čas. Enačba se glasi:

$$T_{sz} = -1,22 + 0,41 \cdot ZBI + 1,56 / MAS \quad R = 0,81; R^2 = 0,66; N = 164$$

Ta regresijska odvisnost kaže večjo pojasnjeno varianco od prejšnje, kar je razumljivo, saj smo izločili določene čase, ki se pojavljajo le tu in tam (npr. pomoč sekaču, premikanje traktorja po sečišču itd). Analiza je pokazala, da so tako ugotovljeni časi zbiranja in dela na skladišču za okoli 10% nižji od časov vsega produktivnega časa pri teh postopkih. Tudi to enačbo je potrebno povečati za 1,2776, če bi želeli dobiti delovni čas.

V 87 ciklikih je bilo le slabih deset odstotkov takšnih, pri katerih je delavec uporabljal daljinsko vodenje traktorja. Pokazalo se je, da je poraba časa v povprečju manjša (preglednica 8), vendar so razlike med obema načinoma dela značilne na ravni komaj 10%, kar je zelo negotovo. Seveda si upamo trditi – glede na izkušnje in opazovanja – da bi daljinsko vodenje zagotovo pokazalo precejšnje časovne prihranke v pomožnem produktivnem času, če bi ga delavec več uporabljal. Toda, če se zadovoljimo z izračunano statistično značilnostjo in ocenimo pomen daljinskega krmiljenja vsega traktorja, potem je očitno, da gre za precejšen prihranek – pri primerjanih operacijah kar 70%. V povprečju pa bi bil to prihranek 0,91min/m<sup>3</sup>. V dnevni učinkih (spet to velja za povprečje), bi razlika med standardnim načinom dela in povsem daljinskim znašala nekaj čez 5%. Na krajših spravnih razdaljah bi bila ta razlika lahko znatno večja, na večjih razdaljah pa manjša.

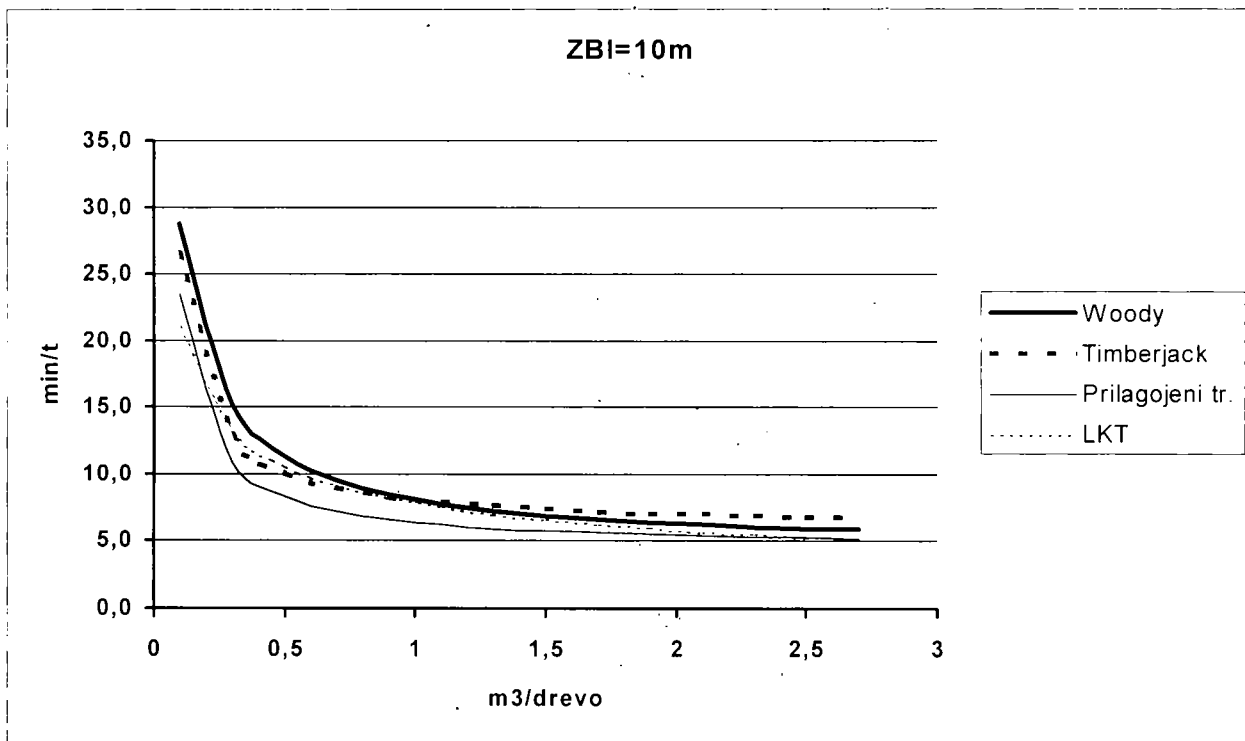
Preglednica 8: Povprečne vrednosti časov (min/100/t) in analiza variance za način dela pri zbiranju lesa in delu na skladišču

Povprečja	Aritmet. sredina	N	Std. odklon	Minimum	Maksimum
Standardno	861,14666	157	540,8392653	158,2582583	2684,848
Daljinsko	503,62441	7	307,4590551	202,4972855	1066,428
Skupaj	845,88656	164	537,2396082	158,2582583	2684,848
Analiza variance	Vsota kvadratov	Stop. prostosti	Povpr. kvadrat	F	Značilnost.
Med skupinama	856564,34	1	856564,3395	3,003648096	0,08498
V skupinah	46198296	162	285174,665		
Skupaj	47054860	163			

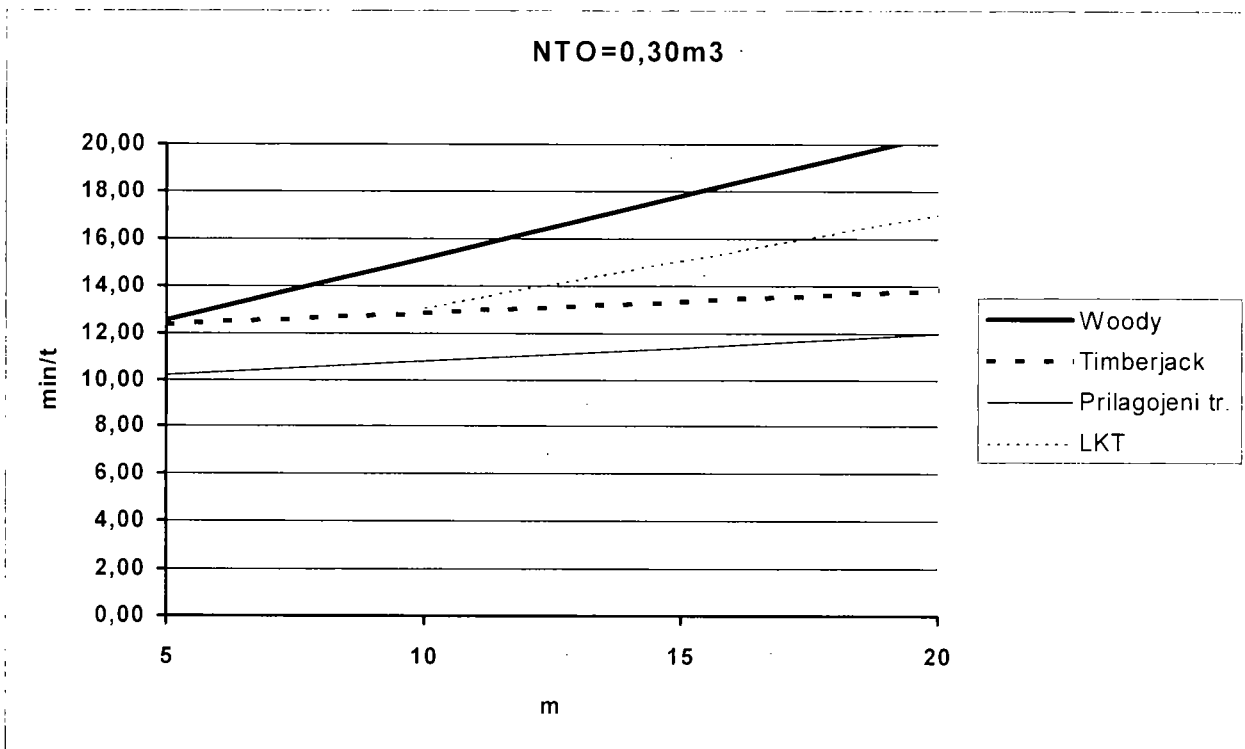
Struktura produktivnega časa kaže (preglednica 7), da, ahko traktorist uporablja daljinski način vodenja traktorja predvsem pri premiku traktorja pri privlačenju, kjer bi lahko pričakovali skrajšanje časa (doslej 14,47% delovnega časa), pri odvezovanju (doslej 6,43% delovnega časa) ter pri premiku v sestoji (2,62% delovnega časa) in sortiranju (1,95% delovnega časa). To je skupaj 25,47% delovnega časa, kjer bi lahko pričakovali skrajšanje trajanja dela. Pri samem privlačenju ne moremo pričakovati zelo velikega skrajšanja, pri ostalih operacijah pa lahko kalkulatивно uporabimo zgornje ugotovitve. Tako skrajšane operacije bi po doslednem daljinskem vodenju stroja zavzemale med 18 in 22% delovnega časa. Dnevni učinki bi se lahko povečali največ za 8%. Pri krajših spravnih razdaljah bi bilo povečanje večje, pri večjih razdaljah pa manjše.

Primerjava z drugimi traktorji da nepričakovano neugodne rezultate za delo z Woodyjem, če upoštevamo njegovo sodobno opremo – močan in daljinsko vodeni vitel. Če pogledamo najprej odvisnost časa zbiranja in dela na skladišču od velikosti srednjega neto drevesa, vidimo v vseh treh primerih hiperbolično odvisnost s tem, da potrebujemo pri delu z Woodyjem več časa, ki pa se zmanjšuje (in s tem tudi razlika) z večanjem velikosti drevesa (slika 8). Šele pri zelo debelem drevju se poraba časa pri Woodyju nekako z drugimi traktorji oz. postane delo z njim hitrejše. Na sliki 8 so prikazane te odvisnosti pri razdalji zbiranja 10m, ki je blizu povprečne. Pri drugih razdaljah zbiranja lesa so odvisnosti zelo podobne, le da je poraba časa različna.

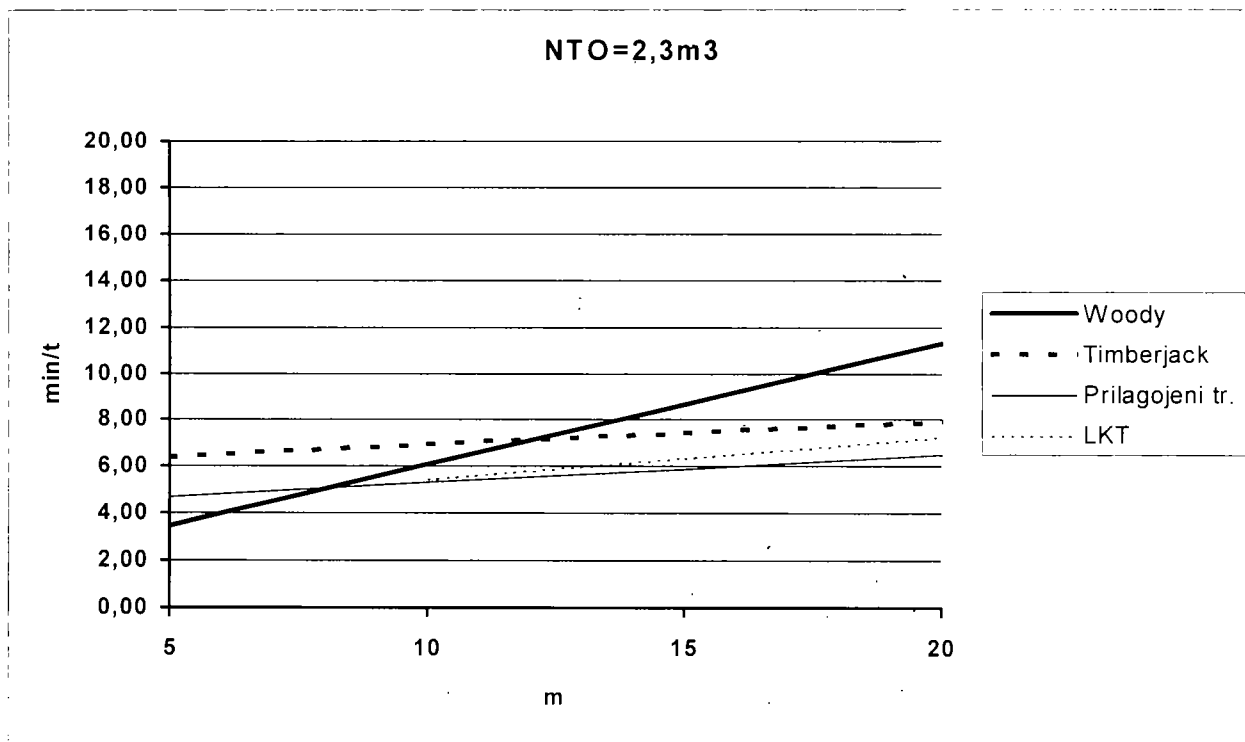
Odvisnost pomožnega produktivnega časa od razdalje zbiranja je linearna v vseh treh primerih, vendar vpliva razdalja zbiranja veliko bolj na čase pri Woodyju kot pri ostalih dveh traktorjih (naklon krivulje je večji). Tudi pri tej primerjavi so razlike presenetljivo velike. Pri drobnem lesu in večjih razdaljah zbiranja (slika 9) so razlike povečini v škodo Woodyja, saj zelo hitro naraščajo z večanjem razdalje zbiranja. Pri zelo debelem drevju in manjših razdaljah zbiranja pa je Woody najhitrejši. Pri tem moramo upoštevati, da je med primerjanimi traktorji le Woody opremljen z daljinsko vodenim vitlom. Opazovanje navedenih primerjav nakazuje možnost, da bi ob večjem številu podatkov za traktor Woody lahko prišli do drugačnih rezultatov, saj so razlike med časi zbiranja in dela na skladišču med Woodyjem in obema traktorjema najmanjše prav v območju največje zanesljivosti podatkov za Woody.



Slika 8: Poraba časa za zbiranje in delo na skladišču pri razdalji zbiranja 10m glede na velikost srednjega neto drevesa



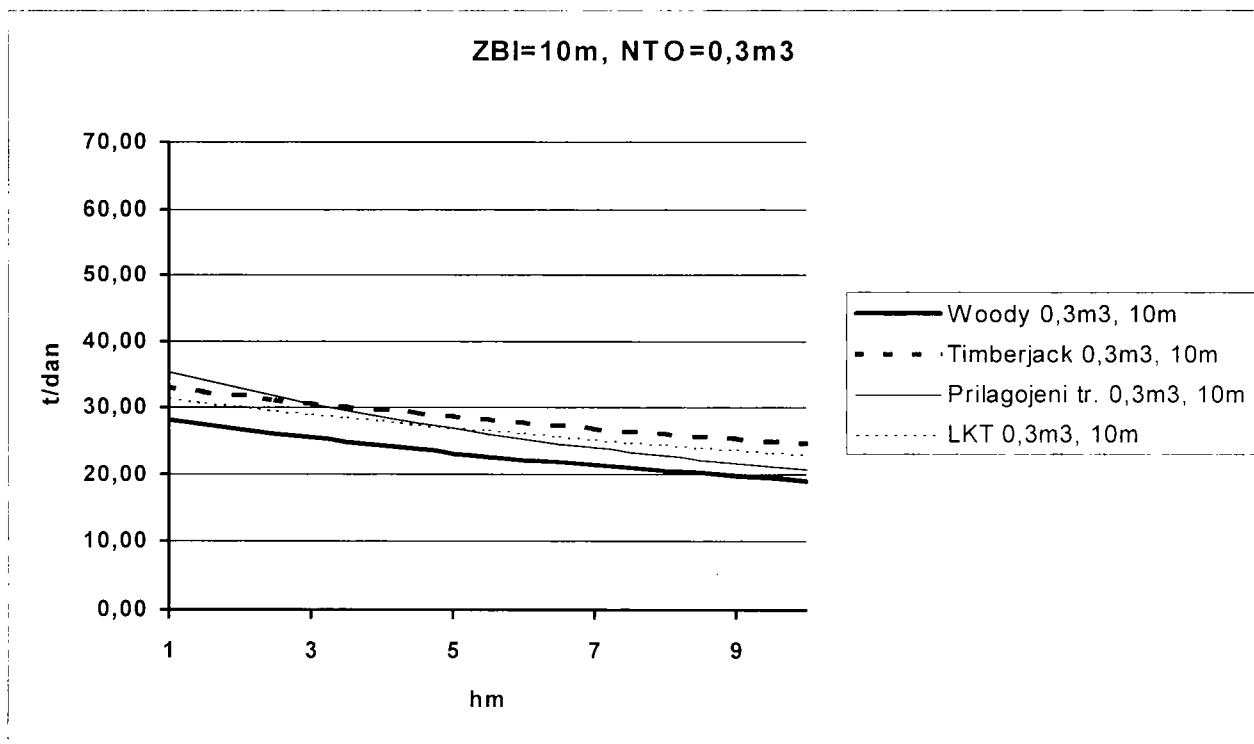
Slika 9: Poraba časa pri zbiranju in delu na skladišču pri srednjem neto drevesu 0,30m<sup>3</sup> glede na razdaljo zbiranja lesa



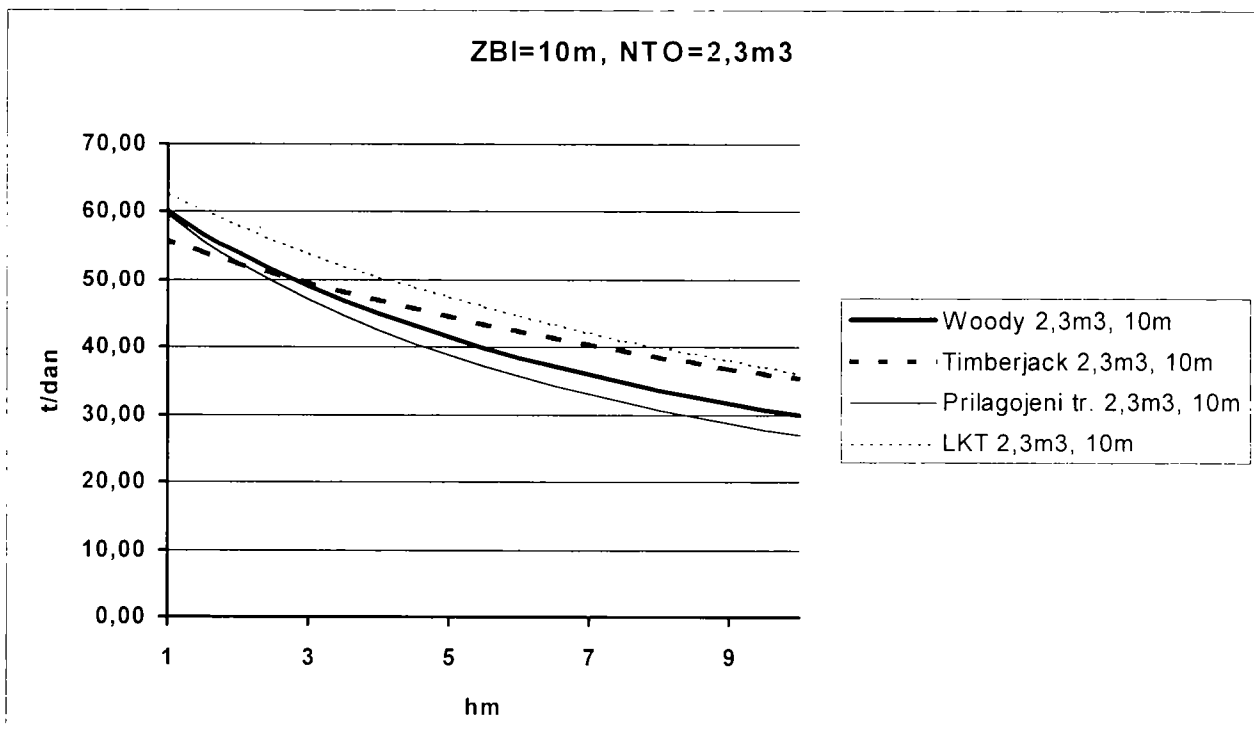
Slika 10: Poraba časa pri zbiranju in delu na skladišču pri srednjem drevesu 2,30m<sup>3</sup> glede na razdaljo zbiranja lesa

#### 4.5 Dnevni učinki

Pri dnevni učinki se odražajo ugotovitve iz prejšnjih poglavij. Slika 11 kaže najneugodnejšo primerjavo za Woodyja – spravilo lesa navzdol pri povprečni razdalji zbiranja 10m in pri drobnem drevju. Na tak rezultat v tem primeru največ vpliva dejstvo, da smo pri Woodyju izmerili velike čase zbiranja in dela na delovišču pri drobnem drevju.

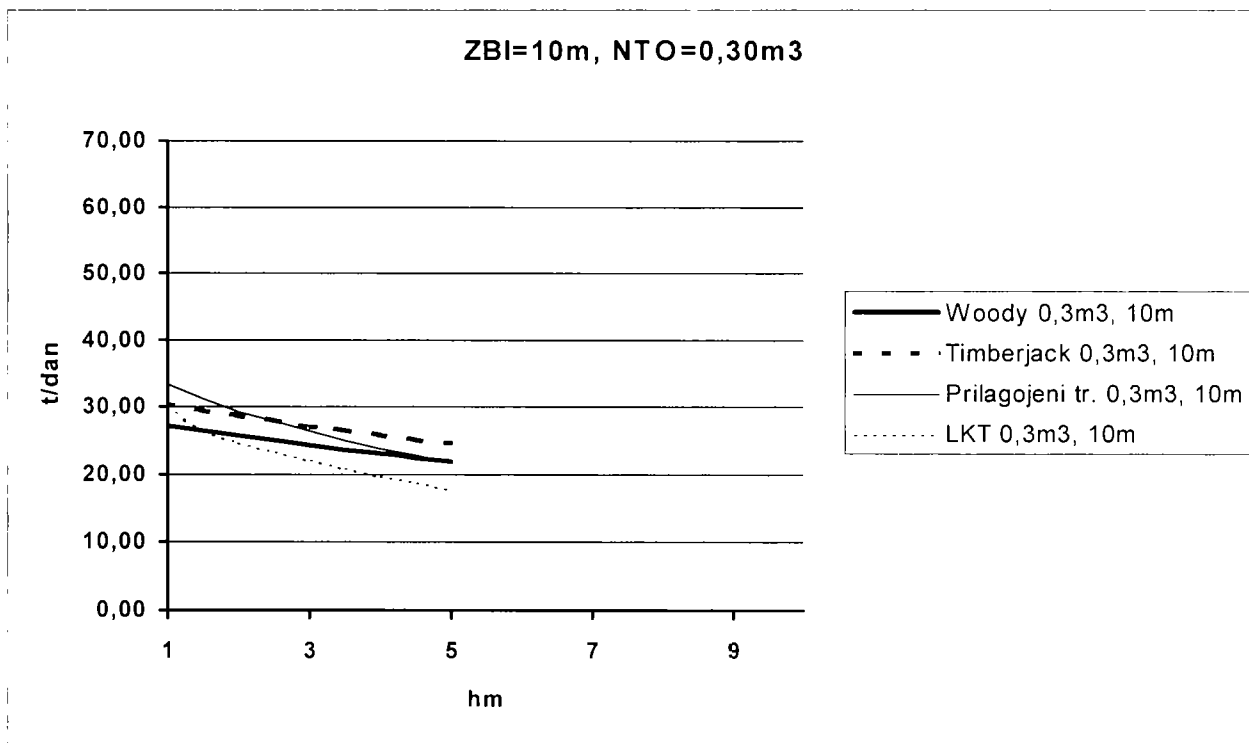


Slika 11: Dnevni učinki pri spravilu lesa navzdol pri razdalji zbiranja 10m in velikosti neto drevesa 0,3m<sup>3</sup>

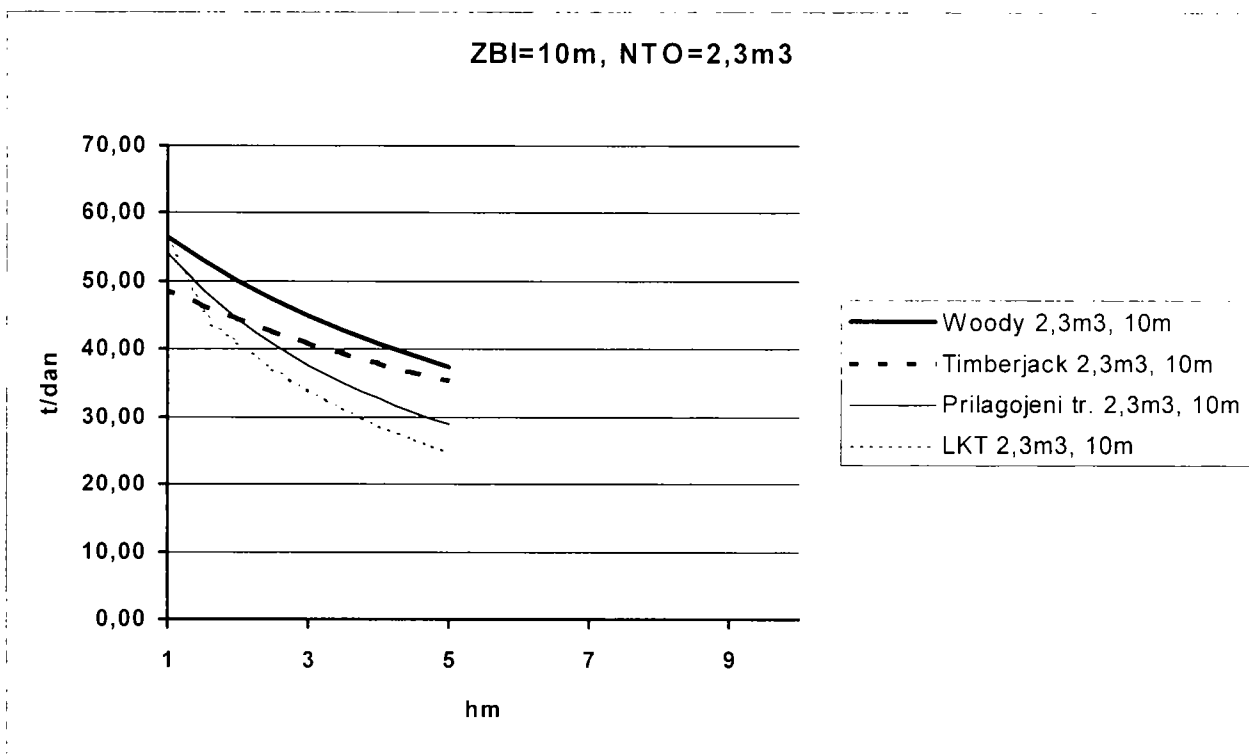


Slika 12: Dnevni učinki pri spravilu lesa navzdol pri razdalji zbiranja 10m in velikosti neto drevesa 2,3m<sup>3</sup>

Spravilo lesa navzdol pri debelejšem drevju (slika 12) je bolj ugodno za Woodyja, čeprav je pri večjih razdaljah med zgibnimi traktorji še vedno najmanj učinkovit. Učinkovitejši je – vsaj na razdaljah nad 300m - od Timberjacka.



Slika 13: Dnevni učinki pri spravilu lesa navzgor pri razdalji zbiranja 10m in velikosti neto drevesa 0,30m<sup>3</sup>



Slika 14: Dnevni učinki pri spravilu lesa navzgor pri razdalji zbiranja 10m in velikosti povprečnega drevesa 2,3m<sup>3</sup>

Pri spravilu lesa navzgor se vrsti red krivulj - traktorskih učinkov spremeni. Pri drobnem lesu (slika 13) je Woody skoraj na vseh razdaljah učinkovitejši od LKT, vendar še ne dosega učinkov obeh drugih traktorjev. Pri spravilu debelejšega lesa navzgor, pa Woody očitno pokaže svoje prednosti. Hitrejši je celo od Timberjacka in je izdatno učinkovitejši od LKT in prilagojenega kolesnika na dve osi (slika 14).

## 5 STROŠKI

Stroške spravila lesa smo ocenili s pomočjo skrajšanih kalkulacij. Stroške na tono smo izračunali le za srednjedebel les, za razdaljo vlačena 10m in za različne razdalje pri vlačanju lesa navzdol in navzgor. V kalkulaciji nismo upoštevali različnih stroškov popravil in vzdrževanja, kot ne različnega števila delovnih dni na leto zaradi večjih izpadov. Nabavne cene, ki so osnova za takšen izračun so bile naslednje:

Preglednica 9: Nabavne cene in stroški delovne ure traktorjev v primerjavi

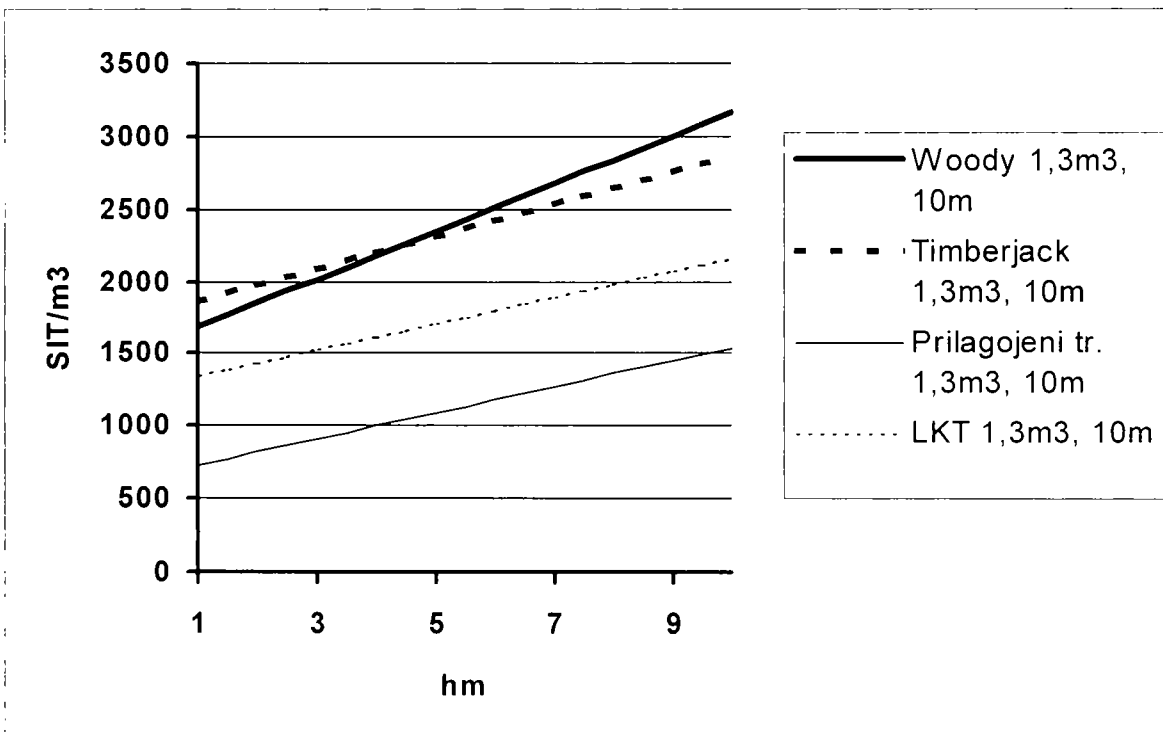
	Prilagojeni	LKT	Timberjack	Woody
<b>Nabavna cena SIT</b>	8.000.000	16.000.000	22.000.000	18.000.000*
<b>Delovnih ur</b>	7168	8160	8160	8160
<b>SIT/h</b>	5022	8824	12132	9926
<b>SIT/d</b>	40179	70588	97059	79412

\*cena je le ocenjena, ker proizvajalec ni dal informacije o prodajni ceni traktorja

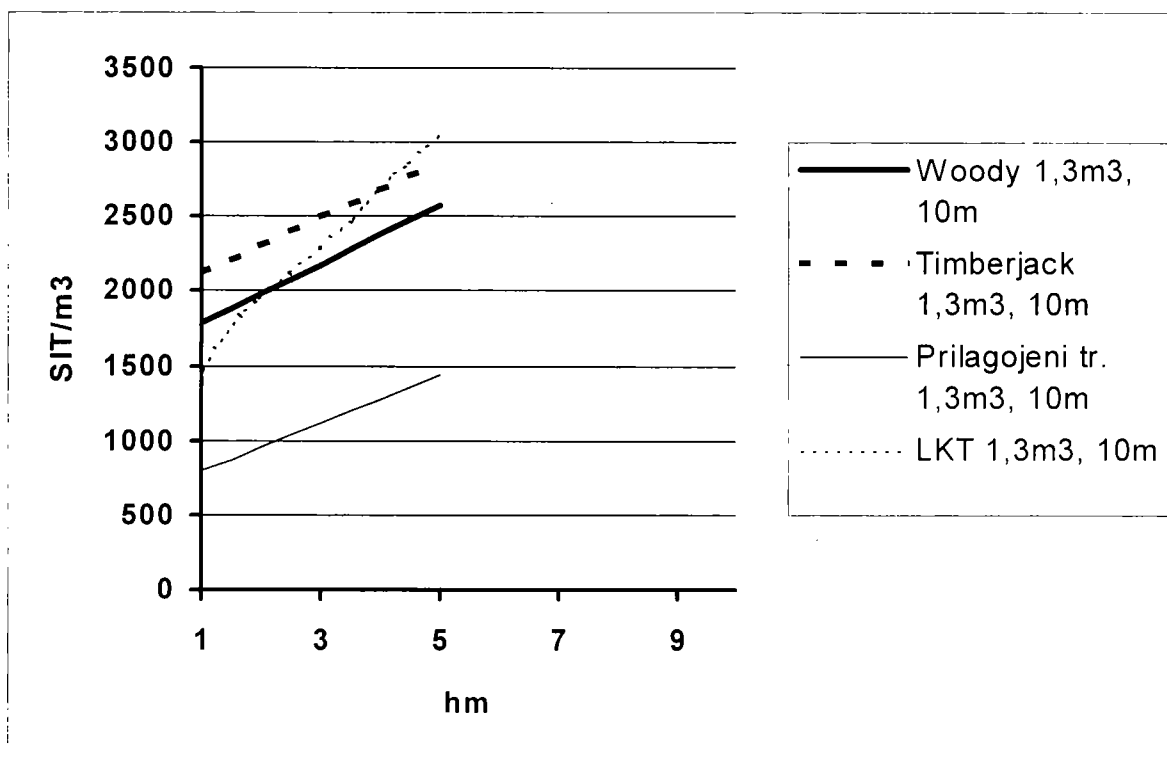
Rezultati so prikazani na slikah 15 in 16. Prilagojeni traktorji so v vseh primerih najcenejši – spet je potrebno opozoriti, da v lažjih delovnih razmerah. Skupina zgibnikov precej odstopa navzgor. Očitno je, da razlike med učinki traktorjev niso tako velike, da bi odpravile vpliv nabavne cene traktorja. Pri spravilu navzdol je tako najcenejši LKT, Woody je – tako kot njegova nabavna cena – nekaj dražji, vendar še vedno pod stroški spravila lesa s Timberjackom. Slednji je najdražji tudi pri spravilu navzgor, kjer pa je Woody v skupini zgibnikov najcenejši.

Če bi bila nabavna cena Woodyja manjša za dva milijona, bi postal precej cenejši od Timberjacka pri spravilu navzdol na vseh razdaljah, na kratkih razdaljah pa približno enako drag kot LKT. Pri spravilu navzgor bi svojo prednost še povečal. Če pa bi se nabavna cena Woodyja povečala za dva milijona, bi to škodilo njegovi konkurenčnosti predvsem pri spravilu lesa navzdol, kjer bi postal dražji od Timberjacka na večjih razdaljah (nad 500m). Še vedno pa bi ostal najcenejši pri spravilu lesa navzgor.





Slika 15: Stroški spravila lesa navzdol pri srednjedebelem lesu



Slika 16: Stroški spravila lesa navzgor pri srednjedebelem lesu

Struktura delovnega časa je pokazala dokaj ugodno sliko predvsem glede razmerja med produktivnim in neproduktivnim časom. Slednji je v mnogočem odvisen od traktorista, zato lahko sklepamo, da sta bila oba traktorista usposobljena za tovrstno delo. Struktura delovnega časa ciklusa pa je pokazala tudi na slabosti njenega načina dela – na prevelik delež pcmožnih produktivnih časov. V delovnem času je zelo majhen delež časa zaradi popravil in vzdrževanja.

Časi, ki z vidika transporta niso nujni, pač pa so lahko v določenih razmerah potrebni, so dodatni produktivni časi in teh je bilo pri naših meritvah okoli 10% produktivnih časov ciklusa. Te čase v primerjavah učinkov traktorjev nismo upoštevali.

Woody se je izkazal kot hitrejši traktor v primerjavah vlačanja lesa navzgor, torej v glavnem produktivnem času. Njegove prednosti, ki smo jih uspeli dokazati v tej raziskavi, so predvsem pri spravilu zelo debelega lesa navzgor, ki se šteje za zahtevnejše. Pri spravilu lesa navzdol in po ravnem se je Woody izkazal za počasnejšega na večjih pravilnih razdaljah. Na kratkih razdaljah so razlike med zgibniki zelo majhne, ponekod v prid Woodyja. Glede na to, da so izmerjeni časi preračunani na enoto (tono), bi dobili drugačne rezultate, če bi traktorista pri spravilu navzdol pripenjala večje breme.

Pomožni produktivni časi, ki smo jih izmerili pri Woodyju, so večji kot pri drugih traktorjih. Woody je porabil več časa za zbiranje in delo na skladišču pri skoraj vseh razdaljah zbiranja in velikostih bremen. Izjema je le pri zelo velikih drevesih (velik povprečen kos v bremenu) in kratkih razdaljah zbiranja lesa. Velikost kosa v bremenu, število kosov in velikost bremena so v tesnem medsebojnem razmerju.

Ugotovljene odvisnosti kažejo, da sta oba traktorista porabila nadpovprečno veliko časa pri vezanju posameznih kosov. To še posebej velja za razvlačevanje vrvi in privlačevanje bremen (razdalja zbiranja ima zelo pomemben vpliv). Podobno velja za delo na skladišču, kjer so časi odvezovanja pretirano dolgi. Te ugotovitve vsekakor niso povezane z značilnostmi Woodyja temveč bolj z načinom dela traktoristov. Glede na to, da predstavljajo pomožni produktivni časi zelo velik delež delovnega časa ciklusa, so dnevni učinki Woodyja v velikem delu razporov vplivnih spremenljivk nižji od drugih traktorjev.

V raziskavi nismo mogli dokazati odločilne prednosti traktorja na povsem daljinsko upravljanje, ki je namenjeno zlasti skrajševanju časov zbiranja lesa in dela na skladišču. Vzrok je bil v tem, da je traktorist zelo malo uporabljal tak način dela. Če bi želeli to nadoknaditi pri nadaljnjih meritvah, sta možnosti le dve: usposobiti traktorista za nov način dela, ali zamenjati traktorista z drugim, ki bi obvladal nov način dela. Možnost je pravzaprav še ena – če bi želeli primerjati obe možnosti – usmerjeni poskus z detajlnimi snemanji gibov, vendar v tem primeru ne bi dobili rezultatov, ki bi bili neposredno uporabni za gozdarsko operativo.

Znižanje pomožnega produktivnega časa je pomembna prioriteta pri oblikovanju dela v prihodnosti. Možnosti so – poleg različnih organizacijskih prijemov – še: oprema traktorja z napravo za nakladanje in kleščami za zbiranje lesa in dosledna uporaba daljinskega vodenja traktorja.

Predlagamo, da se meritve časov in učinkov spravila lesa z Woodyjem – z določenimi spremembami - nadaljujejo tudi v naslednjem letu. Predlagamo tudi, da opravimo na primernem objektu podrobno snemanje gibov predvsem pri pomožnem produktivnem času – v tistem delu, kjer lahko pričakujemo uporabo daljinskega vodenja traktorja. Prepričani smo, da bi tako izboljšali zanesljivost primerjav med učinki Woodyja in drugih traktorjev in pojasnili določene podmene. Primerjave bi postale objektivnejše.



Marijan LIPOGLAVŠEK

## ERGONOMSKE ZNAČILNOSTI TRAKTORJA WOODY 110

Kazalo

1	ROPOT.....	45
2	TRESENJE.....	49
3	IZPUŠNI PLINI.....	55
4	CELOVITA ERGONOMSKA OCENA.....	55
5	PRILOGE.....	58

V okviru proučevanja uporabnosti zgibnega traktorja s hidrostatskim pogonom WOODY 110 v slovenskem gozdarstvu za spravilo lesa z vlačanjem po tleh smo na področju GG Postojna proučili tudi ergonomske značilnosti. Na obratu Snežnik smo v Leskovi dolini pilotsko izmerili ropot traktorja in koncentracijo ogljikovega monoksida v kabini med 4 cikli spravila in v mirovanju. V Leskovi dolini smo tudi izdelali celovito ergonomsko oceno traktorja in predloge za ergonomske izboljšave. Na obratu Ilirska Bistrica smo na delovišču v revirju Gomance zopet zgoj pilotsko med štirimi cikli spravila (dva sta bila nepopolna) izmerili tresenje na sedežu traktorja. Za ropot in tresenje smo skušali oceniti tudi obremenjenost traktorista s tema neugodnima dejavnikoma delovnega okolja. Sodelavci gozdarskega inštituta so merili še emisije ogljikovega monoksida in težavnost dela traktorista s pomočjo frekvence srčnega utripa. Rezultati njihovih meritev so primerjalno s traktorjem BELT GV 70 predmet drugega sestavka.

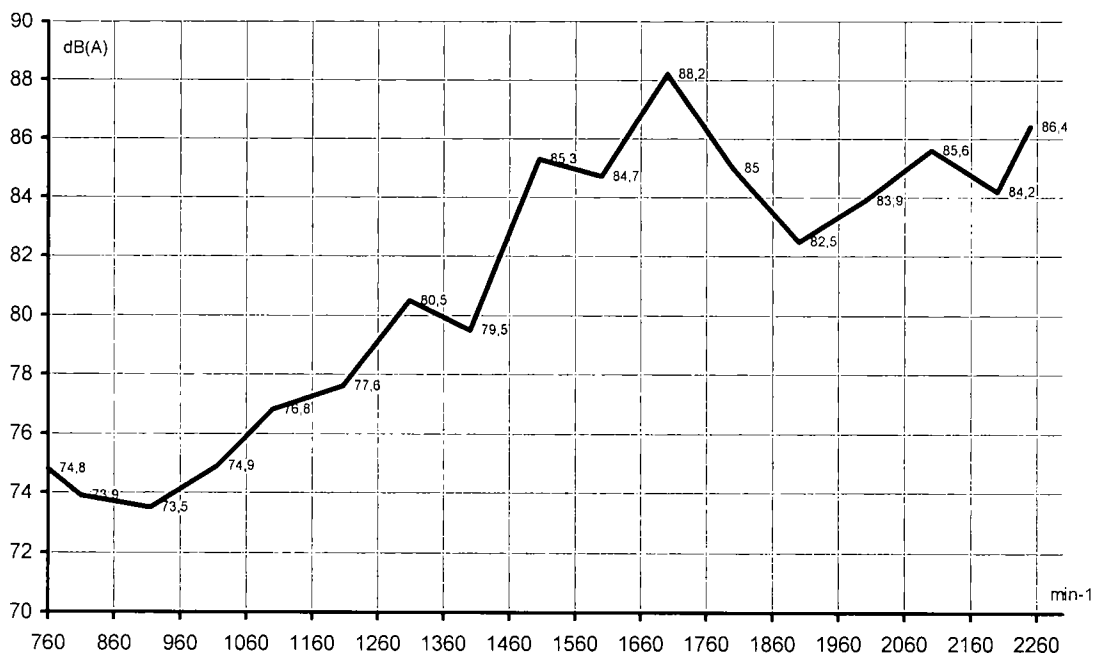
## 1 ROPOT

Ropot traktorja WOODY 110 (WS 1) smo merili 30.6.1999 na delovišču v revirju Leskova dolina (obrat Snežnik, GG Postojna). Z natančnim mikrofonom Brüel et Kjaer 4155 in merilnikom zvoka Brüel et Kjaer 2231 smo merili ropot v kabini traktorja pri različnih vrtilnih frekvencah motorja med mirovanjem traktorja in med štirimi cikli spravila lesa. Pri dveh vrtilnih frekvencah (prosti tek in delovni plin) smo izmerili ropot tudi ob traktorju na razdaljah od 0 do 12 m. Pri vseh meritvah je bil mikrofoni montiran na čelado ob desnem ušesu v višini oči traktorista. Med spravilom lesa je pomnilnik inštrumenta vsakih 30 sekund zabeležil ekstremne vrednosti in ekvivalentno jakost ropota, sicer pa smo izmerjene vrednosti vizualno odčitali na digitalnem zaslonu inštrumenta. Med spravilom lesa smo traktor in traktorista spremljali z video kamero, tako da smo lahko kasneje vsakemu izmerjenemu intervalu 30 sek. pripisali element dela - delovno operacijo, ki je prevladovala v tistem času. Že med snemanjem smo zbrane podatke o ropotu iz merilnika prenesli v računalnik, kjer smo jih potem obdelali s pomočjo programa MS-Excel. Kadar je traktorist zapustil traktor je čelada z mikrofonom ostala v kabini in je inštrument tudi meril ropot, ki pa ga pri izračunu obremenitev traktorista z ropotom nismo upoštevali. Kabina je bila le delno zaprta, saj je bilo ves čas priprto okno, občasno med zbiranjem lesa pa tudi odprta vrata.

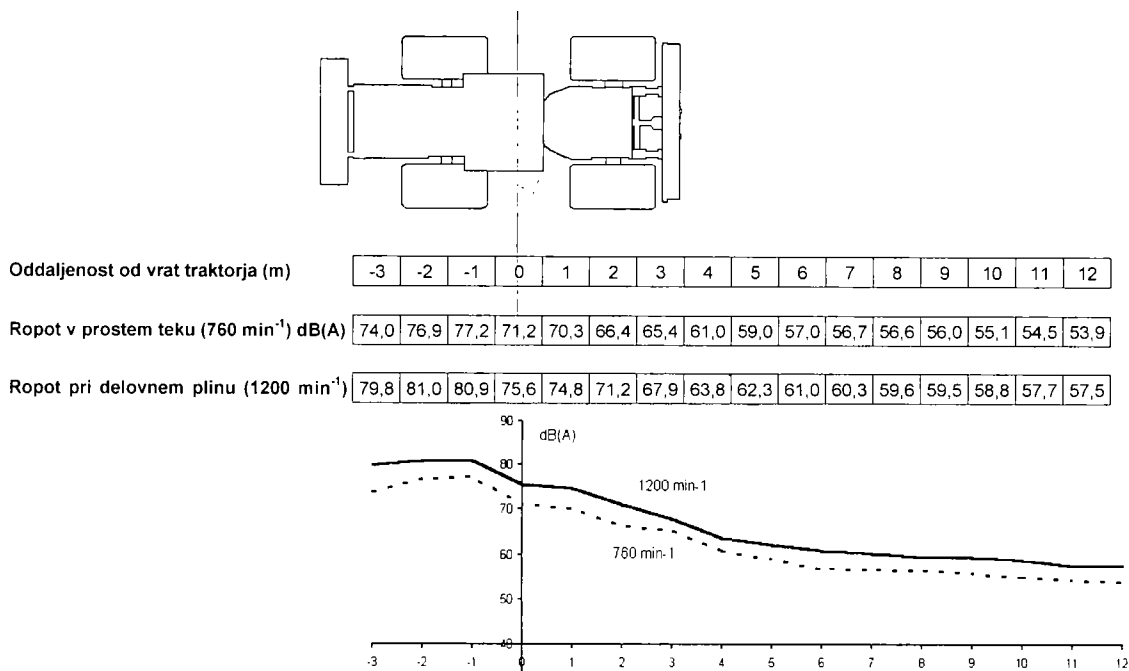
### 1.1 Ropot med mirovanjem traktorja

Medtem, ko je traktor stal na mestu neobremenjen, smo pri različnih vrtilnih frekvencah od 760 do 2250  $\text{min}^{-1}$ , ki smo jih nastavili in odčitali na števcu traktorja z dodajanjem plina, izmerili v kabini ob ušesu traktorista ropot jakosti od 73,5 do 88,2 dB(A). Na grafikonu 1 vidimo, da je jakost ropota do 1700  $\text{min}^{-1}$  sicer nepravilno, pa vendar približno linearno naraščala, nato padla, nad 1900  $\text{min}^{-1}$  pa znova naraščala. Pri vrtilni frekvenci 760  $\text{min}^{-1}$ , pri prostem teku smo ob traktorju, predvsem pa za traktorjem, kjer se traktorist pogosteje zadržuje, na vsak meter razdalje od izhoda iz traktorja izmerili jakost ropota spet v višini ušesa pokonci stoječe osebe in sicer od 77,2 do 53,9 dB(A). Podobno smo na istih točkah izmerili tudi ropot pri delovni vrtilni frekvenci 1200  $\text{min}^{-1}$  in sicer od največ 81 dB(A) ob

motorju do 57,5 dB(A) na razdalji 12 m. Na grafikonu 2 vidimo, da se jakost ropota z oddaljevanjem od traktorja hitro zmanjšuje. Izmerjeno jakost ropota (60 dB(A)) pri 7- 8 m oddaljenosti, za katero smo ocenili, da se traktorist tam najpogosteje nahaja med zbiranjem, smo uporabili za izračun njegove dnevne obremenjenosti.



Grafikon 1: Odvisnost ropota od vrtilne frekvence motorja traktorja WOODY



Grafikon 2: Jakost ropota ob in za traktorjem WOODY 110

## 1.2 Delovne razmere med merjenjem jakosti ropota pri spravilu lesa

Jakost ropota smo merili med štirimi cikli spravila lesa iz mešanega (bu-je-sm) sestoja v revirju Leskova dolina. Vlaka je bila dolga 405 m, vendar je traktcrst zbiral les na različnih mestih, tako da je spravilna razdalja znašala od 255 - 405 m. Vlačenje je potekalo navzgor po vlaki, večji del vlake je bil položen - največ 4% navzgor, srednji del vlake pa strm z največjim izmerjenim protivzponom 31% na razdalji 15 m. Tovori v posameznih ciklikih so bili relativno majhni od 0,59 do 3,26 m<sup>3</sup> - povprečno 2,16 m<sup>3</sup>, sestavljeni iz hlodov iglavcev in bukve ter bukovih goli. Traktorist (R.R.) je bil izkušen, saj ima že 27 let delovnega staža, od tega 20 let kot traktorist. Star je 43 let, visok 174 cm in težak 73 kg. Na delo se vozi z osebnim avtom (16 km od tega delovišča). Še nekatere druge podrobnosti o delovnih razmerah zlasti pa sestavo delovnega časa pri spravilu je mogoče povzeti iz preglednice 1.

## 1.3 Ropot med spravilom

Med štirimi cikli spravila je bila izmerjena jakost ropota. Najvišje kratkotrajne konice jakosti (v 2 msec) so dosegle najvišje vrednosti do 110 dB(A), maksimalna raven kot povprečje 1 sekunde je znašala največ 98 dB(A), ekvivalentne jakosti v polminutnih intervalih, ki so pomembne za obremenitev traktorista z ropotom, pa so nihale med 72 in največ 87 dB(A). Ekvivalentne jakosti ropota so bile največje med polno vožnjo - po posameznih ciklikih so nihale med 84,9 in 85,7 dB(A). med prazno vožnjo so bile od 83,3 do 84,8 dB(A) med obračanjem in ramoanjem pa že nižje med 78,8 in 83,0 dB(A). Med ostalimi operacijami smo sicer tudi merili ropot, vendar tedaj traktorista ni v traktorju in je izpostavljen precej manjšemu ropotu. Tudi premike traktorja med zbiranjem in sortiranjem lesa vodi daljinsko in je zunaj traktorja. Podrobnosti o izmerjenih jakostih ropota v produktivnem času prikazujemo v preglednici 1. Iz nje lahko povzamemo, da so znašale obremenitve traktorista povprečno v času, ko je v kabini traktorja med 80 in 85 dB(A), v vsem posnetem produktivnem času pa le 79,8 dB(A), ker je bil 56% produktivnega časa zunaj traktorja. Izračunali smo še obremenitev traktorista z ropotom ob upoštevanju sestave časa, ki je bila ugotovljena pri obsežnejših časovnih študijah (87 ciklusov spravila).



Preglednica 1: Obremenitev traktorista na WOODY-u 113 z ropotom

Element dela	LESKOVA DOLINA				GOMANCE		
	Obremenitev traktorista				Obremenitev traktorista pri drugih snemanjih časa		
	Posamezni	Povprečno			obrem. L <sub>ekv</sub> dB(A)	delež časa %	obrem. L <sub>ekv</sub> dB(A)
	ciklusi	delež časa	ropot L <sub>ekv</sub> dB(A)	delež časa			
ropot dB(A)	%		%				
PRAZNA VOŽNJA	83,3-84,8	17,8	84,1	22,8	83,3	17,1	83,3
OBRAČANJE	78,8-80,5	0,4	79,7				
ZBIRANJE LESA	(77,8-79,3)	40,9	60,0	34,5	60,0	46,0	60,0
PREMIKI	(78,9-81,1)	0,4	60,0	24,9	84,4	18,2	85,2
POLNA VOŽNJA	84,9-85,8	19,4	85,2				
ODVEZOVANJE	(72,6-76,8)	10,1	66,0	8,9	66,0	7,9	66,0
SORTIRANJE	(79,9-83,7)	4,9	66,0	2,3	66,0	2,8	82,0
RAMPANJE	82,0-83,0	6,1	82,5	6,6	82,5	8,0	82,5
PRODUKTIVNI ČAS		100	<b>79,8</b>	100	<b>81,1 (4,5 ure)</b>	100	<b>80,7 (6 ur)</b>
NEPRODUKTIVNI ČAS	(72,8-79,8)		50		50 (3,5 ure)		50 (2 uri)
DELOVNI ČAS					<b>78,6 (8 ur)</b>		<b>79,5 (8 ur)</b>
Trajanje prod.č. min/cikl.	18-29	24,7		47		56	
Razdalja zbiranja				11		12	
Spravilna razdalja m	255-405			514		403	
povprečni tovor m <sup>3</sup>		2,16		4,08		3,72	
št. kosov		7,5		7,7		8,8	
m <sup>3</sup> /kos		0,29		0,74		0,54	
Število ciklusov		4		87		77	

Po tem izračunu je obremenitev traktorista v produktivnem času 81,1 dB(A) in v osemurnem delovniku 78,6 dB(A). Pri tem smo upoštevali, da na delovni dan ta traktorist opravi le 270 minut ali 4,5 ur produktivnega časa, kar sledi iz samo štirih celodnevni snemanj (struktur delovnika). Z upoštevanjem več podmen smo še za drugega traktorista na Gomancah, ki nima daljinskega vodenja za vožnjo traktorista, ampak samo za vitel, izračunali obremenitev z ropotom. Znaša v produktivnem času nekaj manj (80,7 dB(A)), ker v težkem terenu porabi več časa za zbiranje lesa in v delovniku nekaj več (79,5 dB(A)), ker ima več produktivnega časa oziroma 350 minut ali okoli 6 ur na dan (podatki iz dveh celodnevni snemanj). Obremenitev traktorista z ropotom okoli 80 dB(A) v produktivnem času je bistveno nižja kot je bila ugotovljena pred leti pri spraviu lesa z drugimi traktorji:

	produktivni čas L <sub>ekv</sub> - dB(A)	delovni čas L <sub>ekv</sub> - dB(A)
zgibnik TBJ 208D	98,0	97,2
zgibnik BELT GV 50	93,0	92,2
zgibnik BELT GV 70	96,7	95,1
kolesnik IMT 560	94,2	93,3
goseničar FIAT 605	91,9	91,1

Veliko manjša je zato, ker stroj povzroča pri bistveno nižji delovni frekvenci motorja nižji ropot v traktorju in zato, ker daljinsko vodenje vitla in traktorja omogoča traktoristu da dela zunaj traktorja, kjer je ropot znatno manjši. Dnevne obremenitve traktorista so pri traktorju WOODY tudi pod dopustno mejo za pretežno fizično delo 85 dB(A) in ne pričakujemo, da bi povzročale okvare sluha. Ropot nad 60 dB(A) samo ovira delo, ker ovira delovno sposobnost traktorista. Pri vseh teh primerjavah moramo upoštevati, da zmanjšanje ekvivalentne jakosti ropota za 3 dB(A) pomeni zmanjšanje obremenjenosti na polovico. Lahko bi rekli, da je obremenjenost traktoristov pri spravi z WOODY traktorjem za 4-6 krat manjša, kot pri spravi z drugimi traktorji.

## 2 TRESENJE

Tresenje traktorja WOODY 110 smo merili 28.10.1999 na delovišču v revirju Gomance (obrat Ilirska Bistrica, GG Postojna). Triosni akcelerator Brüel et Kjaer 4321 smo namestili v posebej izdelano desko, ki smo jo položili na sedež traktorja in povezali z merilnikom Brüel et Kjaer 2231 z dodatkom za merjenje tresenja Brüel et Kjaer 2522. Merilnik je med spravi lesa meril tresenje v vseh treh smereh: vertikalni, bočno in naprej-nazaj in zabeležil vsakih 30 sekund ekstremne in srednje vrednosti jakosti tresenja - merjeno s pospeški. Za vsakih 30 sekund je tudi izračunal iz treh pravokotnih smeri vektorsko velikost. Zaradi primerjav z drugimi traktorji smo inštrument naravnali na linearno merjenje na frekvenčnem območju 1-180 Hz. Snemali smo štiri cikle sprave, vendar sta bila dva zaradi dolgega trajanja in omejene zmogljivosti pomnilnika (99 intervalov) posneta samo delno (le prazna vožnja in zbiranje lesa). Spravo lesa smo spremljali z video kamero, da smo kasneje vsakemu izmerjenemu intervalu pripisali element dela - delovno operacijo, ki je tedaj prevladovala. Posebej smo bili pozorni na trenutke, ko je traktorist zapuščal sedež ali sedal nanj. Izmerjene pospeške smo za prva dva ciklusa na terenu odčitali iz pomnilnika vizualno, za druga dva pa smo jih kasneje prenesli neposredno preko vmesnika v PC. V programu MS-Excel smo izpisali vse podatke in grafično izrisali njihov potek v posnetem času. Za ugotovitev frekvenčne porazdelitve tresenja in za oceno obremenjenosti traktorista smo načrtovali še poseben poizkus, pri katerem je traktorist z večjo hitrostjo vozil z eno stranjo traktorja preko 10 cm visoke ovire - rante, ki smo jo položili na cesto. Pospeške na sedežu smo tedaj merili z drugimi merilnimi inštrumenti. Uporabili smo triosni akcelerator B et K

4321, merilnik B et K 2511 in terci frekvenčni filter B et K 1621. Merili smo samo v vertikalni smeri, ker so med spraviom bili pospeški v tej smeri največji. Pospeške smo beležili (desetkrat večje od dejanskih) na papirni trak s pisalcem B et K 2306. Frekvenčna območja na filtru smo nastavljali ročno po sredinah terc od 0,20 do 50 Hz. Izmerjene pospeške smo zmanjšali sorazmerno posnetim povprečnim pospeškom v vertikalni smeri med produktivnim časom spravila lesa in jih primerjali z dopustnimi mejami obremenitev za 6 ur dnevne izpostavljenosti človeka tresenju, ki se prenaša na vse telo (WB).

## 2.1 Delovne razmere med merjenjem tresenja pri spravilu lesa

Jakost tresenja smo ugotavljali v revirju Gomance na kamniti, vendar gladki suhi vlaki dolžine 360 m. Ker je traktorist zbiral les na različnih mestih je bila spravična razdalja od 300 - 360 m. Teren je bil strm in zelo skalovit, za zbiranje lesa do vlake zelo neugoden. Vlaka je bila nagnjena pretežno v smeri spravila do 24%, vendar je bil na začetku 84 m dolg protivzpon z največjim vzdolžnim nagibom +18% (na 12 m dolžine). Po tem delu vlake je traktorist med prazno vožnjo vozil vzvratno, ker na koncu vlake zaradi strmega terena ni bilo prostora za obračanje. Traktorist je spravil les iz mešanega jelovo bukovega sestava hkrati dolg debelejši in droben les. Tovori so vsebovali od 3,20 do 4,63 m<sup>3</sup> ali povprečno 3,86 m<sup>3</sup> lesa oziroma 8,25 kosov. Še nekaj podrobnosti o delovnih razmerah zlasti sestavo delovnega časa je mogoče povzeti iz preglednice 2. Traktorist je bil tudi izkušen, star 45 let, visok 177 cm in težak 68 kg.

## 2.2 Tresenje med spraviom

Med štirimi cikli spravila lesa smo merili pospeške vibracij. Jakost tresenja med spraviom v posameznih smereh močno niha. Izmerili smo kratkotrajne konice (2 msec) v horizontalni (naprej-nazaj, x) smeri do največ 15,2 ms<sup>-2</sup>, v bočni (y) smeri do največ 20,3 ms<sup>-2</sup> in vertikalno (z) do največ 25,6 ms<sup>-2</sup>. Največja raven jakosti tresenja v posamezni sekundi je znašala horizontalno 2,9 ms<sup>-2</sup>, bočno 4,7 ms<sup>-2</sup> in vertikalno 5,4 ms<sup>-2</sup>. Srednje jakosti tresenja - kvadratične sredine pospeškov v polminutnih intervalih, ki smo jih uporabili za oceno tresenja traktorja in za oceno obremenjenosti traktorista so nihale od 0 do največ 1,98 ms<sup>-2</sup> horizontalno, 1,85 ms<sup>-2</sup> bočno in 3,3 ms<sup>-2</sup> vertikalno. Vse te številke kažejo, da so nizkofrekvenčne vibracije na sedežu traktorja najmočnejše v vertikalni smeri. To verjetno pomeni, da so njihov poglaviti izvor neravnosti na vlaki, ki povzročajo poskakovanje traktorja, ne pa pospeški, ki jih povzroča pogon traktorja, saj so v smeri naprej-nazaj najmanjše. Za posamezne delovne operacije produktivnega časa smo izračunali iz 30 sekundnih povprečij kvadratične sredine pospeškov. Za seštevke časov spraviom pa smo računali s trajanjem tehtane kvadratične sredine. Vse prikazujemo za naše posnete cikle in za širša časovna snemanja oziroma za ugotovljeno sestavo elementov dela v preglednici 2. Iz pospeškov v posameznih smereh je že merilnik izračunal vsako sekundo vektorsko velikost pospeškov tresenja in njene kvadratične sredine v 30 sekundah. Iz teh sredin smo izračunali tudi tehtano vektorsko velikost za posamezne elemente dela. Srednji pospeški v posameznih elementih dela so različni. Največji so med prazno vožnjo

(vektorska velikost  $2,28 \text{ ms}^{-2}$ , za spoznanje manjši med polno vožnjo in še manjši med rampanjem (vektor  $1,44 \text{ ms}^{-2}$ ). Med privlačevanjem tovora kadar je traktorist na sedežu in med sortiranjem lesa so najmanjši (vektor okrog  $0,80 \text{ ms}^{-2}$ ), med zbiranjem in odpenjanjem pa traktorist s tresenjem ni obremenjen, saj ga ni v traktorju. Pospeški v posameznih smereh so bili med elementi dela, ko je traktorist na sedežu izmerjeni povprečno v velikosti okrog  $1 \text{ ms}^{-2}$ , srednja vektorska velikost pa je znašala  $1,92 \text{ ms}^{-2}$ . Povprečno za ves produktivni čas znašajo v posameznih smereh obremenitve od  $0,57 \text{ ms}^{-2}$  do  $0,64 \text{ ms}^{-2}$  ali vektorska velikost  $1,17 \text{ ms}^{-2}$ . Če računamo, da je v osmih urah 6 ur produktivnega časa se dnevna obremenitev še zmanjša na vektorsko velikost  $1,01 \text{ ms}^{-2}$ . Za sestavo časa iz širših časovnih snemanj smo še izračunali za delovišče Gomance obremenitve traktorista s tresenjem, ki so zaradi daljših voženj nekaj večje. Vektorska velikost v vsem produktivnem času  $1,40$  in v delovnem  $1,21 \text{ ms}^{-2}$ . Podoben izračun za delovišče v Laskovi dolini, ki je komaj še realen, saj ne poznamo lastnosti vlak, da za produktivni čas vektorsko velikost  $1,59 \text{ ms}^{-2}$ . Ta je večja kot na Gomancah, ker je delež voženj, ko je tresenje največje, večji. Če primerjamo tresenje traktorja WOODY 110 z drugimi meritvami tresenja pri spravilu lesa s traktorji, vidimo, da je v produktivnem času tresenje na traktorju WOODY manjše kot pri vseh drugih traktorjih. Tresenje med tem ko je traktorist na sedežu je močnejše samo od tresenja traktorja BELT GV 50, ki je bil zaradi šibkega motorja pri delu zelo počasen, hitrost vožnje pa močno vpliva na tresenje. Celotno tresenje med 37% produktivnega časa je 2-3 krat šibkejše kot pri nekaterih drugih traktorjih (Belt GV 70, IMT 560 ali FIAT 505). Primerjava z dopustnimi mejami neposredno ni mogoča, ker smo merili pospeške linearno, dopustne meje (ISO 2631) pa so postavljene za frekvenčno tehtane človekovi občutljivosti prilagojene vrednosti. Linearno smo merili zato, da smo ta traktor lahko primerjali z meritvami tresenja v preteklosti pri spravilu lesa z drugimi traktorji. Ker pa smo med spravilom na Gomancah izmerili tehtano vsoto pospeškov, ki ni bila mnogo drugačna (manjša) od linearne vektorske velikosti, lahko zadnjo privzamemo tudi namesto tehtane vsote. Tedaj pa lahko ugotovimo, da bi po standardu ISO 2631 tudi tresenje na sedežu traktorja WOODY 110 pomenilo po dveh urah dela z njim resno nevarnost za okvare križnega dela hrbtenice.

Preglednica 2: Obremenitev traktorista na WOODY 110 s tresenjem

Element dela	Traktorist na sedežu	Povprečni ciklus spravila					Širša snemanja trajanja delovnih postopkov											
		GOMANCE					GOMANCE					LESKOVA DOLINA						
		Pospešek ms <sup>-2</sup>					Delež časa %					Pospešek ms <sup>-2</sup>						
		X	Y	Z	Vekt.	Delež časa %	X	Y	Z	Vekt.	Delež časa %	X	Y	Z	Vekt.			
Prazna vožnja	da	1,20	0,98	1,29	2,28	11,3	17,1			2,28	22,8				2,28			
Zbiranje lesa	da	0,35	0,30	0,30	0,78	3,3	46,0				34,5							
Polna vožnja	ne					54,6												
Odpenjanje	da	1,25	1,04	1,24	2,21	11,6	18,2			2,21	24,9				2,21			
Sortiranje	ne					8,3	7,9				8,9							
Rampanje	da	0,34	0,30	0,55	0,85	1,6	2,8			0,85	2,3							
	da	0,54	0,98	0,57	1,44	9,3	8,0			1,44	6,6				1,44			
Produkt. čas	da	1,01	0,94	1,05	1,92	37,1	46,1	1,10	0,92	1,14	2,06	54,3	1,16	1,01	1,20	2,16		
	ne					62,9	53,9					45,7						
6 ur	skupaj	0,61	0,57	0,64	1,17	100	100	0,75	0,62	0,77	1,40	4,5 ure	0,86	0,74	0,89	1,59		
Delovni čas 8 ur		0,53	0,49	0,55	1,01			0,65	0,54	0,67	1,21	8 ur	0,64	0,56	0,66	1,19		
Trajanje prod. časa min/ciklus		28,5 - 31,0					30,2	56					47					
Razdalja zbiranja	m							12					11					
Spravilna razdalja	m	300 - 360						403					514					
Povprečni tovor	m <sup>3</sup>	3,68						3,72					4,08					
Št. kosov	št. kosov	8,25						8,84					7,67					
m <sup>3</sup> /kos	m <sup>3</sup> /kos	0,47						0,54					0,74					
Število posnetih ciklusov		2 + 2						77					87					

Preglednica 3: Primerjava tresenja na sedežu med produktivnim časom med traktorji - linearno merjeni pospeški  $\text{ms}^{-2}$

	Linearno merjeni pospeški $\text{ms}^{-2}$			
	naprej-nazaj X	bočno Y	vertikalno Z	Vektorska vel.
WOODY 110				
traktorist na sedežu	1,01	0,94	1,05	1,92
ves produktivni čas	0,61	0,57	0,64	1,17
BELT GV 50	0,78	0,92	0,64	1,37
Belt GV 70	4,38	3,63	1,96	6,02
TBJ 208	1,48	1,83	1,47	2,77
IMT 560	2,73	1,42	2,62	4,04
FIAT 505	2,73	2,82	1,72	4,29

### 2.3 Frekvenčna analiza tresenja na sedežu

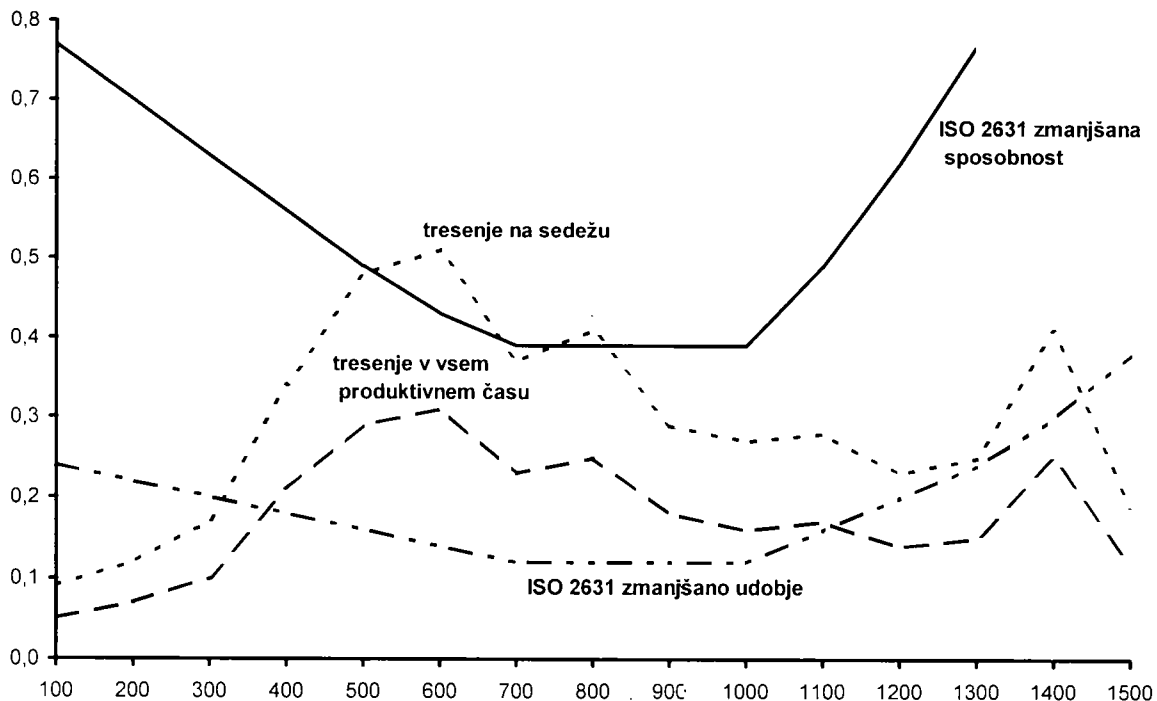
Pri vožnji traktorja čez oviro na cesti smo izmerili v terčnih frekvenčnih pasovih maksimalne vertikalne pospeške vibracij v območju od 0,20 do 50 Hz. Predpostavili smo, da je porazdelitev tresenja po frekvenčnih pasovih podobna tudi med spraviom lesa vendar, na nižji ravni. Izmerjene pospeške med poizkusom smo zmanjšali v razmerju izmerjenih linearnih pospeškov med spraviom in med "preskakovanjem" ovire. To smo naredili enkrat za produktivni čas na sedežu in drugič za ves produktivni čas traktorista. Vse izmerjene vrednosti frekvenčnih pasov smo množili s količnikoma  $1,05/8,22=0,127737$  in  $0,64/8,22=0,07786$ . Oba števca količnikov smo vzeli iz preglednice 2 za vertikalno smer vibracij, imenovalc pa je bil ugotovljen z dvakratnim merjenjem med preskakovanjem ovire. Tako izmerjene in izračunane pospeške po frekvenčnih pasovih prikazujemo v preglednici 4.

Če izračunane obremenitve po frekvenčnih pasovih primerjamo z dopustnimi mejami za 6 ur izpostavljenosti (produktivni čas) dnevno vidimo (grafikon 3), da tedaj, ko je traktorist na sedežu nekoliko presegajo mednarodno mejo zmanjšane delovne sposobnosti. Ker je traktorist veliko produktivnega časa na tleh, njegove dnevne obremenitve z vertikalnimi vibracijami ne presegajo dopustnega. Zmanjšujejo samo njegovo udobje. Drugi zgibni traktorji povzročajo obremenitve, ki so bistveno višje kot pri traktorjih Woody; le pri traktorju Belt GV 50 smo po frekvenčnih pasovih izmerili med delom na sedežu nekoliko nižje jakosti tresenja, vendar je traktorist Belta na sedežu mnogo dlje. Adaptirani kolesni kmetijski traktorji in goseničarji pa povzročajo tolikšno tresenje, da ogroža zdravje traktoristov.

Preglednica 4: Frekvence tresenja na sedežu traktorja WOODY

Sredina frekvenčnega pasu	Pospeški pri vožnji čez oviro	Obremenitev traktorista kadar je na sedežu	Obremenitev traktorista v vsem produktivnem času
Hz	ms <sup>-2</sup>	ms <sup>-2</sup>	ms <sup>-2</sup>
0,20	0,08		
0,25	0,08		
0,315	0,08		
0,40	0,08		
0,50	0,20		
0,63	0,27		
0,80	0,32		
1,0	0,68	0,09	0,05
1,25	0,93	0,12	0,07
1,6	1,32	0,17	0,10
2,0	2,70	0,34	0,21
2,5	3,72	0,48	0,29
3,15	3,98	0,51	0,31
4	2,92	0,37	0,23
5	3,18	0,41	0,25
6,3	2,30	0,29	0,18
8	2,08	0,27	0,16
10	2,22	0,28	0,17
12,5	1,80	0,23	0,14
16	1,98	0,25	0,15
20	3,20	0,41	0,25
25	1,52	0,19	0,12
31,5	0,76		
40	0,50		
50	0,54		
lin			





Grafikon 3: Frekvenčna analiza tresenja na sedežu traktorja WOODY 110

### 3 IZPUŠNI PLINI

Med spravilom lesa v Leskovi dolini oziroma med merjenjem ropota traktorja WOODY 110 smo na prsih traktorista namestili tudi merilnik koncentracij ogljikovega monoksida Dositox CO (proizvajalec Compur - München). Med štirimi cikli spravlja lesa ni zabeležil nobenih koncentracij CO, čeprav je njegova občutljivost 1 ppm. To je podobno kot pri spravlju lesa z drugimi traktorji, saj izpuh vodi vse pline nad kabino traktorja, pa tudi gibanje zraka v gozdu zelo hitro odnese ali razredči izpušne pline.

### 4 CELOVITA ERGONOMSKA OCENA

Traktor WOODY 110 smo celovito ergonomsko ocenili s pomočjo nemške (Mitteilungen des KWF, B 19, 1977) ergonomske vprašalne pole za ergonomsko presjco gozdarskih strojev. To vprašalno polo smo brali, ker smo že druge traktorje za spravilo lesa ocenjevali na enak način in je tako možna primerjava. Nemška vprašalna pola ima tudi veliko podrobnih vprašanj in je tako mogoče ocenjevati tudi podrobnosti in laže izdelati predloge za izboljšave.

Traktor je v zelo hladnem dnevu med parkiranjem traktorja ocenjevala v Leskovi dolini skupina gozdarskih strokovnjakov: Boris Černe, ing. gozd., vodja GO Knežak in Ilirska Bistrica, Vojko Telič, ing. gozd., vodja GO Snežnik in Cerknica, Bogdan Plesničar, varnostni ing., vodja službe za varstvo pri delu GG Postojna, Rajko Ris, traktorist, mag. Mirko Medved, dipl. ing. gozd., Gozdarski inštitut



Slovenije, Jure POKORN, tehnični sodelavec, Oddelek za gozdarstvo BF in prof. dr. Marjan Lipoglavšek, dipl.ing.gozd. Oddelek za gozdarstvo BF.

Odgovorili smo na 86 vprašanj od 92, kolikor jih vsebuje ergonomska pola. Za 6 vprašanj smo smatrali, da za našo oceno niso uporabna. Odgovarjali smo kot pola zahteva s tremi odgovori: ugodno +, delno ugodno 0 in neugodno -.

#### 4.1 Ergonomska ocena traktorja

Pola vsebuje 11 sklopov vprašanj. Razen z vidljivostjo z ergonomskim oblikovanjem nobenega od njih nismo bili povsem zadovoljni. Najslabše po številu neugodnih odgovorov smo ocenili za počasno delo manj pomembne kontrolne inštrumente, navodila za upravljanje in nego in popravila, ki jih opravlja traktorist sam. Priložena je izpolnjena ergonomska vprašalna pola. Za oceno smotrne razporejenosti elementov za upravljanje (odg. 5.1) prilagamo prikaz razporeditve in primerjavo z gibalnim poljem. V vsej vprašalni poli smo odgovorili ugodno na 70% in delno ugodno na 7% vprašanj. 23% vprašanj pa smo ocenili negativno, ker traktor ne izpolnjuje enega ali več kriterijev (Mitteilungen des KWF, B 19, 1977) za ergonomsko oceno delovnih strojev. Ko smo pred leti ocenjevali druge traktorje za spravilo lesa, smo postavili kot kriterij sprejemljivost 70% ugodnih in delno ugodnih odgovorov. Torej traktor WOODY 110 tudi izpolnjuje to zahtevo podobno kot nekateri drugi traktorji za spravilo lesa: Fiat 605 s kabino, Timberjack 208, Belt GV 50. Nekaterih zelo pomembnih zahtev za varnost dela pa ne izpolnjuje ali pa zanje nima dokazil in tako po naših sedanjih kriterijih ne bi mogel dobiti pozitivne strokovne ocene o varnem delu z njim. To so en sam izhod iz kabine, ostri robovi v kabini, ob katerih lahko traktorist dobi poškodbe, proste hidravlične cevi, trdnostni test kabine.

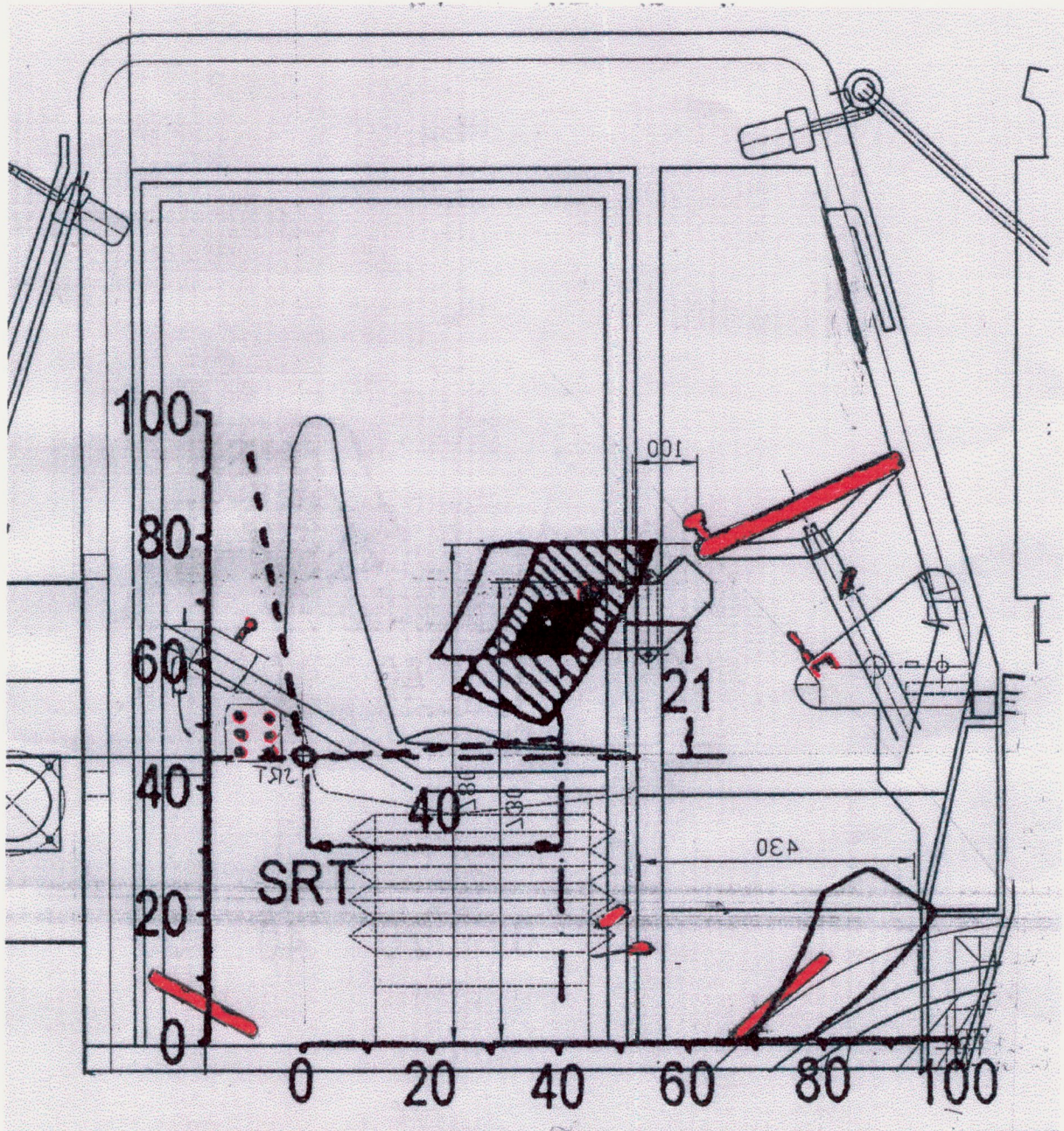
#### 4.2 Predlogi za izboljšave

Med ocenjevanjem ergonomskih lastnosti smo iskali za vse tiste, s katerimi nismo bili zadovoljni, ergonomske izboljšave. Tudi pri nekaterih pozitivnih odgovorih so nastali dodatni predlogi za izboljšave. Nekateri med njimi niso samo ergonomski, ampak tudi tehnični oziroma tehnološki. Predlagane spremembe navajamo v nadaljevanju, nekatere med njimi prikazujemo na fotografijah traktorja.

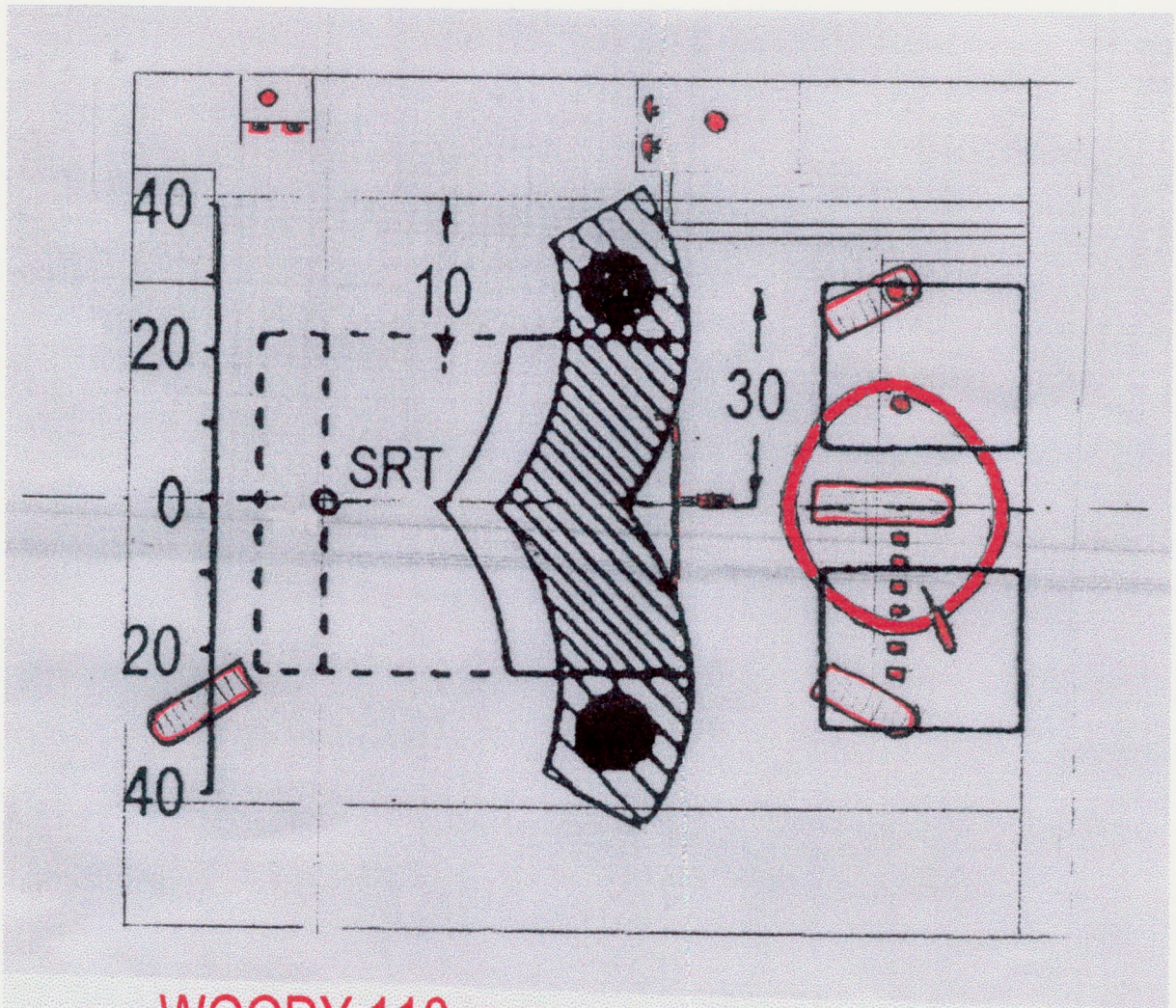
Predlogi za izboljšave traktorja Woody 110:

- dodati še eno visečo stopnico in spremeniti višino obstoječih (vprašanje 1.1)
- ročaj ob vhodu premakniti na prednji rob vhoda (1.4)
- dodati pokončni ročaj na vrata (1.4)
- vogale vrat (tudi vhoda) spodaj odrezati ali zaobliti (1.6)
- zaobliti spodnji okvir sedeža (1.7)
- izdelati vrata še na desni strani (akumulator večji drugam 1.8); razmisliti o drsnih vratih
- odmakniti volan od prednjega stekla še za vsaj 3 cm (2.1) ali izdelati premakljiv volan
- vse ostre robove v kabini zaobliti, vogale zapreti

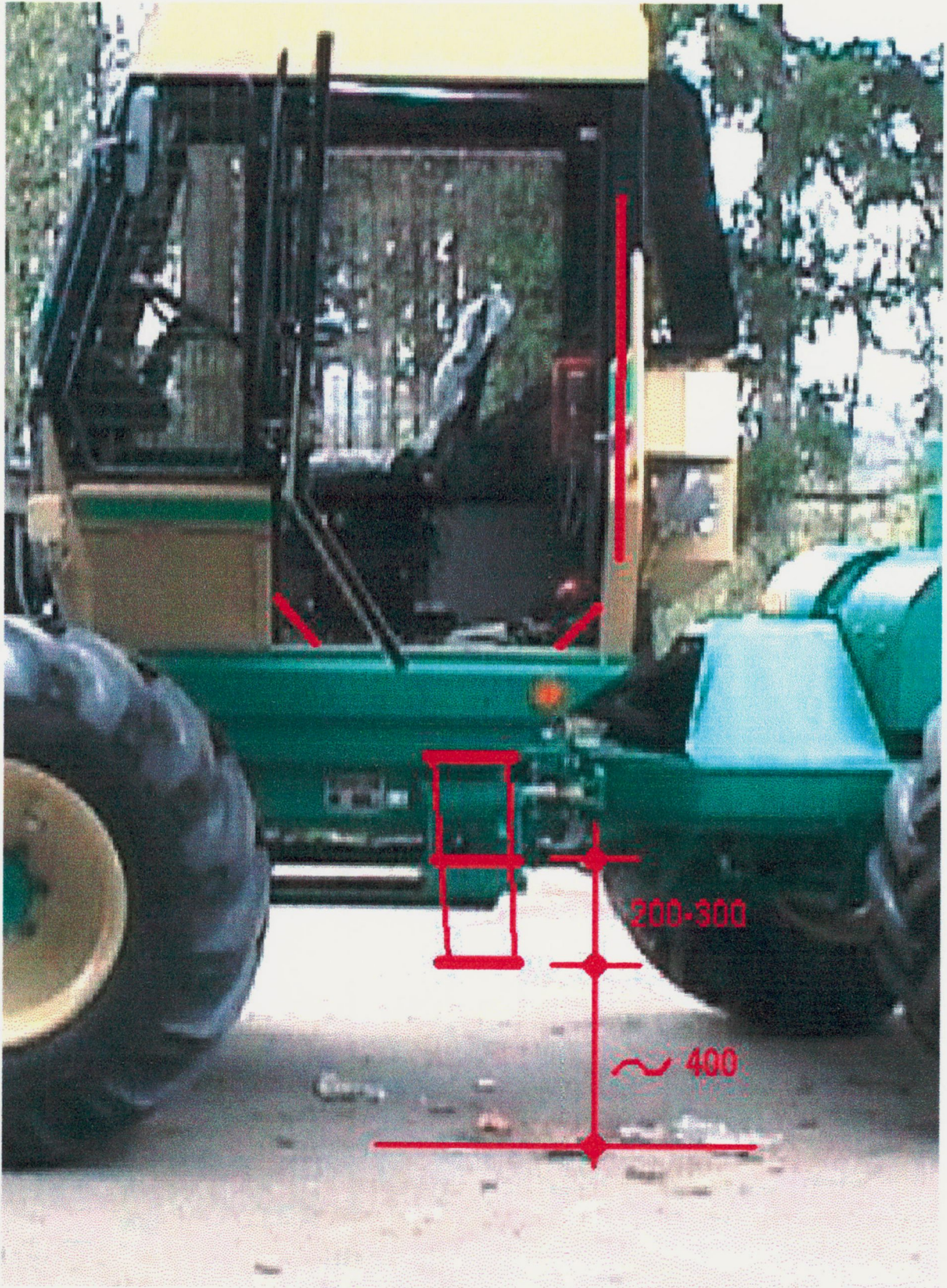
- kabino spodaj razširiti, ker je pri obračanju sedeža premalo prostora za noge, širina na tleh najmanj 110 cm (2.1)
- kabino podaljšati nazaj, ker je pri obrnjenem sedežu premalo prostora za noge, dolžina vsaj 165 cm odvisno od obeh položajev sedeža (2.1)
- varnostno steklo (2.4)
- trdnostni test kabine, OECD metodika (2.6)
- sedež naj bo vrtljiv na obe strani (3.2)
- ročico za sprostitvev sedeža premakniti više
- nekoliko razširiti naslonjalo sedeža (3.5)
- dvigniti sedež, ker je glede na bližino pedal prenizko (3.5)
- uporabiti sedež z nastavljivim nagibom sedeža in naslonjala
- dodati gibljive opore za roke (3.9)
- namestiti inštrumente za merjenje pritiska hidravličnega olja v kabino v centralno vidno polje (4.3, 4.5)
- inštrumenti za pritisk olja naj imajo ničelni položaj zgoraj in namesto ali poleg številčnic barvna polja (4.8)
- dodati svetlobni ali zvočni signal, kadar pade pritisk olja hidravlike (4.9)
- namestiti vse komande v optimalno gibalno polje, najbolje ob naslonjala za roke na sedežu
- odstraniti ostre robove pri pritrditvi komande za vožnjo nazaj in naknadni pritrditvi komande za neposredno (neradijsko) vodenje vitla (5.6)
- premakniti komande za vožnjo nazaj bliže sedežu (5.10)
- dodati klima napravo, ker omogoča delo v zaprti kabini
- izboljšati vrtljivost sedeža oziroma povečati prostor za vrtenje, ker zaradi slabe vrtljivosti pride do neugodnih položajev telesa (8.3)
- izdelati močnejše varovalne mreže kabine, ki jih je možno odpreti (9.1)
- opremiti traktor z radijsko zvezo za klic v sili (9.3)
- skriti ali oviti cevi hidravlike za preprečitev brizganja olja
- dodati ob komandah ikone, kaj pomeni posamezni gib ali položaj in ne samo namen komande (10.1, 10.2)
- olajšati dostop do mazalnih mest pod traktorjem (11.1)
- zmanjšati težo ali način pritrditve spodnjih zaščitnih pokrovov (11.6)
- dodati na primerno mesto zaboj z orodjem in rezervnimi deli z možnostjo zaklepanja (11.8, 11.9)
- dodati nosilec za pritrditev motorne žage



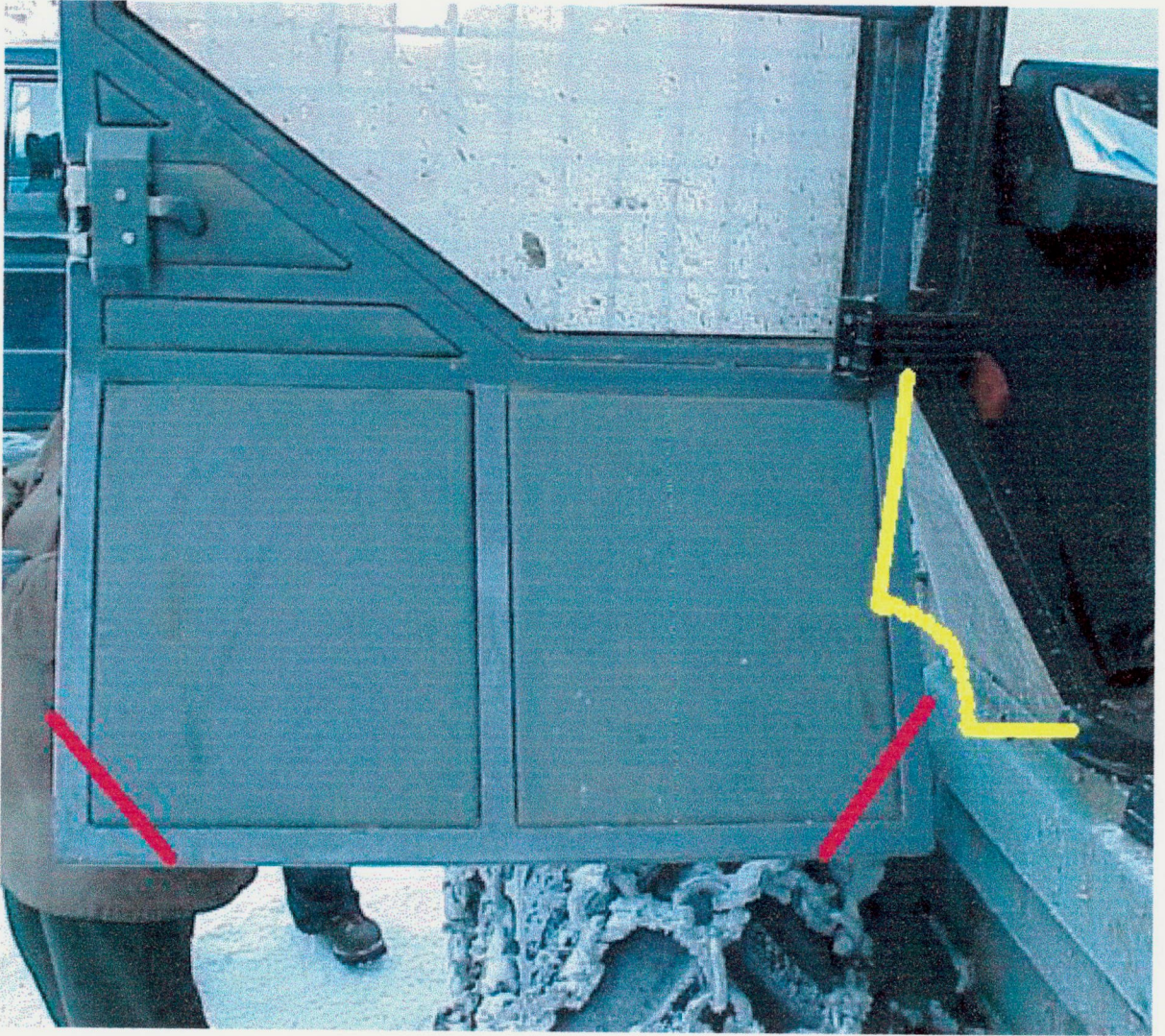
**WOODY 110  
RAZPOREDITEV ELEMENTOV ZA  
UPRAVLJANJE IN GIBALNA POLJA**

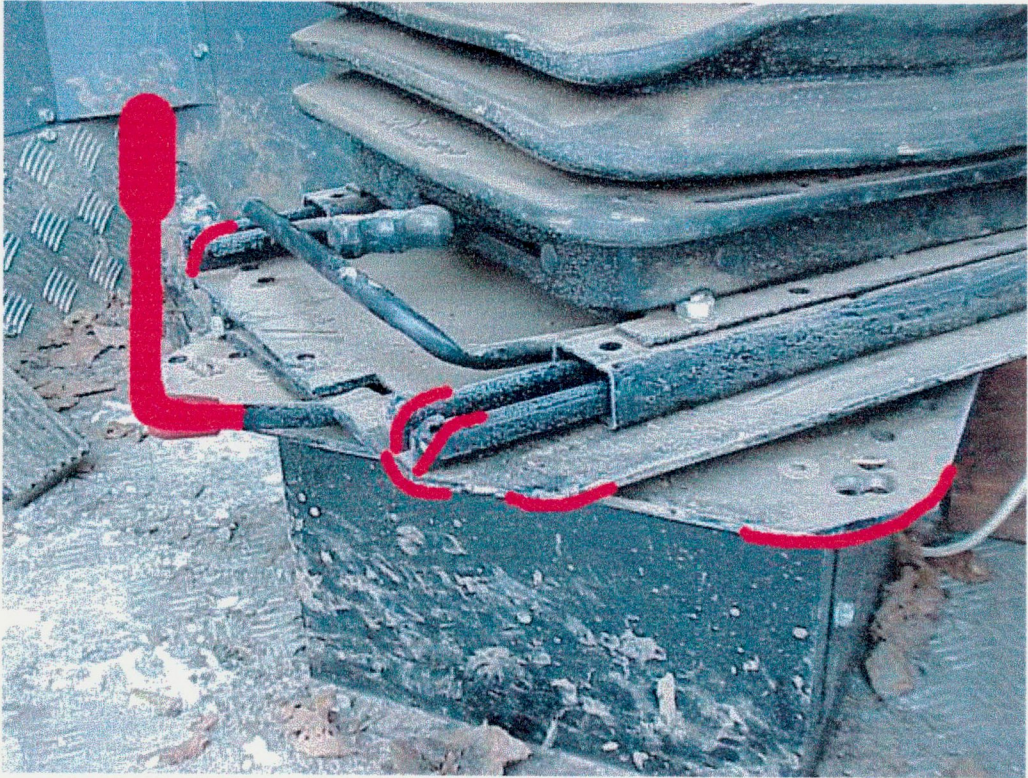


WOODY 110  
RAZPOREDITEV ELEMENTOV ZA  
UPRAVLJANJE IN GIBALNA POLJA  
V VOZILU - TLORIS















## VPRAŠALNA POLA ZA ERGONOMSKO PRESOJO GOZDARSKIH STROJEV

Mitteilungen des KWF -B. XIX 1977  
Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Buchschlag

Prevod: A. Golob, M. Lipoglavšek, Ljubljana 1979

### VSEBINA

	stran
<b>A. Preskušanje in opis strojev</b> .....	1
1. Preskušanje.....	1
2. Splošni opis strojev.....	2
3. Tehnični podatki.....	2
<b>B. Ergonomska presoja</b> .....	3
1. Vstop in izstop.....	3
2. Delovni prostor.....	3
3. Sedež.....	4
4. Kontrolni instrumenti.....	4
5. Elementi za upravljanje.....	5
6. Vidljivost.....	5
7. Škodljivi vplivi.....	6
8. Fizična in psihična obremenjenost.....	6
9. Varnost.....	7
10. Navodila za upravljanje.....	7
11. Nega in popravila.....	8
12. Končna ergonomska ocena.....	9

## VPRAŠANJA IN ODGOVORI

### A. PRESKUŠANJE IN OPIS STROJA

#### 1. Preskušanje

	Št. preskusa: 1
1.1 Namen preskušanja: <i>Ocena u okviru raziskovalnega projekta</i>	
1.2 Uporabljeni merilni instrumenti: <i>Merilni trabovi</i>	
1.3 Delovne naloge ob času preskušanja: <i>parkiranje</i>	
1.4 Razmere ob preskušanju: <i>jasno, hladno, - 8 °C</i>	
1.5 Tehnični pregled opravljen dne: <i>Obratavalno dovoljenje izdano jan. 1999</i> kdo ga je opravil: <i>GG Postojna - služba za varstvo pri delu</i>	
1.6 Izjava o varnem delu s strojem izdana dne: <i>posredovana od MLPO</i> kdo jo je izdal: <i>TÜV Nemcija</i>	
1.7 Preskušanje opravljeno:	
Kraj: <i>Leskova dolina</i>	Datum: <i>30.11.1999</i>
Deli preskušanja: <i>celovito</i>	Preskuševalec: <i>skupina</i>

2. Splošni opis stroja:

2.1 Stroj ali agregat: <i>Zgibni gospodarski traktor</i>	<i>WS 1</i>
Proizvajalec (ime in naslov): <i>VLPO Grosuplje</i>	serijska št.: <i>W 90837 D</i>
Tip in oznaka stroja: <i>WOODY 110</i>	leto izdelave: <i>1998</i>
2.2 Dodatna oprema (priključki, vrsta, tip in oznaka, proizvajalec):	
2.3 Naknadno vgrajeni deli in naprave: <i>lesena skatla za erozije</i>	
2.4 Način premikanja stroja: <i>z gibanjem, hidra. pogon, hidrostatični motor</i>	
2.5 Namen uporabe: <i>spravilo lesa</i>	
2.6 Meja uporabnosti stroja: <i>nagib +45% pri prazni vožnji</i>	
2.7 Trajanje dosedanje uporabe stroja: <i>10 mesecev, 880 obr. ur (motor), 556 ur (stroj), 85 ur (vitel)</i>	
2.8 Zahteve za izkoriščenost stroja: <i>180 ur na leto / leto</i>	
2.9 Drugo: <i>nadizjelo vodni traktor in vitel</i>	

3. Tehnični podatki

3.1 Vozilo (stroj): <i>WOODY 110</i>
3.1.1 Vrsta izvedbe: <i>zgibni traktor</i>
3.1.2 Dopusna skupna teža (kg): <i>8000 kg</i>

3.1.3 Dopusne osne obremenitve (kg)	spredaj: <i>5400</i>
	zadaj: <i>5400</i>
3.1.4 Dimenzije (mm): <i>dolg. 5600, sir. 2216, vis. 2950 (najvišja točka 500mm)</i>	
3.1.5 Rajdni krog (mm):	

3.2 Motor (pogon):	
3.2.1 Vrsta izvedbe: <i>portinski turba diesel</i>	
3.2.2 Nominalno število obratov (min <sup>-1</sup> ): <i>2200</i>	
3.2.3 Število obratov na jermenici (min <sup>-1</sup> ):	
3.2.4 Moč kW: <i>76,5</i>	

3.3 Prestave: <i>hitra, počasna, naprej, nazaj</i>	
3.3.1 Vrsta izvedbe: <i>razmnožično čimuljen hidropogon</i>	
3.3.2 Število prestav - naprej: <i>2</i>	nazaj: <i>2</i>
3.3.3 Pogon: <i>hidropogon - 2 mosta, 2 diferenciala</i>	

3.4 Vodenje: <i>volan</i>	
3.5 Zavore: <i>preko hidromotorja + diskaste na obeh oseh</i>	
3.6 Velikost gum - spredaj: <i>14/9-28</i>	zadaj: <i>14/9-28</i>

3.7 Drugi tehnični podatki: <i>vitel 2 x 6-8000 GALARD g 2 x 60 m ovni (debelina ovni 11 in 12 mm)</i>	
---	--

## B. ERGONOMSKA PRESOJA

+ = ja	0 = deloma	--- = ne	/ = odpade
--------	------------	----------	------------

### 1. Vstop in izstop

1.1	Lahko stopnice udobno dosežemo? Ali so dovolj široke in globoke? <i>Dodatna viseca stopnica, obstojeca nize</i>	+   0   -
1.2	Preprečuje površina stopnic zdrsjanje?	+   0   -
1.3	So stopnice tako oblikovane, da jih ovire s tal ne morejo poškodovati? <i>Ročaj podaljšati in premakniti naprej na rob, dodati vertikalni ročaj na vrata</i>	+   0   -
1.4	Je za vstop in izstop na voljo dovolj ročajev? So smotno nameščeni?	0
1.5	Sta širina in višina vhoda dovolj veliki za udoben vstop in izstop?	+   0   -
1.6	Sta vstop in izstop brez ostrih robov in štrlečih delov?	+   0   -
1.7	Je delovni prostor (sedež, stajišče) dosegljiv, ne da bi vznikla pri tem ovirala vodila stroja ali drugo? <i>Trata spodaj gaščiti, gaščiti spodnji okvir sedega</i>	+   0   -
1.8	Je v nujnem primeru mogoče nemudoma zapustiti stroj? <i>Se ena vrata, akumulator večji, prestaviti drugam</i>	+   0   -
1.9	Drugi vidiki <i>Druge vrata ??</i>	+   0   -
Skupaj (1):		5   1   2

### 2. Delovni prostor (kabina)

2.1	So notranje mere delovnega prostora (kabine) dovolj velike za udobno delo s strojem? <i>Odmakniti volan od prednjega stekla</i>	+   0   -
2.2	Je oblikovanost delovnega prostora varna glede ostrih robov, konic ali štrlečih delov? <i>Gaščiti vse vogale, kote, gipreči</i>	+   0   -
2.3	Je celotna kabina pritrjena izolirano od karoserije?	+   0   -
2.4	So vsa okna iz varnostnega stekla? ?	+   0   -
2.5	Preprečujejo tla kabine zarse?	+   0   -
2.6	Je celotni delovni prostor stabilen in varen? <i>Trdnostni test kabine ?</i>	+   0   -
2.7	Drugi vidiki <i>Kabina spodaj razginiti, nastavljen volan</i>	+   0   -
Skupaj (2):		5   0   1

### 3. Sedež

	+	0	-
3.1 Je namestitvev sedeža smotrna?	+		
3.2 Je sedež vrtljiv, če je potrebno? <i>Izpoljiti vidljivost še na drugo stran. rovice za sprostitvev očie</i>	+		
3.3 Ima sedež smotrno naslonjalo?	+		
3.4 Je sedež zadovoljivo vzmeten, duši tresiljaje in je vzmetenje nastavljivo?	+		
3.5 So globinaširina, višina in nagib sedeža in naslonjala pravilni? <i>Naslonjala razgürviti. dvoigniti sedez</i>		0	
3.6 Je nagib sedeža in naslonjala nastavljiv? Ju lahko nastavimo v vsakem zahtevanem položaju? <i>Uporabiti sedez z nastavljivimi nagibi</i>			-
3.7 Je oblika sedeža in naslonjala pravilna?	+		
3.8 Sta sedež in naslonjalo zadovoljivo oblažinjena in iz primernege materiala?	+		
3.9 So opore za roke in noge primerne oblik in na razpolago, če so potrebne? <i>Dodati gibljive opore za roke</i>			-
3.10 Drugi vidiki			
Skupaj (3):			
	6	1	2

### 4. Kontrolni Instrumenti

	+	0	-
4.1 Ali ima stroj za izvajanje dela potrebne instrumente?	+		
4.2 Ali izbrani instrumenti ustrezajo svojemu namenu?	+		
4.3 Je razporeditev instrumentov smotrna? <i>Znanje instrumente v kabini</i>			-
4.4 Dajejo instrumenti jasne, nedvoumne in koristne informacije?	+		
4.5 So napomembnejši in najpogostejše uporabljeni instrumenti v središčnem vidnem polju? <i>Znanje instrumente v kabini</i>			-
4.6 So vsi instrumenti nameščeni v taki razdalji, da jih je mogoče hitro in zanesljivo razbrati? Je velikost črk, števil, simbolov in kazalcev zadostna?	+		
4.7 So razdelitve številnic in oznacbe smotrno izbrane? <i>Potrebna barvna polja</i>		0	
4.8 Sta ničelni položaj in smer gibanja kazalcev smiselna? <i>Za olje napravo obrnjen</i>			-
4.9 Ali obstoje potrebni svarilni signali? Jih lahko zaznamo in ločimo med seboj? <i>Dodati svarilni signal za padec pritiska olja</i>			-
4.10 Drugi vidiki			
Skupaj (4):			
	4	1	4

### 5. Elementi za upravljanje

	+	0	-
5.1			-
5.2	+		
5.3	+		
5.4	+		
5.5	+		
5.6		0	
5.7	+		
5.8	+		
5.9	+		
5.10	+		
5.11	+		
5.12			
Skupaj (5):			9 1 1

### 6. Vidljivost

	+	0	-
6.1	+		
6.2	+		
6.3		/	
6.4		/	
6.5	+		
6.6	+		
6.7	+		
6.8	+		
6.9			
Skupaj (6):			6 0 0

### 7. Škodljivi vplivi

		+	0	-
7.1	Je delovni prostor zavarovan pred vremenskimi vplivi?	+		
7.2	Lahko klimo v delovnem prostoru zadovoljivo uravnava (gretje, hlajenje, prezračevanje)? <i>Dodati ključna vprašanja</i>			-
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			
Skupaj (7):				6 0 1

### 8. Fizična in psihična obremenjenost

		+	0	-
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 zasukanjih, pripognjenih ali drugače neugodnih položajev telesa? <i>Preoblikovati vertikalnost sedenja</i>			-
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?	+		
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			
Skupaj (8):				7 0 1



### 9. Varnost

		+	0	-
9.1	So delavci dovolj zavarovani pred padajočimi in vdiraljocimi predmeti? <i>Mozenjha mizega na obratki, ket ja je mogace snetti</i>			
9.2	Je dovolj smotnih varovalnih in varnostnih naprav?	+		
9.3	Je stroj, ce je potrebno, opremljen z radljsko zvezo in klicem v sili? <i>Dodati gumb za klic v sili</i>			-
9.4	So delavci pri poškodbah hidravličnih naprav zavarovani pred morebitnim brizganjem olja? <i>Obloct cev hidravlike</i>		0	
9.5	So pri delu in predelavi zdravi škodljivih snovi tesnila in varovala proti iztekanju teh snovi zadovoljiva?		/	
9.6	Lahko, če jih potrebujemo, montiramo priklonpnike in priključke enostavno in zanesljivo?		/	
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?	+		
Skupaj (9):				
		7	2	1

		+	0	-
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			
Skupaj (9):				
		7	2	1

### 10. Navodila za upravljanje

		+	0	-
10.1	Je na stroju dovolj navodil za upravljanje, varnost in vzdrževanje stroja? <i>Dodati znake o pomenu in smeri komand tudi na daljince</i>			-
10.2	So navodila nameščena na primernem mestu, so dovolj vidna, jasna in razumljiva?			-
10.3	Obstoja pisano navodilo za upravljanje, je stalno pri roki, v vseh pogledih uporabno in lahko razumljivo?	+		
10.4	Drugi vidiki <i>potrebno navodilo za programiranje</i>			
Skupaj (10):				
		1	0	2



**12. KONČNA ERGONOMSKA OCENA**

DELOVNI STROJ (ali št. ocene)		število vprašanj						
			+	0	-	+	0	-
<b>ERGONOMSKA PRESOJA za:</b>								
1	Vstop in izstop	8	5	1	2			
2	Delovni prostor (kabina)	6	5	0	1			
3	Sedež	9	6	1	2			
4	Kontrolni instrumenti	9	4	1	4			
5	Elementi za upravljanje	11	9	1	1			
6	Vidljivost	6	6	0	0			
7	Škodljivi vplivi	7	6	0	1			
8	Fiz. in psih. obremenjenost	8	7	0	1			
9	Varnost	10	7	2	1			
10	Navodila za upravljanje	3	1	0	2			
11	Nega in popravila	9	4	0	5			
<b>SEŠTEVEK OCEN</b>		86	60	6	20			
<b>%</b>		100	70	7	23			

Mirko MEDVED

SRČNI UTRIP KOT OSNOVA ZA ŠTUDIJ FIZIČNIH OBREMENITEV DELAVCA  
PRI SPRAVILU LESA

Kazalo

1	UVOD .....	76
2	SRČNI UTRIP KOT INDIKATOR FIZIČNIH OBREMENITEV .....	76
3	CILJI RAZISKAVE .....	77
4	METODA DELA IN RAZISKOVALNA OPREMA .....	78
5	OSNOVNI PODATKI O DELOVNIH RAZMERAH IN DELAVCIH .....	78
6	REZULTATI RAZISKAVE .....	79
7	ZAKLJUČNA RAZMIŠLJANJA .....	86
8	LITERATURA .....	87

## 1 UVOD

Novosti pri razvoju tehnologij in tehničnih sredstev uvajamo zato, da bi zmanjšali njihov negativni vpliv na okolje, zmanjšali obremenitve delavcev in po možnosti povečali učinkovitost ter zmanjšali stroške na enoto proizvoda. Stroški na enoto so odvisni tudi od izkoriščenosti delovnega časa. Neizkoriščeni delovni čas nastopa zaradi različnih vzrokov: okvar strojev, naravnih omejitev izvajanja dela, vremenskih pogojev in tudi zaradi izrednih izostankov delavcev (poškodbe, bolniške odsotnosti). Na naravne omejitve lahko vplivamo tako, da delavca primerno opremimo za delo v slabših delovnih razmerah. Na slabše izkoristke delovnega časa zaradi stroja lahko vplivamo predvsem s kvaliteto izdelave in hitro servisno-vzdrževalno službo. Izredne izostanke z dela zaradi poškodb in bolniških odsotnosti pa lahko zmanjšujemo predvsem s stalno skrbjo za delavce (izobraževanje, urjenje, svetovanje in preventivno delovanje). Veliko tega smo doslej že uvajali v prakso, premalo pa smo se ukvarjali z obremenitvami med delom v povezavi z normiranjem dela ter izrabo delovnega časa v povezavi s psihofizičnimi sposobnostmi delavcev in zahtevnostjo dela.

Pri projektu Woody smo poskušali celostno obravnavati stroj v trikotniku delovnega sistema stroj – človek –okolje. Človek je v tem sistemu ključnega pomena in v njem opravlja delo. Njegovo ravnanje s strojem (opravljanje dela) ima vplive tako na stroj kot tudi na okolje. Bolj kot je ravnanje in delo preudarno, boljši so tudi rezultati dela. Pri proučevanju strojev se premalo zavedamo tega preprostega dejstva. Zgolj tehnicističen pristop pri takem projektu bi bil premalo, zato smo v raziskavo vključili tudi proučevanje vplivov dela, strojev in delovnega okolja na delavca. Ker je delo pri spravilu lesa fizično tudi zelo naporno, je proučevanje srčnega utripa delavca najprimernejša oblika proučevanja obremenitev.

Obremenitve delavcev, izražene s pulzom, so rezultat množice različnih vplivov ergonomskih karakteristik traktorja, delovnih prizadevanj, vplivov delovnih razmer in pogojev dela. Nivo obremenjenosti, ki ga ti vplivi pustijo na delavcu, je odvisen od psihofizične pripravljenosti.

## 2 SRČNI UTRIP KOT INDIKATOR FIZIČNIH OBREMENITEV

Sposobnost za delo je odvisna od usklajenosti delovanja organov in celotnega organizma. Pri fizičnem delu najbolj sodelujejo mišice, srčnožilni in dihalni sistem. Zaradi tega se funkcionalno stanje teh sistemov najlažje proučuje pri obremenitvah. Z naraščanjem fizičnega napora pri delu naraščajo potrebe mišic po večjem dotoku krvi zaradi povečanih potreb po kisiku in odvajanju nepotrebnih produktov pri razgradnji glukoze v mišicah v organe izločanja. Funkcionalna sposobnost srčnožilnega sistema je sposobnost srca in krvnih žil, da oskrbe organizem z zadovoljivo količino krvi v mirovanju in pri delu. Ob povečanem naporu telo reagira z večjimi potrebami po kisiku in s povečanim utripom srca. Najboljši kazalnik funkcionalne sposobnosti srčnožilnega sistema je maksimalna aerobna kapaciteta. Ta se določi s srčno frekvenco ob obremenjenem testiranju. Aerobno kapaciteto lahko merimo

neposredno z analizo plinov v izdihanem zraku ali posredno s srčnim utripom (Åstrandova metoda). Srčni utrip je enostaven indeks telesne sposobnosti in se povečuje linearno z intenziteto dela in porabo energije. Razlaga je povzeta po obsežni monografiji o medicini dela (BILBAN 1999).

Za naša proučevanja smo kot osnovo za obremenitve med delom upoštevali višino srčnega utripa in doseženi delovni pulz. **Trajna obremenitev delavca pri poklicnem delu naj ne bi presegala dovoljenega delovnega pulza, ki predstavlja tretjino razlike med maksimalnim pulzom in pulzom v mirovanju** (BILBAN 1999).

$$\text{Dovoljeni delovni pulz} = \text{Pulz v mirovanju} + 1/3 * (\text{Maksimalni pulz} - \text{Pulz v mirovanju})$$

V naši raziskavi bomo kot dovoljeni delovni pulz obravnavali na osnovi izmerjenega pulza v mirovanju in teoretičnega maksimalnega pulza, ki ga izračunamo po formuli:

**Maksimalni pulz = 220 – starost (let).**

V nadaljevanju prikazujemo nekaj primerov delovnega pulza gleda na različne izhodiščne podatke.

Primeri izračuna dovoljenega delovnega pulza:

\* Maksimalni pulz je 180 utripov / min, pulz v mirovanju je 70 utripov / min

$$\rightarrow \text{dovoljeni delovni pulz} = 70 + 1/3 * (180 - 70) = 107$$

\* Maksimalni pulz 180, pulz v mirovanju 80  $\rightarrow$  dovoljeni delovni pulz = 113

\* Maksimalni pulz 180, pulz v mirovanju 60  $\rightarrow$  dovoljeni delovni pulz = 100

\* Maksimalni pulz 190, pulz v mirovanju 55  $\rightarrow$  dovoljeni delovni pulz = 100

\* Maksimalni pulz 170, pulz v mirovanju 65  $\rightarrow$  dovoljeni delovni pulz = 100

### 3 CILJI RAZISKAVE

Študij fizičnih obremenitev delavcev pri delu s traktorjem Woody je imel več ciljev:

- Preveriti možnosti uporabe merilnih naprav srčnega utripa v kombinaciji s študijem dela;
- Proučiti možnosti izvedbe enostavnih testov za ugotavljanje fizične zmogljivosti gozdnih delavcev (testi izven laboratorijev medicine dela in športa);
- Ugotoviti obremenitve delavcev po posameznih delovnih operacijah;
- Ugotoviti obremenitve delavcev v delovnem dnevu in jih primerjati med seboj;
- Ugotoviti vzroke za nastajanje obremenitev;
- Preveriti fizično zmogljivost delavcev;
- Primerjati obremenitve istega delavca pri delu z različnima traktorjema.

#### 4 METODA DELA IN RAZISKOVALNA OPREMA

Uvajanja novih raziskovalnih pripomočkov in metod dela pri študiju obremenitev delavca je zahtevalo pripravo posebnega programa za zajemanje podatkov med delom, ki smo ga izdelali za ročne terminale (KRČ in sodel. 1999).

Podatke o časih po delovnih operacijah in učinkih pri delu (dimenzije sortimentov, drevesne vrste) smo zajemali z napravami PSION Organizer II. Srčni utrip smo merili z merilci srčnega utripa Polar XTrainer Plus, ki je sestavljen iz oddajnega pasu (nameščen okoli prsnega koša) in sprejemnika, ki ga namestimo lahko na zapestje ali pa v žep na delovni obleki. Sprejemnik je zapisoval povprečja srčnega utripa vsakih 15 sekund.

#### 5 OSNOVNI PODATKI O DELOVNIH RAZMERAH IN DELAVCIH

V preglednici 1 je seznam vseh snemalnih dni, kjer smo merili poleg časov in učinkov tudi fizične obremenitve delavcev s pomočjo njihovega srčnega utripa. V zadnjem stolpcu zgoraj je navedeno število ciklusov pri katerih smo uspešno izmerili pulz.

Preglednica 1: Osnovni podatki o delovnih razmerah pri meritvah pulza

Zap. št./ Del. dan	Datum	Dela-vec	Traktor	Stratum, Delovišče	Meritev pulza	Smer spravlja 1-navzgor 3-navzdol	Kat. zbiranja 1-ugodno 2-srednje ug. 3-neugodno	Število ciklusov z izmerjenim pulzom
Test	15.4.1999	R	W110-S	Snežnik	Redno delo	3	1,2	test
1	06.5.1999	R	W110-S	Snežnik-10B2/2	Redno delo	3	1,2	5
2	07.5.1999	R	W110-S	Snežnik-10B2/2	Redno delo	3	2,3	6
3	12.5.1999	L	W110-IB	Gomance-2D2	Redno delo	1	1	6
4	13.5.1999	L	W110-S	Gomance-2D2	Redno delo	1	1	10
5	25.5.1999	R	W110-S	Snežnik	Usm. posk.	3	3	5
6	26.5.1999	R	BELT	Snežnik	Usm.posk.	3	3	5
7	10.8.1999	R	W110-S	Snežnik-9B2/4	Redno delo	1	1	9

Zap. št.	Prazna vožnja (m)	Polna vožnja (m)	Razdalja zbiranja (m)	Povp. breme (m <sup>3</sup> )	Število kosov v bremenu	Povp.kos (m <sup>3</sup> )
1	524	569	10	4,9	6,8	0,72
2	797	810	12	5,1	7,5	0,69
3	146	165	10	2,9	12,3	0,23
4	57	50	10	2,7	7,1	0,38
5	450	450	12	4,0	5,0	0,80
6	450	450	12	3,9	3,4	1,14
7	466	453	6	4,1	6,1	0,66

Snemanja so potekala v ugodnih vremenskih razmerah brez padavin. V povprečju so bile v snemalnih dnevih, ko smo merili pulz, nekoliko krajše povprečne razdalje spravila kot pri vseh snemanjih (KOŠIR, KRČ).

V naslednji preglednici 2 so podani osnovni podatki o delavcih, ki sta sodelovala pri raziskavi traktorja Woody. V podjetju so ju izbrali, ker spadata med zanesljive in dobre traktoriste. Imata precej delovnih izkušenj pri tem delu (14 let oz . 18 let). Oba se ukvarjata tudi s športom.

Preglednica 2: Osnovni podatki o delavcih

Podatki / Delavec	R	L
Leto rojstva	1956	1954
Starost v času meritev (let)	43	45
Teža (kg)	74	70
Višina (cm)	173	176
Delovni staž traktorist (let)	18	14
Pulz v mirovanju (utripov/min)	68	66
Pričakovani maksimalni pulz (utripov/min)	177	175
Dovoljeni delovni pulz (utripov/min)	68+36 = 104	66+ 36 = 102

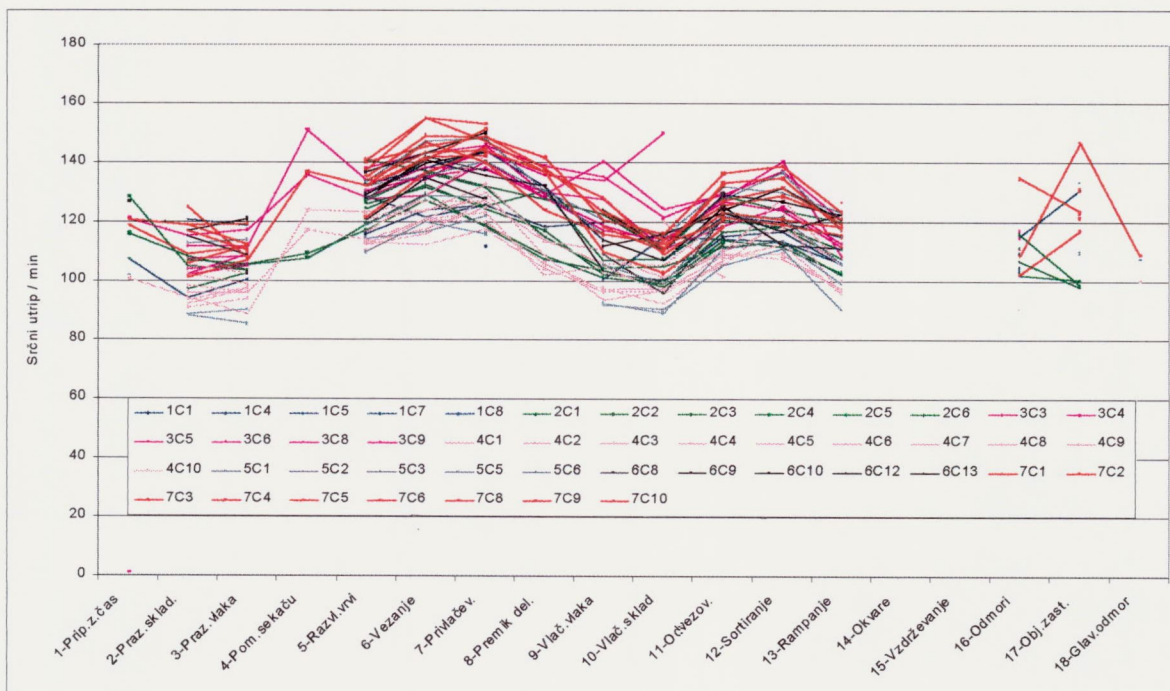
## 6 REZULTATI RAZISKAVE

Rezultate predstavljamo predvsem v grafični obliki, saj množica informacij, ki smo jih pridobili, na ta način postane najbolj povedna. Analizo smo napravili po načelu iz velikega v malo. Zato smo najprej predstavili podatke za vseh 46 izmerjenih ciklusov, jih nato združili po delovnih dnevih in elementih časa. Pestrost zbranih podatkov oz pogojev dela kaže tudi absolutna vsota pulzov po delovnih operacijah in ciklusih. Povprečne obremenitve smo izračunali za oba delavca v vseh delovnih dnevih pri delu z Woodyem. Na koncu pa smo prikazali še primerjavo obremenitev pri delu z dvema traktorjema v zelo podobnih delovnih razmerah.

### 6.1 Srčni utrip po ciklusih in delovnih operacijah

Najprej prikazujemo podatke o povprečnem pulzu po delovnih operacijah za vse izmerjene cikle. V legendi so delovni ciklusi za posamezen delovni dan označeni z enako barvo, saj na ta način dobimo pregled obremenitev v delovnih dnevih in variabilnost obremenitev po delovnih operacijah v posameznih dnevih. Delovne razmere v enem dnevu se manj spreminjajo. Tretji in četrti dan je delal traktorist L, vse ostale pa traktorist R. Peti in šesti dan, sta dneva ko smo v zelo podobnih delovnih razmerah primerjali obremenitve traktorista R z dvema različnima traktorjema (peti dan Woody in šesti dan Belt).





Grafikon 1: Povprečni pulz po delovnih operacijah za vse izmerjene cikle

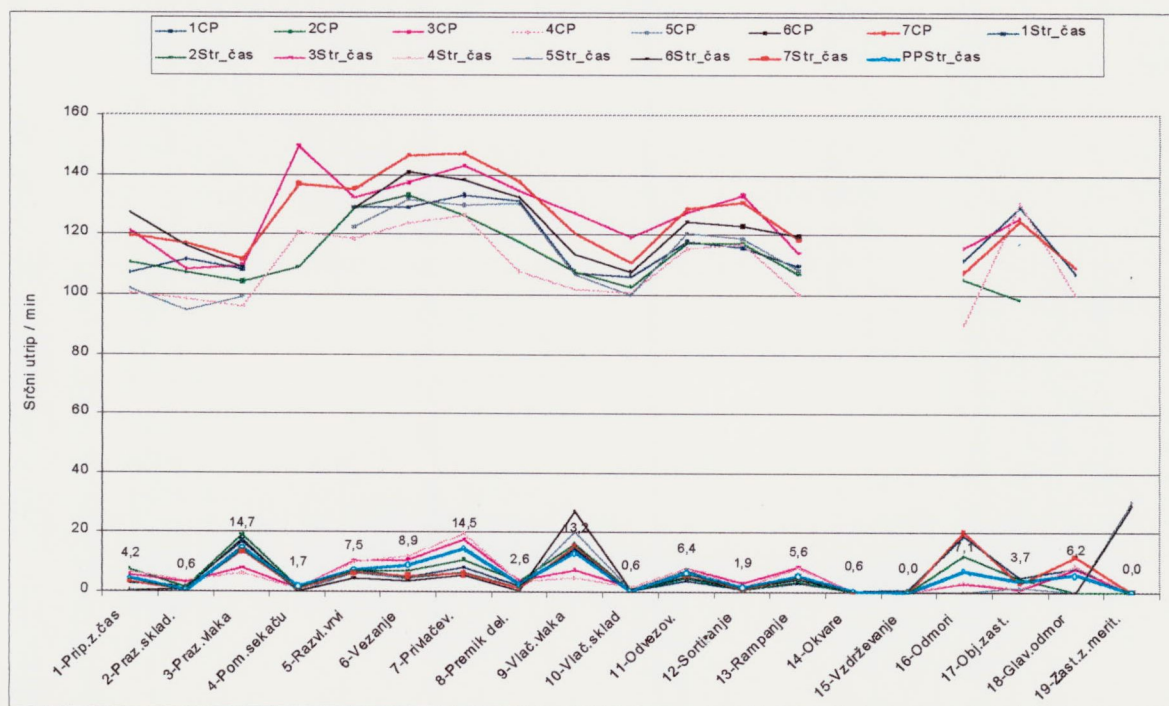
(Legenda: 1C1 – Prvi dan meritev pulza v ciklusu 1

7C9 – Sedmi dan meritev v ciklusu 9)

Potek pulza po zaporedju delovnih operacijah kaže na značilno sinusoidno nihanje, ki doseže maksimum pri vezanju in privlačenju lesa. Kljub temu, da je verjetno razvlačevanje vrvi najtežje opravilo, pa se rezultat povišanega pulza kaže šele kasneje pri vezanju bremena in tudi pri privlačenju. To je še posebej zanimivo zaradi tega, ker za privlačenje delavec uporablja daljinsko vodeni vitel in bi lahko pričakovali, da se v tem času njegove obremenitve znižajo. Pri raziskovanju težavnosti dela traktoristov (LIPOGLAVŠEK 1998) so pri privlačenju s "klasičnim" vitlom ugotovili nižje obremenitve pri privlačenju kot pri vezanju bremena. Razlika nastopa verjetno tudi zaradi tega, ker delavci pri delu z vitli, ki imajo sistem za upravljanje le v kabini, pri tej fazi dela sedijo. Verjetno naenkrat oblikujejo tudi večja bremena, da mu ni treba velikokrat zapuščati kabine. Pri privlačenju je delavec s takimi vitli manevriral predvsem s traktorjem in se tako prilagajal oviram na poti privlačenja bremena. Pri daljinsko vodenem vitlu je traktorist za bremenom v delovišču. Pri privlačenju izkorišča predvsem možnosti manevriranja z vitlom, prepenjanja bremen ob zatikanju, le malo pa je uporabljal možnost manevriranja s premikanjem traktorja. Razlog je predvsem v nezadostnih izkušnjah, dejstvo pa je da je v primeru premikanja traktorja potrebno dvigniti obe deski in jih na mestu privlačenja zopet spustiti (stabilizirati traktor), kar pa predstavlja "izgubo" časa. Daljinsko vodeni vitli so na osnovi rezultatov raziskave upravičeni predvsem zaradi manjših poškodb sestoja, ne pa tudi zaradi obremenitev pri delu, ter stroškov in učinkov pri delu.

## 6.2 Povprečni srčni utrip po delovnih dnevih in delovnih operacijah ter struktura delovnega časa

Iz podatkov o delovnih operacijah in njihovem trajanju smo izračunali povprečne pulze v posameznem delovnem dnevu po delovnih operacijah. Struktura časa po delovnih ciklih je v spodnjem delu grafikona. Prikazani so tudi podatki za povprečno strukturo delovnega časa (PStr\_čas) vseh posnetih delovnih ciklusov v času proučevanja časov in učinkov (KOŠIR, KRČ 2000).



Grafikon 2 Povprečni pulz po delovnih operacijah za vse delovne dni in struktura časa

(Legenda: 1CP – Prvi dan meritev pulza – povprečje vseh ciklusov

1\_Str\_čas – Struktura časa za prvi delovni dan)

Razsipanje podatkov je zaradi izračunanih povprečij po delovnih dnevih manjše kot v grafikonu 1. Primerjava s podatki o obremenitvah pri spravilu s prilagojenim kmetijskim traktorjem (LIPOGLAVŠEK 1998) kaže na zelo podobne zakonitosti pri obremenitvah, le da so bile v naši raziskavi sistematično nekoliko višje pri vseh delovnih operacijah. Zagotovo je k temu prispevala tudi struktura delavnika, saj smo v naši raziskavi imeli povprečno 45 % časov pri zbiranju in rampanju, kjer so obremenitve najvišje. V primerjani literaturi jih je bilo le tretjino.

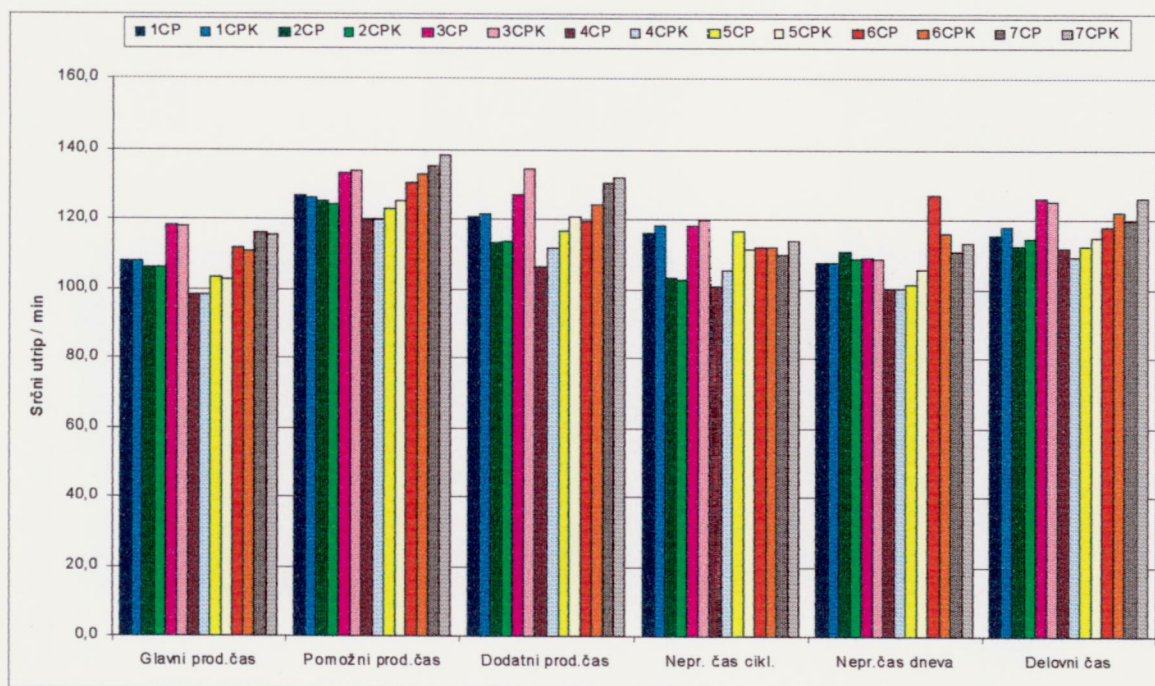
## 6.3 Obremenitve v dejanskem delovnem času in v povprečnem delavniku

V nadaljevanju smo združili delovne operacije po enakem zaporedju kot so obravnavani pri študiju časov (KOŠIR, KRČ 2000) v združene elemente časa:

- **Glavni produktivni čas:** prazna vožnja, polna vožnja;

- **Pomožni produktivni čas:** razvlačevanje vrvi, vezanje lesa, privlačevanje, odvezovanje in sortiranje lesa;
- **Dodatni produktivni čas:** premik v delovišču, prazna in polna vožnja po skladišču, sortiranje, pomoč sekaču;
- **Neproductivni čas ciklusa:** zastoji zaradi stroja, delavca in organizacije dela
- **Neproductivni čas delovnega dneva:** pripravljalo zaključni čas, glavni odmor.

Za združene elemente časa smo izračunali povprečne obremenitve s pulzom na dva načina. Prvič smo upoštevali dejansko strukturo delavnika (v grafikonu označeno s ".CP" – temnejši odtенок barve) in kot ponder za izračun povprečnega pulza v združenem elementu časa upoštevali trajanje delovnih operacij med snemanji. V drugi varianti pa smo kot ponder upoštevali povprečno strukturo delavnika (KOŠIR KRČ 2000) vseh časovnih snemanj (v grafikonu označeno s ".CPK" - svetlejši odtенок barve). Vse izračune smo pripravili za vse snemalne dneve ločeno.



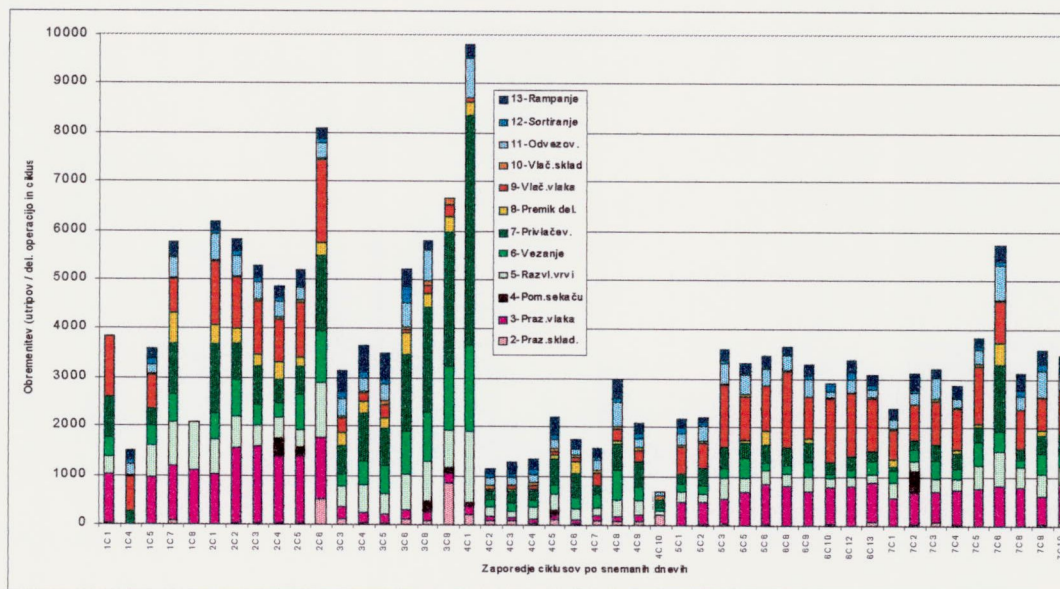
Grafikon 3: Obremenitve delavca glede na dejansko in povprečno strukturo delavnika po združenih elementih časa.

V glavnem produktivnem času smo največje razlike med obremenitvami izmerili tretji in četrti snemalni dan pri istem delavcu. Glede na to, da je delal v podobnih delovnih razmerah, verjetno precejšen del razlike med dnevoma pripišemo tudi psihičnim pulzom zaradi treme. Pri večjih fizičnih obremenitvah v pomožnem produktivnem času (delo pri zbiranju in odvezovanju bremena) so bile razlike med dnevoma nekoliko manjše, a pri dodatnem produktivnem času zopet večje. Tudi v končnem povprečju sta ta dva snemalna dneva predstavljala najvišji in najnižji izmerjeni delovni pulz (126 in 112). Pri delavcu L smo opravili tudi testiranje snemalne metode. Nihanja pri njegovih povprečnih dnevni obremenitvah so manjša. Peti in šesti snemalni dan predstavljajo povprečne obremenitve pri

usmerjenem poskusu. Obremenitve so bile v času dela s strojem vedno višje pri Beltu. Sedmi snemalni dan, ko je delavec L dosegel celo najvišje povprečne dnevne obremenitve, je bilo snemanje opravljeno avgusta, zato sklepamo, da so k višjim obremenitvam prispevale tudi višje temperature zraka.

Če primerjamo vse snemalne dneve v posamezni skupini združenih elementov časov, lahko ugotovimo, da absolutno najmanjše razlike nastopajo pri najtežjem delu, to je pri zbiranju in odvezovanju bremena. Manjše so le razlike pri neproduktivnih časih dneva, z izjemo šestega snemalnega dne, ko je delavec v pripravljajno zaključnem času pripravljajl traktor za delo. Vsa nihanja med obremenitvami pa se najbolj izenačijo v izračunu povprečnih obremenitev med delavnikom, ki so bile od najmanj 112 delovnih pulzov do največ 126. Povprečne obremenitve v delovnem dnevu so prikazane v zadnji skupini stolpcev grafikona 3.

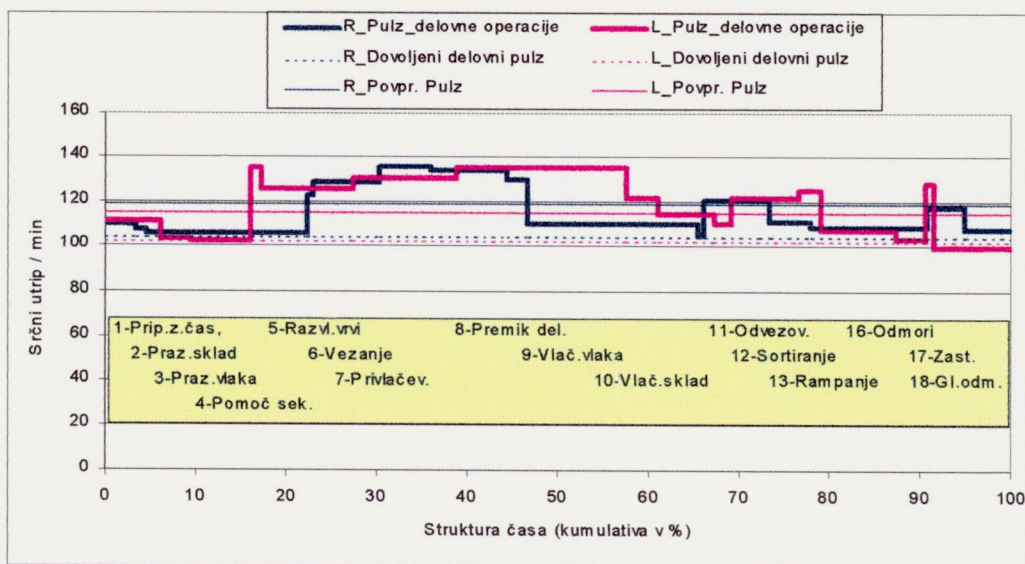
Med obremenitvami v dejanskem in v povprečnem delavniku so relativno majhne razlike. Precej večje so med posameznimi delovnimi dnevi, ki nastopajo zaradi različnih delovnih razmer, predvsem pa zaradi strukture delovnega časa. Velika pestrost obojega je dobro razvidna iz grafikona 4, kjer smo prikazali skupno obremenitev delavcev v posameznih ciklih tako, da smo sešteli pulze po vseh delovnih operacijah v produktivnem času.



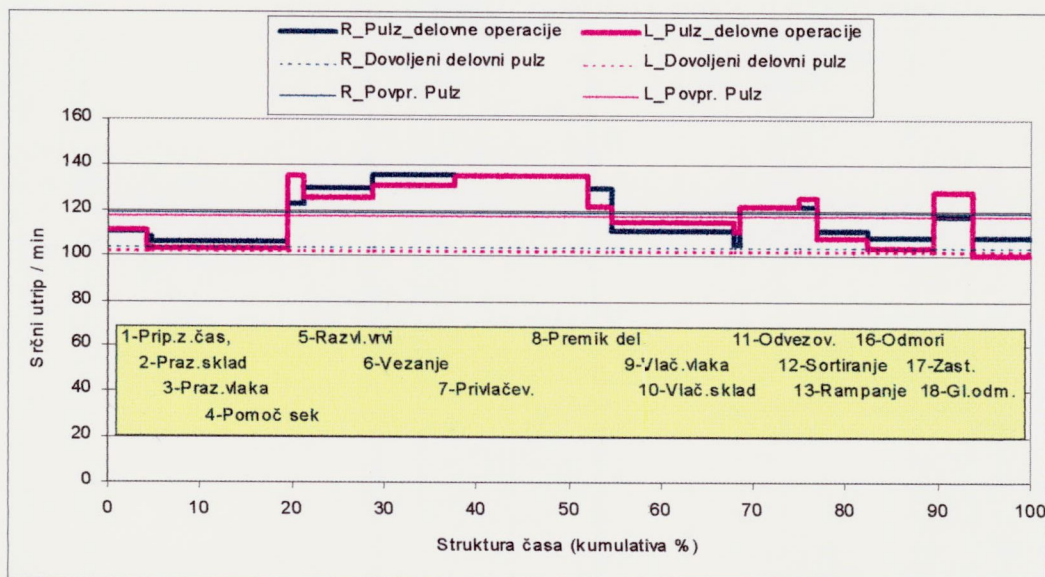
Grafikon 4: Skupna obremenitev delavcev (vsota pulzov) po ciklih in delovnih operacijah

Zaradi velike pestrosti delovnih razmer so tudi obremenitve zaradi različnega trajanja delovnih operacij zelo različne. Povprečne obremenitve vseh snemanj za en cikel in ločeno ta vsakega delavca so prikazane v grafikonu 5. Grafikon vsebuje več podatkov, zato ga je potrebno dodatno pojasniti. Na abscisni osi je kumulativa trajanja delovnih operacij tako kot tečejo v zaporedju od 1 do 18 (najprej 1-pripravljajno zaključni čas, 2 in 3 – prazna vožnja po skladišču in vlaki,... do zadnje

operacije 18 - glavnega odmora). Debeli črti prikazujeta potek povprečnega pulza pri obeh delavcih. S črtkano tanjšo črto sta prikazana dovoljena delovna pulza, z neprekinjeno pa doseženi povprečni pulz med delom. Med snemanji sta bila oba podobno preobremenjena med delom, saj je razlika med dovoljenima delovnima pulzoma podobna kot razlika med povprečnima. Tudi grafikon 6 je sestavljen z enakimi elementi prikaza, le da smo kot izhodišče upoštevali enako (povprečno) trajanje delovnih operacij za oba delavca.



Grafikon 5: Povprečni pulz delavcev pri spraviu z Woodyem glede na dejansko strukturo delavnikov

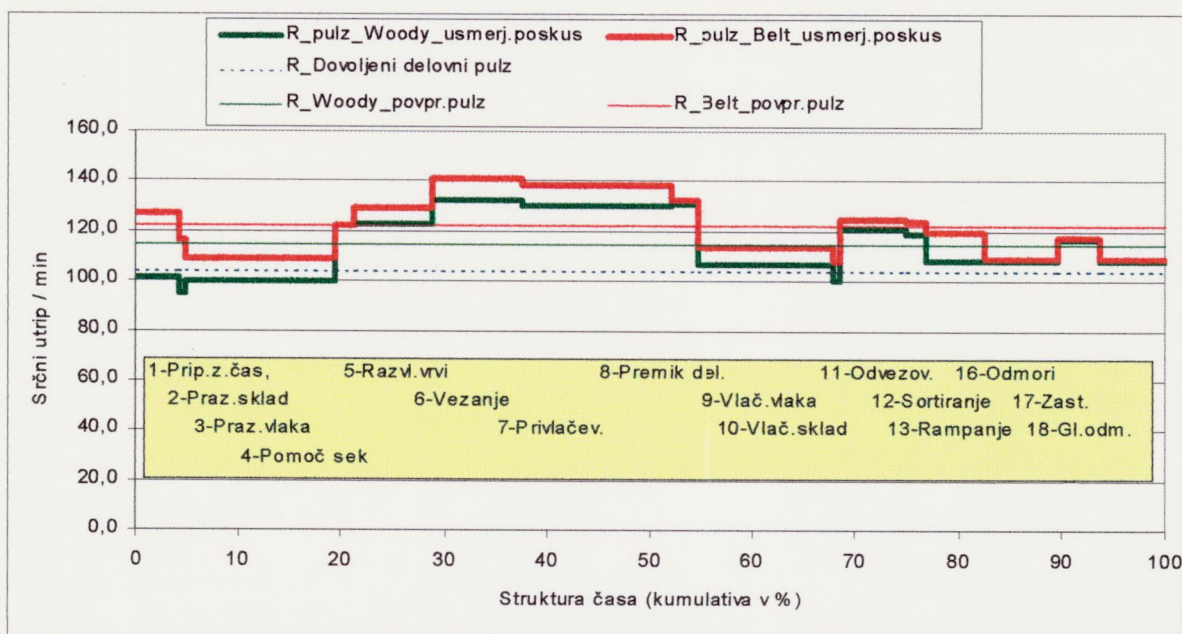


Grafikon 6: Povprečni pulz delavcev pri spraviu z Woodyem glede na povprečno strukturo delavnikov

Pri upoštevanju povprečne strukture delavnika, se obremenitve delavcev s povprečnimi pulzi praktično izenačita, če upoštevamo različno izhodišče dovoljenih delovnih pulzov.

#### 6.4 Primerjava obremenitev istega delavca pri spravi z dvema zibnikoma

Pri usmerjenem poskusu, kjer smo merili predvsem ekološke parametre dveh traktorjev, Woody in Belt, smo merili tudi obremenitve delavca pri delu. Pri tem smo ugotovili sistematično višje obremenitve delavca pri delu s traktorjem Belt (grafikon 7). V grafikonu smo uporabili enak princip prikaza poteka pulza med delom kot v grafikonu 6 in izračun napravili s povprečno strukturo delavnika. Pri merjenju pulzov v traktorju Belt smo naleteli še na dodatno težavo zaradi neevidentiranih podatkov o pulzu. Kmalu zatem, ko je traktor začel delati z visokimi obrati, je zmotil prenos podatkov med oddajnikom na pasu in sprejemnikom. Tako smo za te delovne operacije izračunali podatke o povprečnih pulzih predvsem na osnovi meritev iz začetka in konca delovnih operacij.



Grafikon 7: Usmerjeni poskus - povprečni pulz delavca pri spravi z Woodyem in Beltom glede na povprečno strukturo delavnikov

Na osnovi primerjave obremenitev delavca s pulzom se je Woody izkazal kot ergonomsko ustrežnejši traktor saj je bil delavec med delom precej manj (pre)obremenjen. Poleg tega so pri starejšem traktorju Belt v kabini prisotna elektromagnetna valovanja, ki so motila prenos podatkov o pulzu. V kabini tega traktorja je bilo precej bolj vroče, traktor pa povzroča tudi večji hrup. Zato bi del preobremenitvenih pulzov med delom v traktorju lahko pripisali delovnemu okolju. Vendar je tudi delo izven traktorja napornejše, kar gre pripisati verjetno težjemu razvlačevanju žične vrvi in masi poveznic. Tudi sedenje med privlačevanjem v Beltu ni prispevalo k nižjim obremenitvam v tej delovni operaciji. Neznačilne pa so bile razlike med pulzi v neproduktivnem času, zato smo lahko še toliko bolj prepričani, da razlike med pulzi v produktivnih delovnih operacijah kažejo na večje obremenitve med delom s starejšim in ergonomsko manj primernim traktorjem Belt.

## 7 ZAKLJUČNA RAZMIŠLJANJA

Oba delavca vključena v raziskavo sta pri delu presegala dovoljene obremenitve s pulzom. Ob upoštevanju dejanske strukture delavnika v času meritev je bila dovoljena obremenitev s pulzom presežena pri delavcu R – 42 % in pri delavcu L – 36 %. Ob predpostavki, da bi oba imela enako strukturo delavnika – povprečno iz vseh snemanj – pa bi bila dovoljena dnevna obremenitev presežena pri R 39 % in pri L – 42 %. Zato lahko zaključimo, da sta bila glede na rezultate proučevanega pulza, oba delavca podobno preobremenjena pri delu. Razlika med dovoljenim delovnim pulzom in pulzom v mirovanju je za oba enaka (36 utripov/min). Dejansko dosežena razlika med pulzoma pri delu pa je znašala (49 do 51 utripov/min). Tudi doseženi učinek pri delu, ki je bil pri delavcu R-113 % in pri L-121 % (podatek GG Postojna), kaže na precej podobno sliko prizadevanja med delom.

Pri končnem sklepanju koliko sta delavca dejansko preobremenjena med delom, bi bilo potrebno upoštevati še naslednje: Delavec R kadi, kar dodatno prispeva k višjemu pulzu. Težko se je privajal na merilni senzor pulza okoli prsnega koša in se pogosto razburjal zaradi tega. Oba delavca sta imela tudi tremo zaradi prisotnosti snemalcev. To je še posebej značilno za delavca L, ki je imel prvi dan meritev precej višje pulze kot dan kasneje, delal pa je v zelo podobnih delovnih razmerah. Oba delavca sta presegala postavljene normative za spravilo lesa v 8 urah, verjetno pa je bil njun povprečni delavnik tudi krajši od 480 min.

Ne glede na vse "oteževalne okoliščine" pa lahko zaključimo, da so obremenitve med delom tolikšne, da se moramo vprašati kako jih zmanjšati in jih spraviti v okvir dovoljenega delovnega pulza. Glede na to, da imata oba precej atletske postavbe, nista pretežka in se ukvarjata tudi s športom, bi težko iskali vzroke v pomanjkljivi fizični kondiciji. Možnosti so predvsem v organizaciji dela (več kratkih odmorov, predvsem med zbiranjem lesa kjer so obremenitve najvišje. Traktoristi si odmore običajno vzamejo na koncu ciklusa, veliko bolj ergonomski pa bi bili med najtežjim delom. Nekaj rezerve v zmanjšanju obremenitev se skriva tudi dodatnih ergonomskih izpopolnitvah traktorja Woody.

Ergonomsko ustreznost traktorja Woody smo preverjali tudi primerjalno s starejšim in bolj zastarelim traktorjem Belt. Isti delavec – R - je v zelo podobnih delovnih razmerah v zaporedju dveh delovnih dni delal z obema traktorjema. Povprečni pulz med delom pri Woodyju je znašal 115, pri Beltu pa 122. Iz vidika dovoljenega delovnega pulza je bil ta pri Woodyju presežen za 30 %, pri Beltu pa 50 %.

Proučevanje obremenitev delavcev s pulzom, sočasno s študijem časov in učinkov dela, se je pokazalo kot uspešna kombinacija študija dela. Kot raziskovalci in tudi kot konstruktorji, smo dobljenih rezultatov lahko veseli, saj nam ugotovitve potrjujejo, da so projekti kot je Woody, še kako potrebni za nadaljnji razvoj. **Pred konstruktorje, raziskovalce, delodajalce in delavce se postavlja vprašanje, kako znižati obremenitve delavca na dopustni nivo?**

8 LITERATURA

BILBAN, M, 1999. Medicina dela. Zavod za varstvo pri delu Ljubljana, 605 s.

LIPOGLAVŠEK, M. KUMER, P. 1998. Humanizacija dela v gozdarstvu. Učbenik, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 214 s.

KOŠIR, B., KRČ, J. 2000. Študij časa pri spravilu lesa Woody 110. Zaključno poročilo projekta razvoj in promocija gozdarskega zgibnega traktorja Woody New, Polikopija, Ljubljana, 18 s.

KRČ, J., KOŠIR, B., MEDVED, M., ROBEK, R. 1999. Program za študij časov in učinkov pri spravilu lesa z ročnim računalnikom Psion.

MARTINIĆ, I. 1994. Ocjena fizičkog opterećenja radnika na privlačenju drva. Mehanizacija šumarstva, Zagreb, 19, 3, s. 151 – 160.

ROBEK, R., MEDVED, M. 1999. Some environmental and ergonomic stresses during logging with skidders Woody 110 and Belt 70. Paper in IUFRO Symposium, Divisions 3.04.00, 3.06.00, 3.07.00: Emerging harvesting issues in technology transition at the end of the Century, Opatija; Croatia, 27. 9 – 1. 10. 1999. s. 101 – 102.



Boštjan KOŠIR

## POŠKODBE DREVJA PRI SPRAVILU LESA

Kazalo

1	UVOD .....	89
2	IZHODIŠČNE PODMENE .....	89
3	METODE .....	90
4	REZULTATI RAZISKAVE .....	91
5	SKLEPI .....	104
6	PRILOGE .....	105

## 1 UVOD

Poškodbe drevja pri spravilu lesa je tema, ki je del poteka projekta Razvoj in promocija gozdarskega zgibnega traktorja Woody new. Temo so obdelali raziskovalci in sodelavci Biotehniške fakultete, Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: Dr.Boštjan Košir in inž.Darko Klobučar ter Gozdarskega inštituta Slovenije: mag.Robert Robek in Robert Kranjc. Meritve so potekale od pomladi do jeseni 1999 na postonjskem gozdnogospodarskem območju. To poročilo je namenjeno internim zaključnim razpravam v okviru tima, ki je izpeljal projekt.

## 2 IZHODIŠČNE PODMENE

Na poškodbe drevja vpliva več dejavnikov kot so SESTOJ (struktura sestoja, razvojna stopnja oz. število drevja, terenske značilnosti in drugo), ČLOVEK (organizacija dela, značilnosti strojnikov in drugo), TEHNOLOGIJA (način in intenzivnost gospodarjenja, metoda dela, način odpiranja sestojev ter drugo), STROJ (vrsta delovnega sredstva). Glede na to, da nas v tem poročilu zanimajo predvsem lastnosti stroja, ki potencialno vplivajo na poškodovanost sestojev, se bomo omejili predvsem na primerjave poškodovanosti drevja med različnimi stroji za spravilo lesa. Predpostavili bomo, da je metoda dela v vseh primerih enaka ter da razlik med strojniki ni oz. so zajete v tolikšni meri, da predstavljajo povprečja dovolj zanesljive vrednosti. Vpliv nekaterih sestojnih značilnosti ter značilnosti delovišč pa so tako velike, da jih bomo morali upoštevati v vseh primerjavah. Analize so pokazale, da je to predvsem število drevja na hektar, ki predstavlja starost sestojev ter količina odkazanega drevja na hektar, ki predstavlja intenzivnost gospodarjenja.

Variabilnosti vseh parametrov v tako kratki raziskavi ni bilo mogoče izločiti, če smo želeli meriti nastanek poškodb pri dejanskem opravljanju dela in ga primerjati z drugimi raziskavami in dosedanjimi meritvami. Domnevamo, da so poškodbe pri uporabi večjih (širina in dolžina) strojev in pri večjih koncentracijah posekanega lesa večje. Podobno lahko domnevamo, da bolj gibljivi stroji povzročajo manjše poškodbe v sestojih. Pričakujemo lahko, da bodo ugotovljene poškodbe pri delu s traktorjem Woody približno med rangom traktorjev Iwafuji (ki so nekaj manjši) in Timberjack (ki so nekaj večji).

### 3 METODE

Uporabili smo že ustaljeno metodo ugotavljanja poškodb: vzorčna metoda 4m širokih in od 20 do 40m dolgih (odvisno od razvojne faze sestoja) pasov, ki so pravokotni na uporabljane vlake. Vzorčenje je bilo na 50m, izmenično levo in desno od vlake. Teoretično je stopnja vzorčenja, če jo izrazimo kot odstotek opazovane površine, odvisna od gostote vlak in razvojne faze sestojev in se je v večini primerov gibala med 3 in 6% (preglednica 1).

Preglednica 1: Stopnje vzorčenja

Gostota vlak m/ha	Število pasov Pas/ha	Površina pasov m <sup>2</sup> /ha			% vzorčenja		
		Mladje, letvenjak	Drogovnjak	Debeljak	Mladje, letvenjak	Drogovnjak	Debeljak
100	2	160	240	320	1,6	2,4	3,2
125	2,5	200	300	400	2	3	4
150	3	240	360	480	2,4	3,6	4,8
175	3,5	280	420	560	2,8	4,2	5,6
200	4	320	480	640	3,2	4,8	6,4
225	4,5	360	540	720	3,6	5,4	7,2
Dolžina pasu	m	20	30	40	20	30	40

Snemalni list je v prilogi. Za vsak objekt smo zapisali tudi vrsto splošnih podatkov ter podatke o odkazani lesni masi. Ugotovili smo tudi odprtost sestojev s sekundarnimi prometnicami, ki neposredno vpliva na dolžino vlačanja bremen po sestojih. Snemanja so bila opravljena po končani sečnji in spravilu na objektih Gomance in Snežnik. Število drevja na hektar smo ugotavljali računsko iz podatkov posameznega vzorca (pasu). Podatke smo obdelali s statističnim paketom STATISTICA in na druge običajne načine.

## 4 REZULTATI RAZISKAVE

### 4.1 Značilnosti meritev

Razpon vrednosti števila drevja in posekane mase na hektar je prikazan na slikah 1 in 2. Odločili smo se tudi, da bomo podatke za traktor Woody, ki smo jih že imeli (48 pasov, 359 dreves), v obdelavah združili s podatki, ki smo jih zbrali v l. 1999 v ta namen. Na ta način smo bistveno povečali zanesljivost rezultatov.

V vsej bazi podatkov je 1168 pasov (preglednice 2, 3, 4) oz. 8.181 popisanih dreves. V l. 1999 smo pri spravilu lesa s traktorjem Woody izmerili 74 pasov in popisali 468 dreves. Vse letošnje meritve so se odvijale v različnih sestojih na visokem krasu, vendar so prevladovali jelovo-bukovi sestoji v širšem območju Snežnika. V vseh primerih so izvajali sečnjo in spravilo delavci gozdarske delniške družbe GG Postojna.d.d. Merili smo poškodbe pri dveh traktorjih in dveh traktoristih. Oba traktorista sta bila izkušena. Razlik med obema traktorjema nismo iskali.

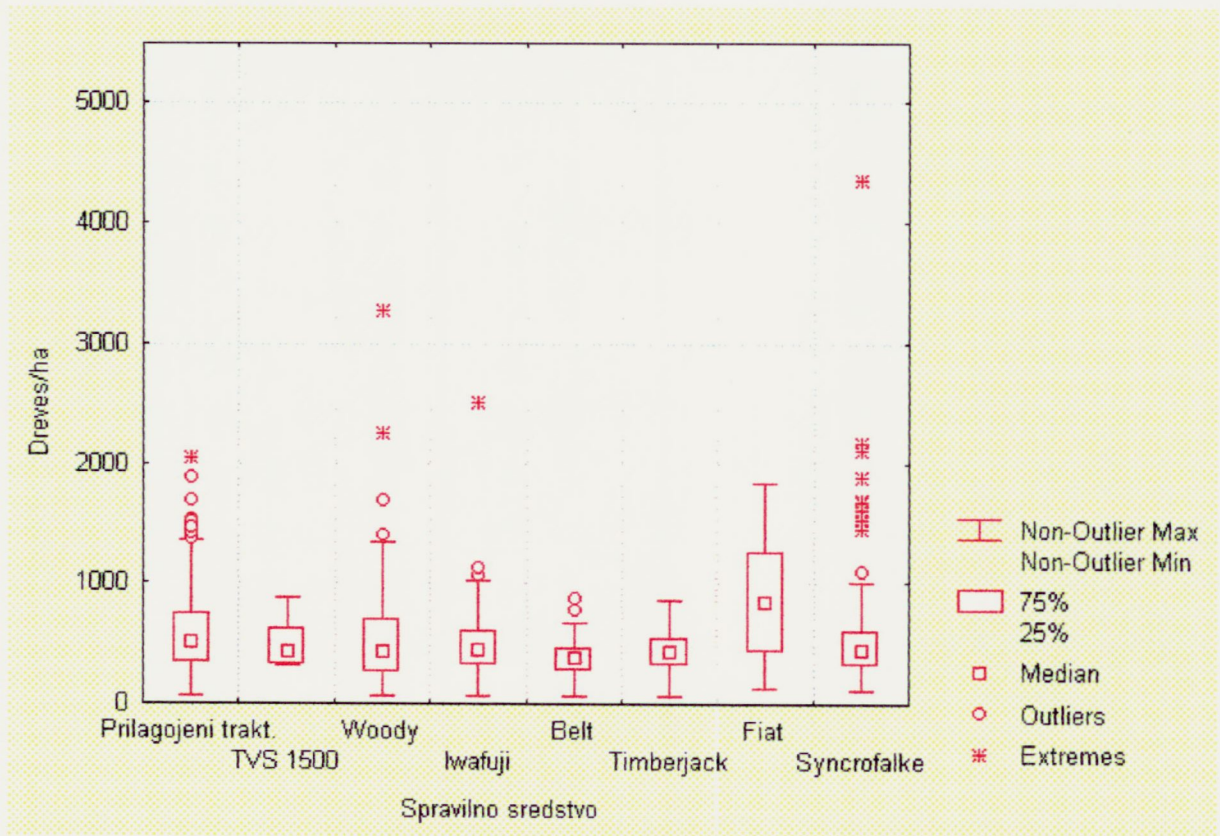
Odločili smo se, da bomo primerjave posameznih znakov opravili v razponu vrednosti:

- Za število dreves na hektar med 100 in 1500,
- Za odkazano lesno maso na hektar med 10 in 50m<sup>3</sup>, pri čemer je potrebno upoštevati zelo nezanesljive podatke za TVS 1500, Syncrofalke, Belt in Fiat.

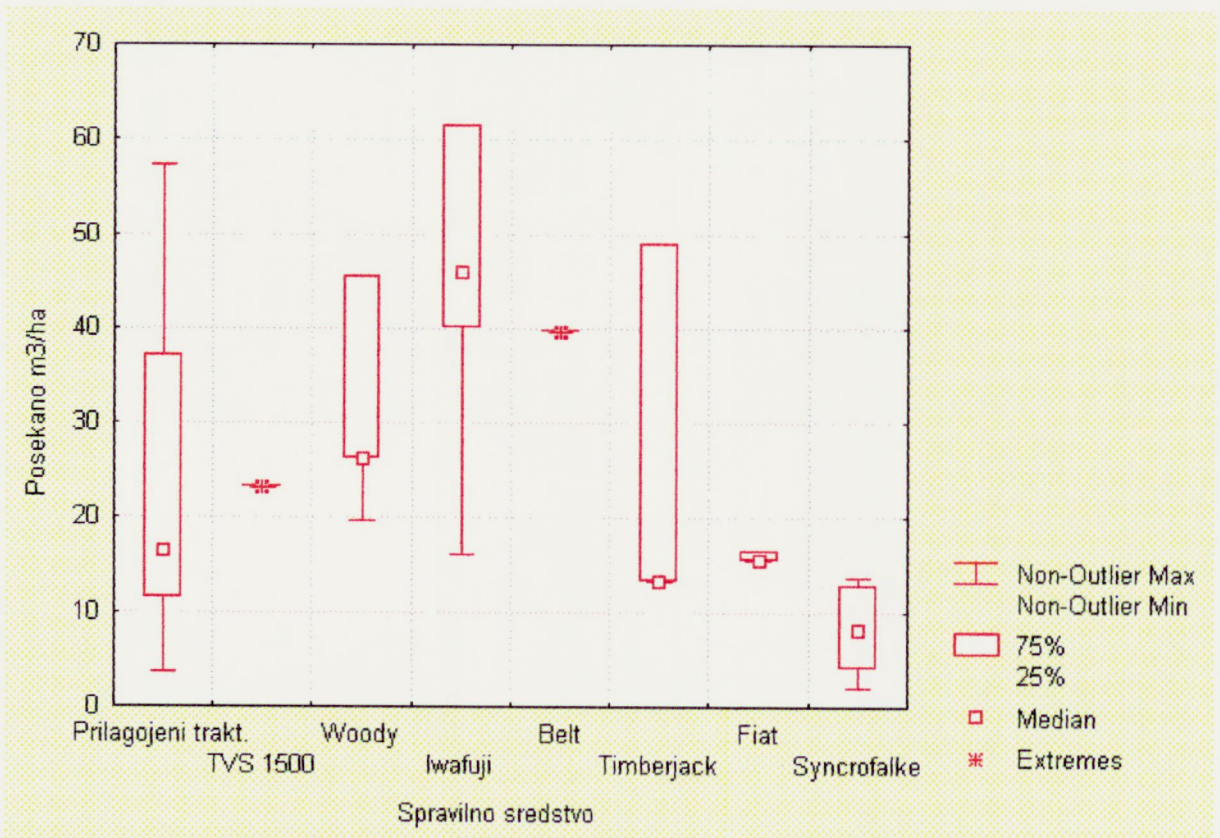
Pri tovrstnih meritvah smo vedno močno odvisni od resničnih dogajanj v gozdarski praksi in je praktično nemogoče načrtovati poskus tako, da bi dobili dovolj podatkov oz. enako število podatkov v vsem rangu posamezne spremenljivke. Med važnejšimi informacijami je vsekakor prevladujoča drevesna vrsta na pasu (preglednica 2). Vidimo, da je – gledano v celoti – število pasov, kjer so prevladovali iglavci, približno uravnoteženo s pasovi listavcev, vendar so pri posameznih pravilnih sredstvih precejšnje razlike.

Precejšnje so tudi razlike glede na sezono opravljanja del, kjer očitno prevladuje zimska sezona. Merilo za razvrstitev raziskovalnih objektov v letno ali zimsko sezono ni bil izključno čas opravljanja del, temveč bolj ugotovitev, ali je bilo drevje v soku ali izven soka. Iz izkušnje pa vemo, da v posameznih predelih Slovenije drevje zelo redko oz. neznačilno pride v sok in to je tudi razlog za takšno porazdelitev meritev.





Slika 1: Primerjava razponov vrednosti meritev glede na število dreves na hektar



Slika 2: Primerjava razponov vrednosti meritev glede na količino sečnje na hektar

Preglednica 2: Število meritev (pasov) glede na prevladujočo drevesno vrsto

Spr. sred.	Iglavci	Listavci	Skupaj
Belt	6	35	41
Fiat	26	14	40
Iwafuji	99	172	271
Pril	168	279	447
Syncrofalke	118	74	192
Timberjack	43	1	44
TVS 1500	8	3	11
<b>Woody</b>	<b>87</b>	<b>35</b>	<b>122</b>
Skupna vsota	555	613	1168

Preglednica 3: Število meritev glede na kraj meritev

Stratum	Belt	Fiat	Iwafuji	Pril	Syncro- falke	Timber- jack	TVS 1500	Woody
Brežice				217				
Kočevje	41		231					
Kranj/Tržič					92			
Maribor/Slovenjgradec				143			11	48
Pokljuka		40	40			44		
Postojna				87				
Postojna/Gomance								16
Postojna/Snežnik								58
Tolmin/Idrija					100			
Skupna vsota	41	40	271	447	192	44	11	122

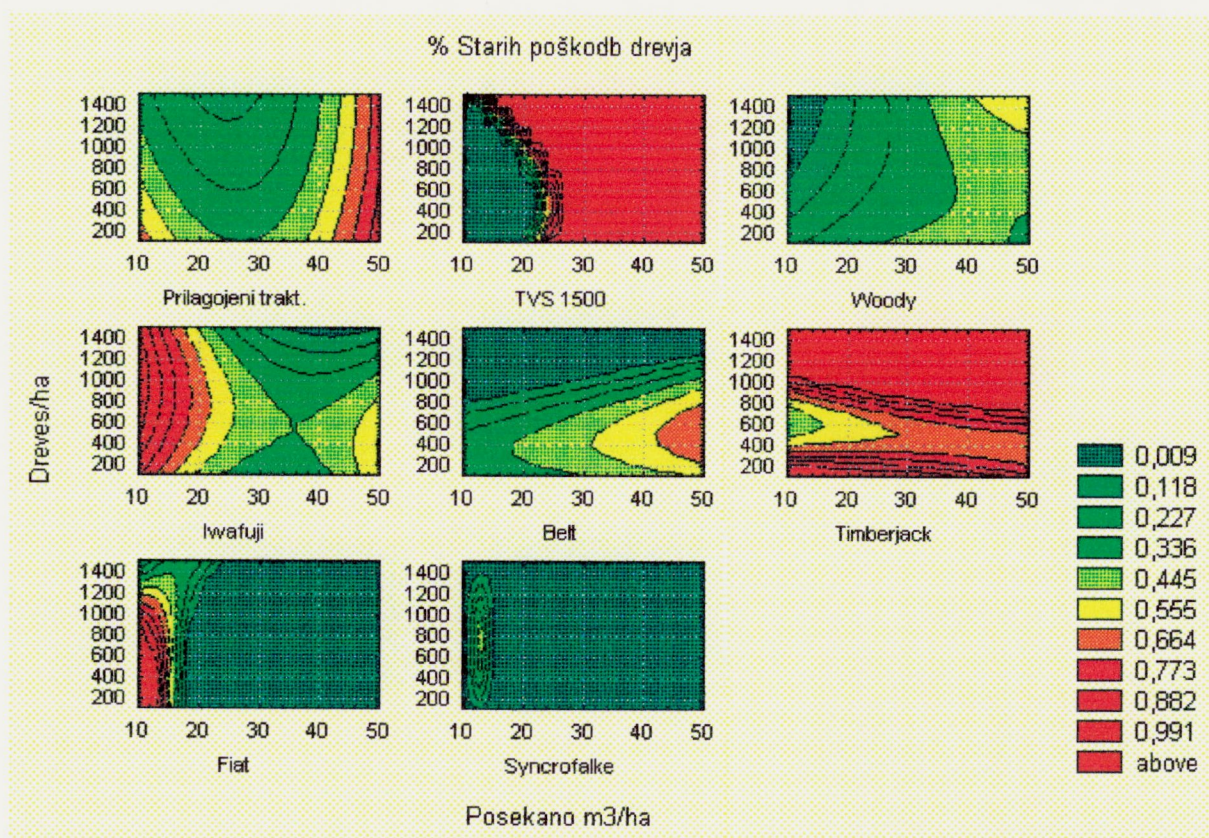
Preglednica 4: Število meritev glede na sezono sečnje in spravila lesa

Sprav. sredstvo	Letna	Zimska	Skupaj
Belt		41	41
Fiat	17	23	40
Iwafuji	54	217	271
Pril	264	183	447
Syncrofalke		192	192
Timberjack	32	12	44
TVS 1500		11	11
<b>Woody</b>		<b>122</b>	<b>122</b>
Skupna vsota	367	801	1168

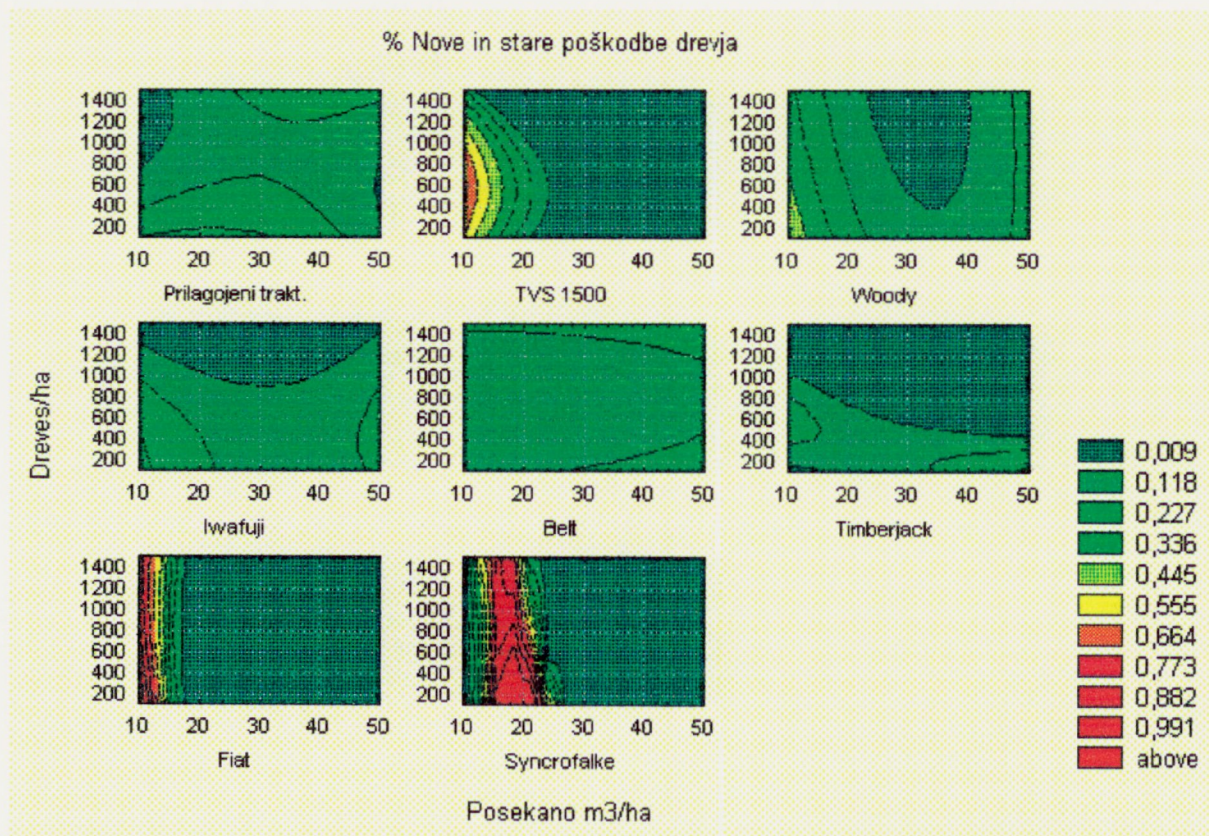
## 4.2 Delež poškodovanega drevja

Spravilna sredstva so delala v različnih delovnih razmerah – v različnih terenskih pogojih in različnih sestojih. To se vidi tudi iz analize starih poškodb drevja v teh sestojih. Tam, kjer so les spravljali s traktorji (relativno lažji tereni) je bilo v sestojih več poškodb, kar je posledica posegov v preteklosti, ki so bili pogostejši. Na terenih, kjer so spravljali les z žičnicami, je bilo starih poškodb manj, saj so bile sečne v preteklosti redkejše (slika 3).

Najmanj so bili poškodovani sestoji kjer so spravljali les z goseničarjem, z veliko žičnico Syncrofalke, pa tudi v sestojih, kjer je delal Belt so bile poškodbe zelo zmerne. Najbolj so bili poškodovani sestoji pri Timberjacku in zgibniku Iwafuji.



Slika 3: Delež starih poškodb v sestojih, kjer so spravljali s posameznimi spravljalnimi sredstvi



Slika 4: Delež novih in starih poškodb v sestojih, kjer so spravljali s posameznimi pravnimi sredstvi

K tem – starim – poškodbam lahko prištejemo še poškodovano drevje v tokratnem posegu, torej drevje, ki je bilo poškodovano najmanj dvakrat (slika 4). Teh poškodb je bilo nekako najmanj pri Timberjacku in Beltu, sledi pa Woody. Največ pa je bilo teh poškodb pri veliki žičnici in goseničarju, vendar so te vrednosti precej nezanesljive.

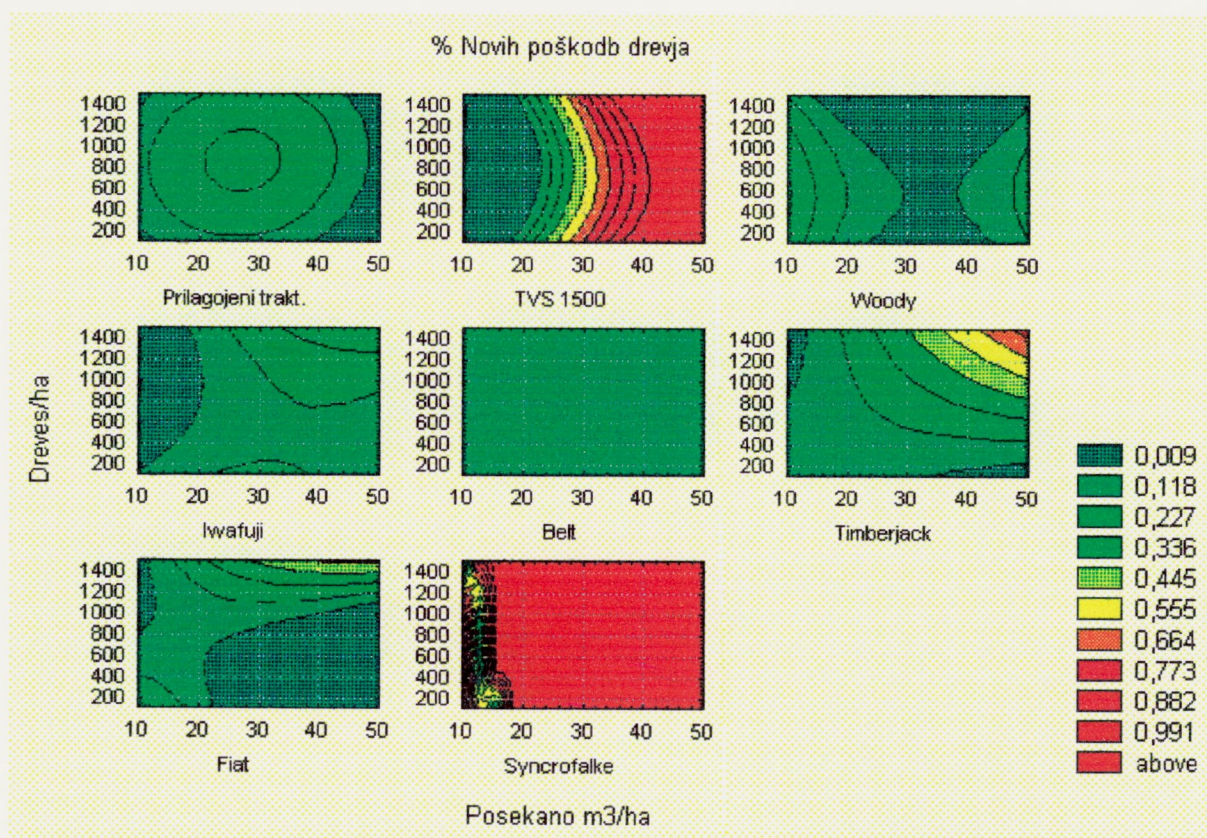
Večina teh poškodb je skoncentriranih ob prometnicah – vlakah, kjer so tudi nekdanj vlačili les ali ob koridorjih žičnic, ki so potekali preko nekdanjih prometnic (npr. preko konjskih vlak) ali po terenih, kjer so nekdanj spravljali les ročno. Del teh poškodb lahko pripišemo še vplivu gospodarjenja v preteklosti, del pa že spravnemu sredstvu in vsem drugim značilnostim sedanjega posega.

Kategoriji »starih« ter »starih in novih« poškodb sta ročno odvisni od vrste gospodarjenja (preglednica 5). Vidimo, da je največ starih poškodb (vse stare iz preglednice 5) v enodobnem in skupinsko prebiralnem gospodarjenju, manj pa v skupinsko raznodobnem. Razlika se nekoliko izravna, če upoštevamo še nove poškodbe, vendar jih je v skupinsko raznodobnem gospodarjenju še vedno največ.



Preglednica 5: Poškodbe glede na način gospodarjenja (strukturni deleži)

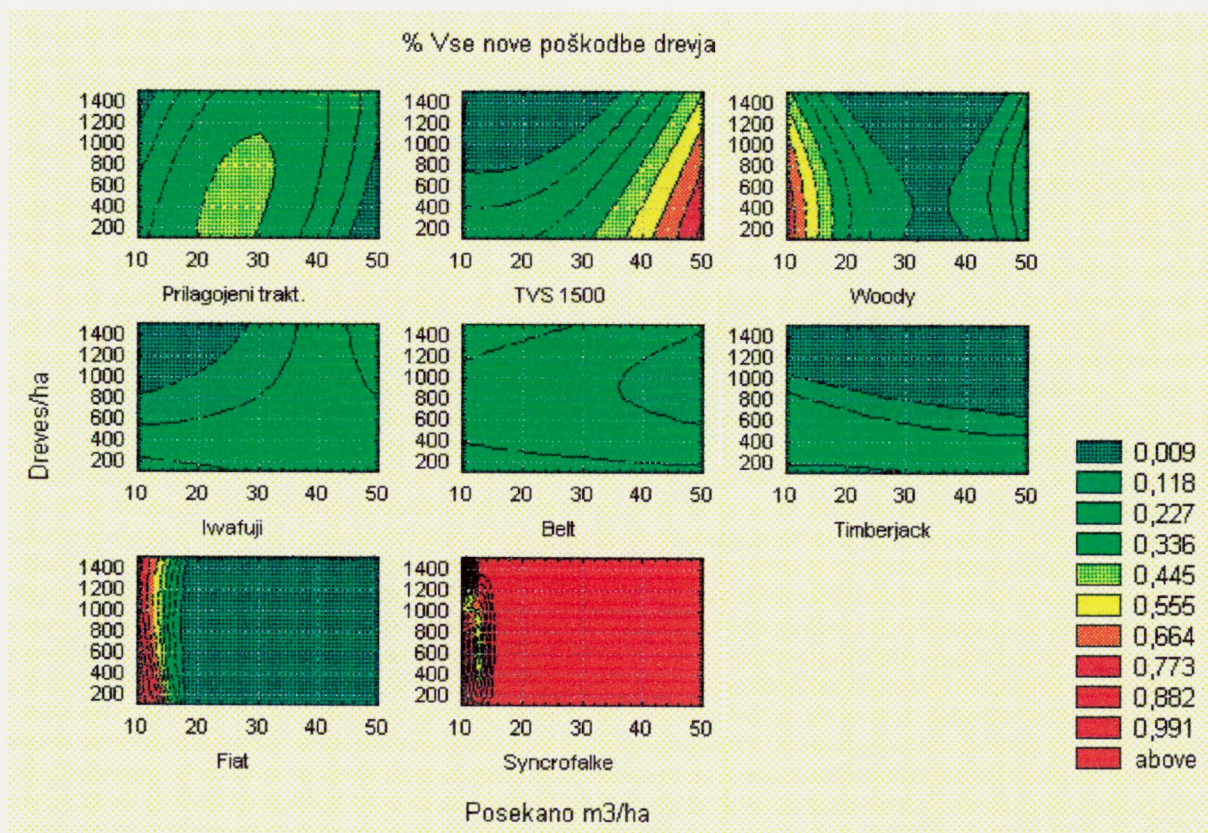
	Stare	Stare+nove	Vse stare	Nove	Vse nove	Vse
Enodobno	0,40	0,14	<b>0,54</b>	0,11	<b>0,25</b>	0,65
Skupinsko prebiralno	0,43	0,12	<b>0,55</b>	0,09	<b>0,21</b>	0,64
Skupinsko raznodobno	0,21	0,08	<b>0,29</b>	0,21	<b>0,29</b>	0,50



Slika 5: Delež samo novih poškodb v sestojih, kjer so spravljali s posameznimi pravilnimi sredstvi

Na sliki 5 so prikazani deleži poškodovanega drevja, ki je bilo poškodovano v sedanjem posegu in predstavlja torej nekakšen »prirastek« poškodb v sestojih. Obe žičnici se odrežeta izredno slabo, kar bo potrebno še dodatno proučiti. Med traktorji izstopa Belt, vendar so podatki premalo zanesljivi. Vpliv števila drevja in koncentracije poseka je pri traktorjih Iwafuji, Timberjack in Fiat nekako podoben. Deleži na novo poškodovanega drevja naraščajo, če naraščajo koncentracije poseka, vendar predvsem v mlajših in gostejših sestojih. Pri spravilu lesa s prilagojenimi traktorji lahko pričakujemo največje poškodbe pri srednjeveliki koncentraciji v sestojih z gostoto med 600 in 1200 dreves na hektar. V območju, kjer večina traktorjev povzroči nove poškodbe drevja med 10 in 20%, kažejo rezultati za Woody najmanjši delež poškodb. Seveda je to hkrati tudi območje največje zanesljivosti podatkov za ta traktor. Že iz tega lahko sklepamo na razmeroma ugodne rezultate pri uporabi traktorja Woody.

Seštevek poškodb, ki so prikazane na slikah 4 in 5 nam pokaže koliko drevja je bilo v resnici poškodovane ne glede na to, ali je bilo drevje pred tem že kdaj poškodovano ali ne (slika 6). Velika večina prikazanih kombinacij leži v razredih do okoli 30% poškodovanega drevja, kar je vsekakor zelo veliko. Primerjava Woodyja z drugimi traktorji (izvzeli smo Belt) pokaže, da je v območju najverjetnejše uporabe zgibnih traktorjev (npr. število dreves pod 600, koncentracije poseka nad 30m<sup>3</sup>/ha) gledano z vidika deleža poškodovanega drevja ta traktor najugodnejši, najmanj ugodno pa se je pokazalo spravilo s prilagojenimi traktorji.



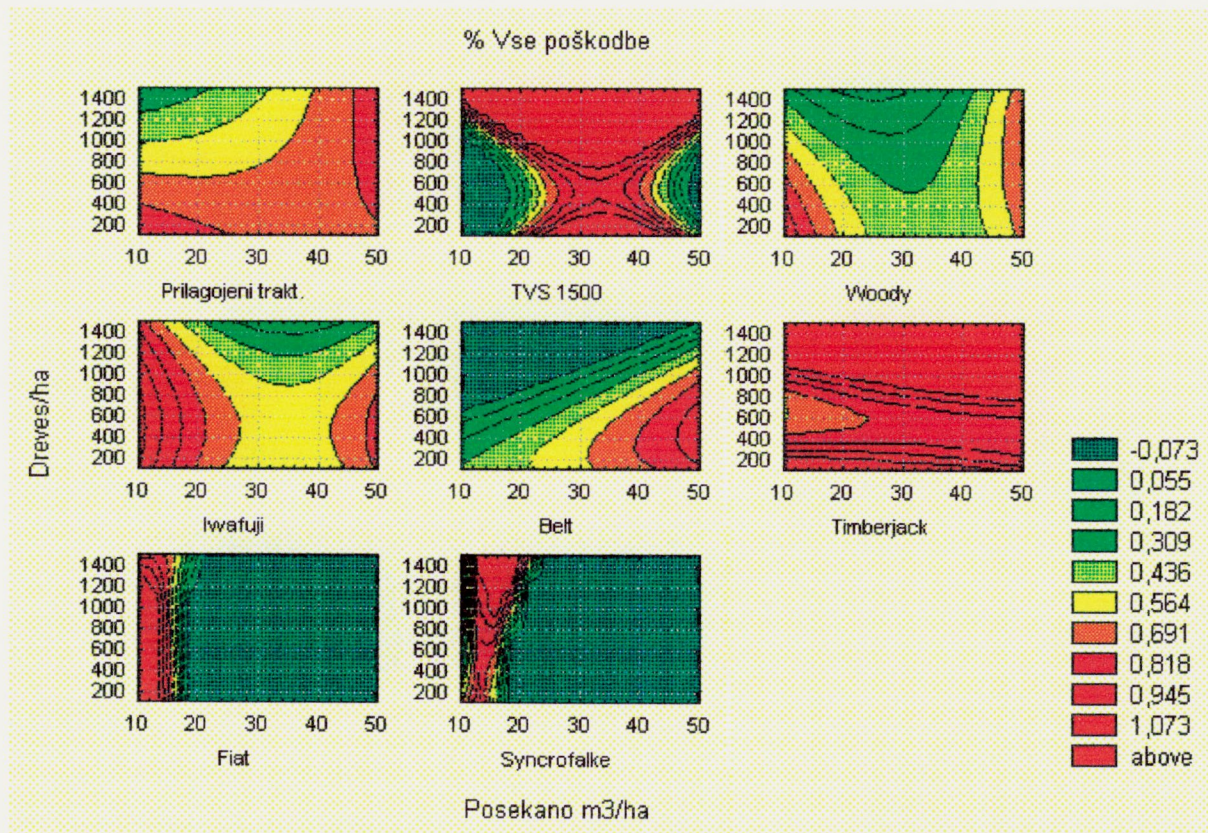
Slika 6: Delež vseh novih poškodb v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi

Opazovanje slike 6 pokaže, da so – vse nove - poškodbe drevja pri uporabi primerjanih zgibnih traktorjev odvisne predvsem od števila dreves na hektar. Povedano drugače – v mlajših sestojih smo pri traktorjih Iwafuji, Belt in Timberjack ugotovili manj poškodb kot pri spravilu lesa v starejših sestojih.

Količina posekane mase vpliva le neznatno, vendar se deleži vseh novih poškodb očitno povečujejo, če je posekane mase več. Pri uporabi Woodyja je ugotovitev pravzaprav obrnjena. Na delež vseh novih poškodb najbolj vpliva koncentracija posekane mase in to tako, da je poškodb najmanj nekje med 30 in 40m<sup>3</sup>/ha, nakar se delež poškodb povečuje v smeri manjših in v smeri večjih koncentracij.

Pri spravilu lesa z Woodyjem je več poškodb pri zelo majhnih koncentracijah posekane mase, če nastopajo pri manjšem številu dreves na hektar, torej v starejših sestojih. Ta ugotovitev je lahko

sporna, vendar je odraz načina gospodarjenja v današnjem času. Po drugi strani je več poškodb tudi pri večjih koncentracijah (nad 40m<sup>3</sup>/ha), kar pa je v skladu s pričakovanji.



Slika 7: Delež vseh poškodb v sestojih, kjer so spravljali s posameznimi pravilnimi sredstvi

Končno stanje glede števila poškodovanega drevja v sestojih kjer so spravljali les s posameznimi pravilnimi sredstvi je prikazano na sliki 7. Končno stanje v sestojih, kjer so spravljali z Woodijem, Iwafujijem in prilagojenim traktorjem kaže veliko podobnosti. Očitno je najmanj poškod tam, kjer so spravljali z Woodijem, sledi Iwafuji in na koncu še prilagojeni traktor. Največ poškodb – med traktorskim pravilom lesa – je bilo odkritih v sestojih, kjer je delal Timberjack. Podatki za traktor Belt so bolj orientacijski, zanimivo pa je, da smo razmeroma veliko poškodb odkrili pri Fiatu, TVS 1500 in Syncrofalke.

Obseg snemanj pri posameznem stroju ni dovolj velik, da bi lahko naredili zanesljive zaključke. Povsem zanesljiva pa je trditev, da so poškodbe pri spravilu lesa s traktorjem Woody med najmanjšimi, če je merilo število poškodovanega drevja (preglednica 6). V tej preglednici prikazujemo tehtane sredine deležev poškodovanega drevja pri uporabi posameznega pravilnega sredstva. To se najbolje vidi z dna preglednice: vsi zgibniki brez Woodyja so v povprečju povzročili 21% novih poškodb (seštevek poškodovanih novih in na novo že poškodovanih dreves), medtem ko je Woody sam pri spravilu lesa poškodoval 14% dreves.

Preglednica 6: Povzetek povprečij sredin deležev poškodovanega drevja (vse v strukturnih deležih)

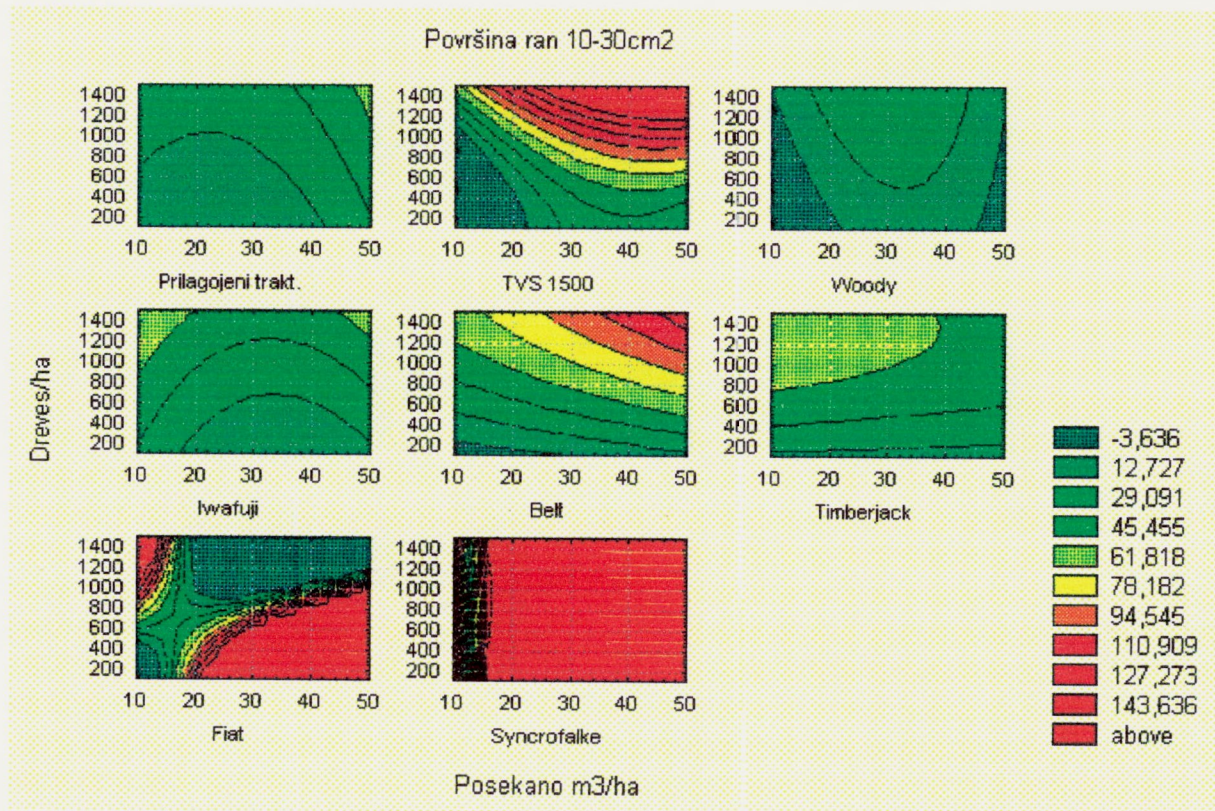
Spravilno sredstvo	Nove	Nove+stare	Vse nove	Stare	Vse
Belt	0,07	0,10	<b>0,17</b>	0,50	0,66
Fiat	0,06	0,09	<b>0,15</b>	0,37	0,52
Iwafuji	0,08	0,13	<b>0,21</b>	0,45	0,66
Prilagojeni	0,12	0,09	<b>0,21</b>	0,34	0,54
Syncrofalke	0,27	0,12	<b>0,39</b>	0,17	0,56
Timberjack	0,05	0,12	<b>0,17</b>	0,52	0,69
TVS 1500	0,10	0,02	<b>0,12</b>	0,49	0,61
<b>Woody</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,14</b>	<b>0,30</b>	<b>0,44</b>
Vsi zgibniki	0,08	0,11	<b>0,19</b>	0,41	0,66
Zgibniki brez Woodyja	0,08	0,13	<b>0,21</b>	0,46	<b>0,44</b>

#### 4.3 Površine poškodb

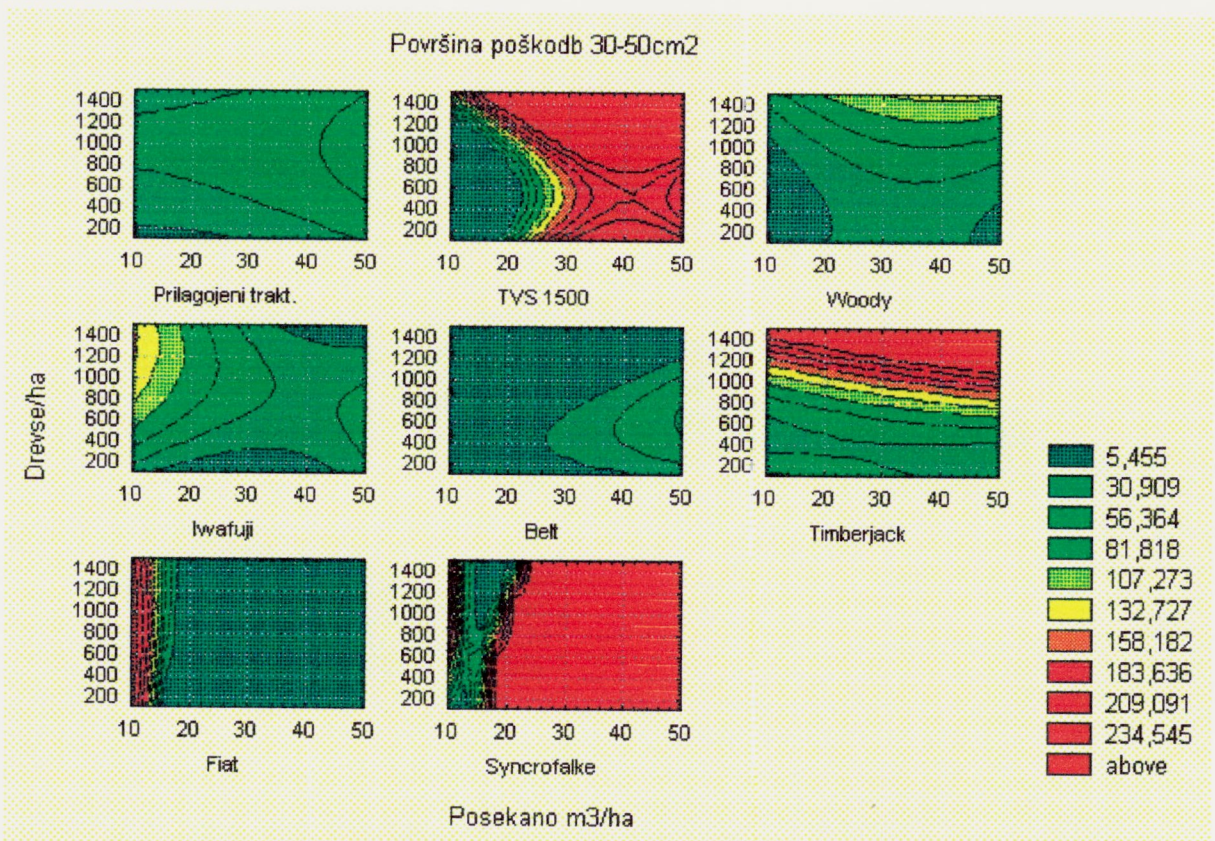
Metoda zahteva štetje poškodb, ki so večje od 10cm<sup>2</sup>, torej zelo majhnih poškodb drevja. To je razred poškodb, ki s časom razmeroma hitro izginejo, zato so med njimi zanesljivo zastopane predvsem nove poškodbe. Te poškodbe so manj nevarne z vidika okužbe lesa z glivami, ki povzročajo trohnobo, vendar predstavljajo informacijo o potencialnem nastanku večjih poškodb.

Število in s tem površina teh ran je najmanjša pri Woodyju, sledi prilagojeni traktor. Znatno več teh – najmanjših poškodb – je pri obeh drugih zgibnikih in Fiatu. Na splošno je površina teh poškodb večja v mlajših sestojih – več drevja na hektar. V debelejših sestojih in pri manjših koncentracijah posekane mase pa je pri več delovnih sredstvih (med njimi je tudi Woody) površina manjša.

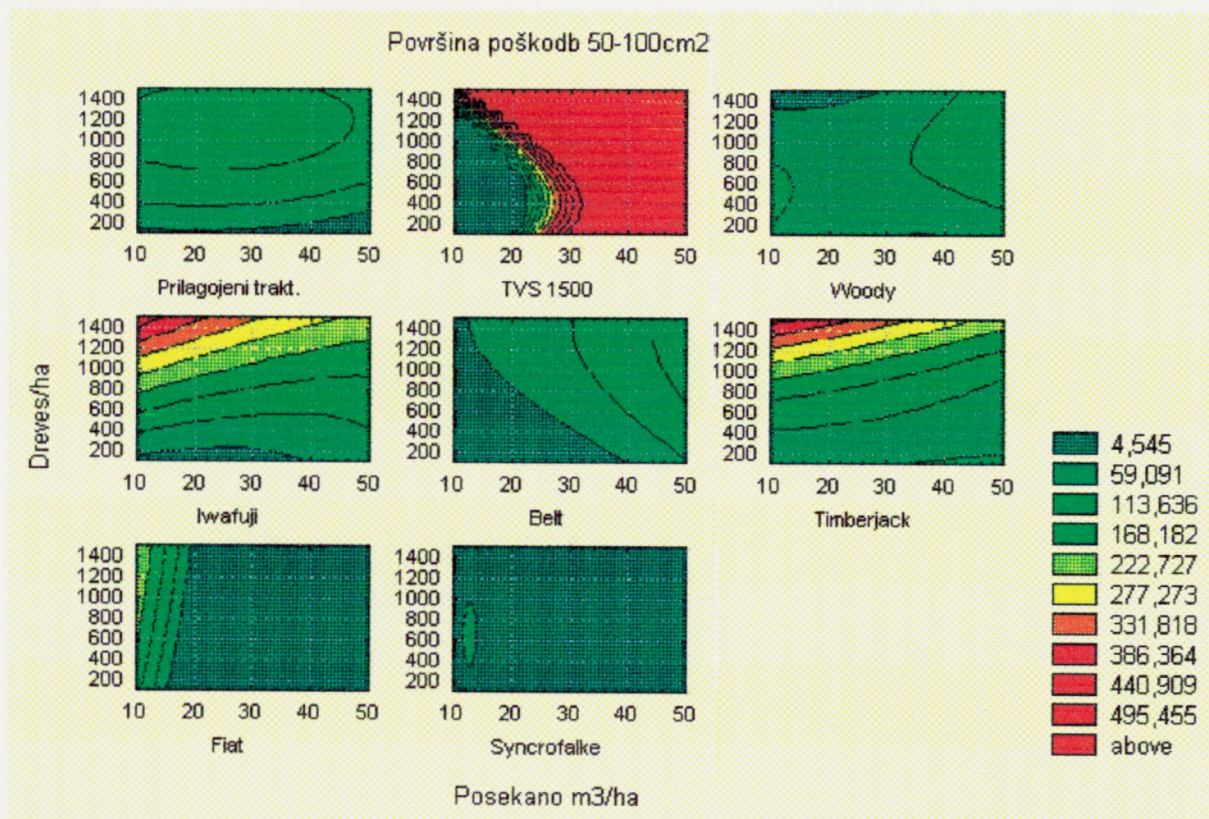
Podobno sliko kaže tudi naslednji razred – nekoliko večjih poškodb. Za razliko od najmanjših poškodb je v tem razredu (slika 9) manj poškodb zlasti pri Beltu, precej več pa je poškodb pri Timberjacku. Če gledamo samo traktor Woody, je več poškodb v mlajši sestojih, pri večjih posekih.



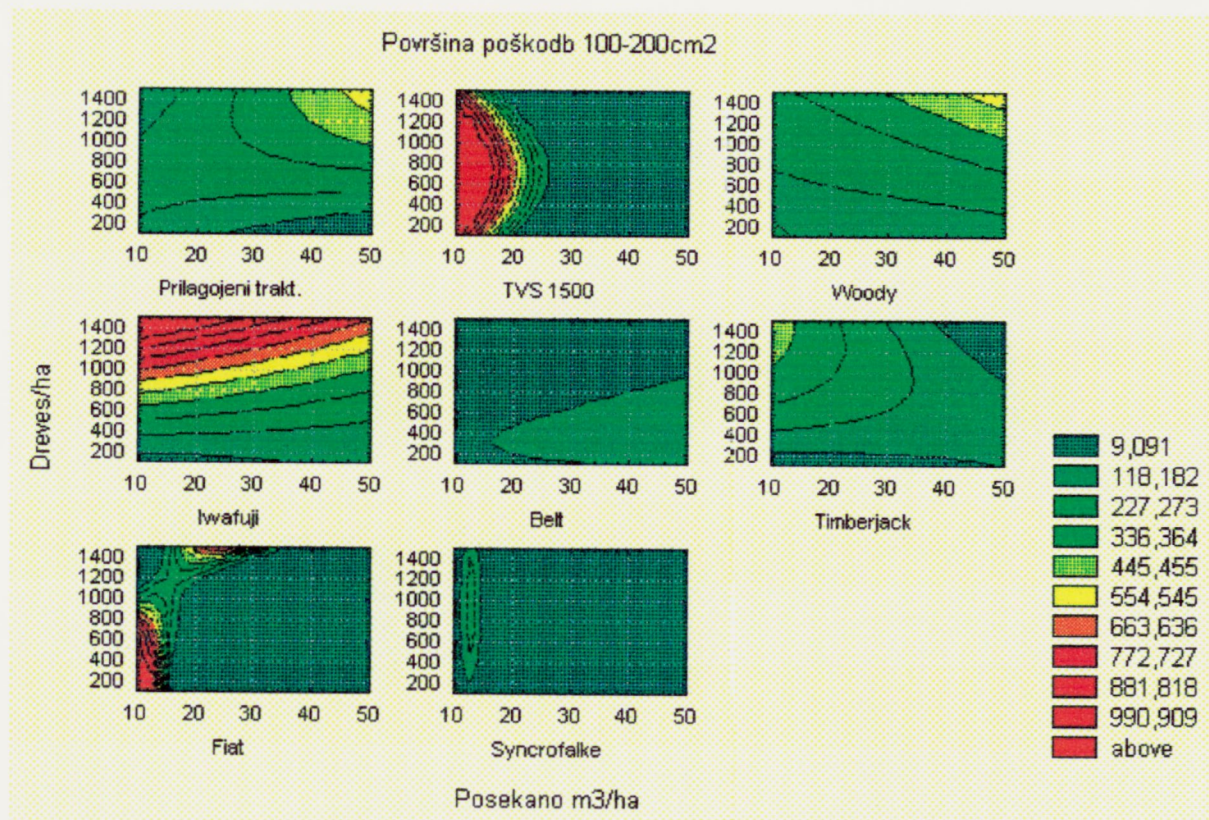
Slika 8: Površina poškodb velikosti med 10 in 30cm<sup>2</sup> v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi



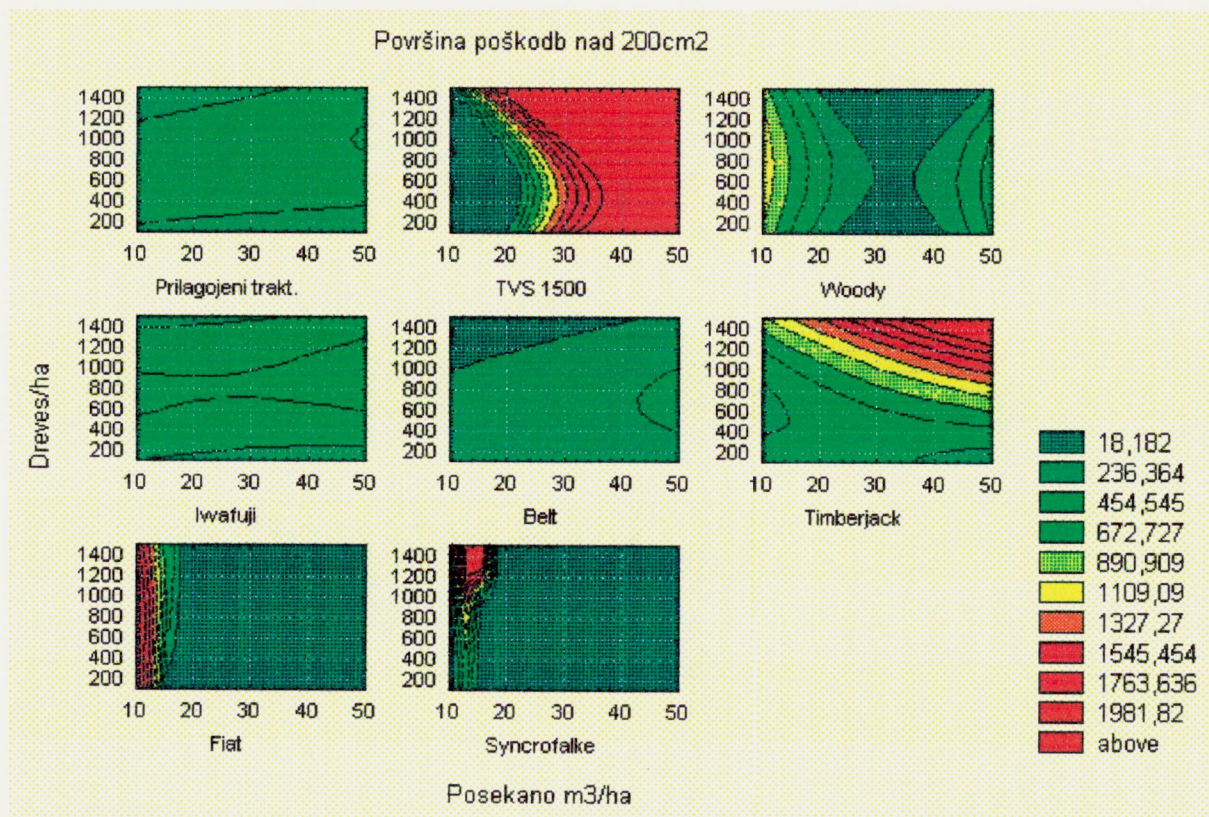
Slika 9: Površina poškodb velikosti med 30 in 50cm<sup>2</sup> v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi



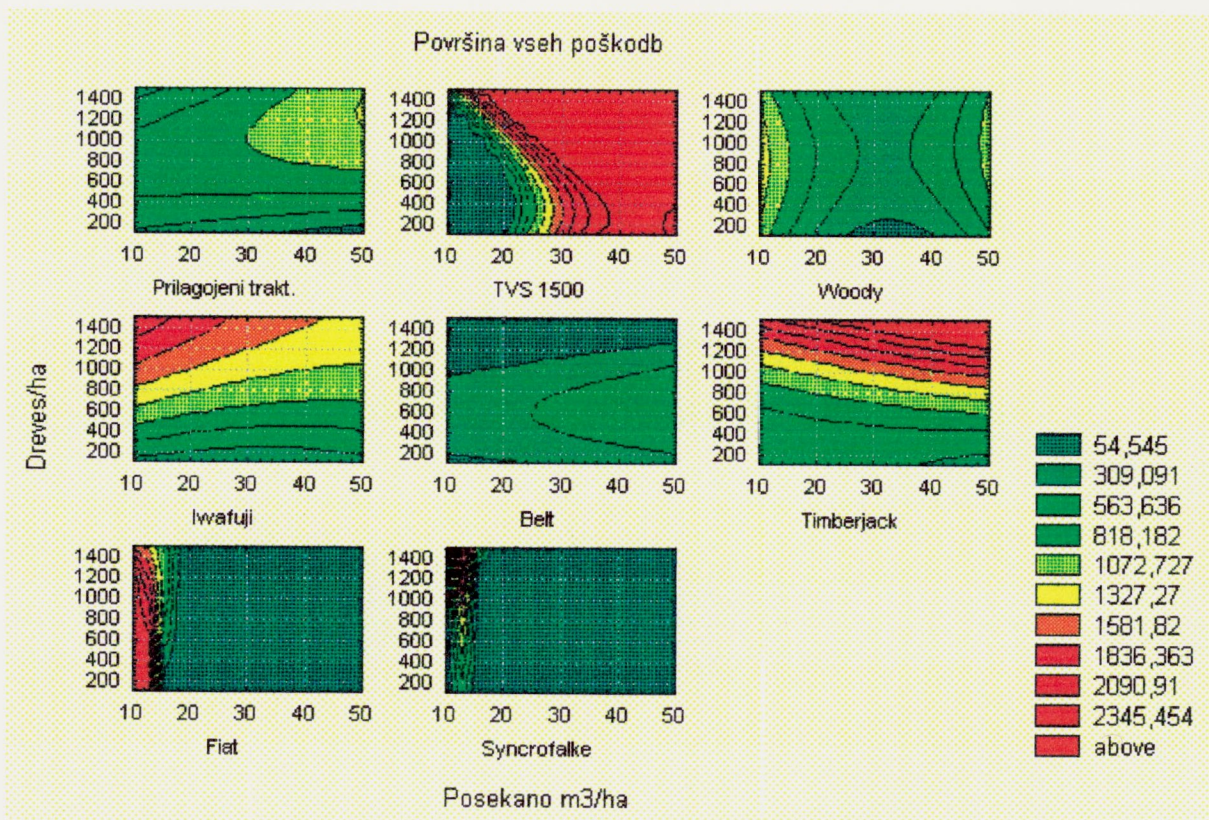
Slika 10: Površina poškodb velikosti med 50 in 100cm<sup>2</sup> v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi



Slika 11: Površina poškodb velikosti med 100 in 200cm<sup>2</sup> v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi



Slika 12: Površina poškodb velikosti nad 200cm<sup>2</sup> v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi



Slika 13: Površina poškodb vseh velikosti v sestojih, kjer so spravljeni s posameznimi pravnimi sredstvi

Primerjava površine vseh velikosti med prilagojenim traktorjem, Woodyjem, Iwafujijem in Timberjackom pokaže (slika 13), da je tudi po površini poškodb spravilo z Woodyjem najustrežnejše. Razlike med Iwafujijem in Timberjackom so v prid prvega, vendar so razlike sorazmerno majhne. Po površini je več poškodb v mlajših sestojih in večjih koncentracijah posekane mase. Oba traktorja (Iwafuji in Timberjack) sta po tem merilu bolj primerna za starejše sestoje (manj drevja na hektar). Pri Woodyju takšne porazdelitve površine poškodb glede na število drevja in posekano maso ni zaslediti. Najmanjša površina poškodb je bila pri tem traktorju ugotovljena v območju koncentracij posekane mase med 20 in 40m<sup>3</sup>/ha. Po tem vidiku kaže ta traktor nekako največjo univerzalnost.

Struktura poškodb glede na število v posameznem razredu velikosti ran (preglednica 7) je pokazala, da je traktor Woody nekaj ugodnejši v razredu najmanjših poškodb (med 10 in 20cm<sup>2</sup>), v ostalih razredih pa ni bistvenih razlik med Iwafuji, Timberjack in Woodyjem. Drugačne pa so porazdelitve strukturalnih deležev pri Fiatu, Beltu in Syncrofalke.

Preglednica 7: Povprečna struktura velikosti vseh poškodb glede na število poškodb po razredih

Spravil.sred.	10-30	30-50	50-100	100-200	Nad 200
Belt	0,36	0,18	0,14	0,11	0,20
Fiat	0,36	0,18	0,15	0,16	0,15
Iwafuji	0,16	0,16	0,19	0,19	0,30
Prilagojeni trakt	0,15	0,17	0,21	0,21	0,27
Syncrofalke	0,18	0,16	0,12	0,14	0,39
Timberjack	0,30	0,15	0,19	0,16	0,21
TVS 1500	0,14	0,24	0,22	0,18	0,24
<b>Woody</b>	<b>0,11</b>	<b>0,16</b>	<b>0,20</b>	<b>0,26</b>	<b>0,27</b>

Analiza rezultatov je pokazala (preglednica 8), da je pri vseh strojih od skupne površine vseh poškodb v sestojih največja površina v razredu najbolj nevarnih poškodb (nad 200cm<sup>2</sup>). V tem oziru se spravilo z Woodyjem ne razlikuje od bistveno od drugih traktorjev.

Preglednica 8: Povprečna struktura velikosti vseh poškodb glede na površino poškodb po razredih

Spravil.sred.	10-30	30-50	50-100	100-200	Nad 200
Belt	0,08	0,08	0,11	0,19	0,55
Fiat	0,08	0,08	0,13	0,27	0,43
Iwafuji	0,03	0,05	0,11	0,23	0,58
Prilagojeni trakt	0,02	0,05	0,13	0,25	0,54
Syncrofalke	0,03	0,05	0,07	0,15	0,71
Timberjack	0,06	0,06	0,14	0,23	0,52
TVS 1500	0,02	0,08	0,14	0,23	0,52
<b>Woody</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,11</b>	<b>0,30</b>	<b>0,52</b>



## 5 SKLEPI:

- Podatki, ki smo jih zbrali z raziskavo so še deloma nepopolni in ne omogočajo zanesljivih primerjav med spravnimi sredstvi v vseh območjih posameznih spremenljivk. Nekatere primerjave pa so kljub temu možne, zlasti med naslednjimi vrstami traktorjev: Woody, prilagojeni traktorji, Iwafuji in Timberjack.
- Traktor Woody se je v primerjavi z drugimi traktorji, ki jih uporabljamo za spravilo lesa pri nas izkazal za bolj okretnega in bolj primernega z vidika povzročanja poškodb drevja v sestojih. Primerjave se nanašajo na število povzročenih poškodb oz. na izračunane strukturne delež ter na površino poškodb in porazdelitev poškodb glede na velikosti ran.
- To posebej velja za primerjavo z drugimi žgibnimi traktorji s katerimi v povprečju povzročamo več poškodb
- Z vidika poškodovanosti drevja v sestojih je traktor Woody primeren za redčenja v vseh starostnih razredih.
- S podatki smo dokazali, da na število poškodb in njihovo površino vpliva več spremenljivk kot so: število drevja na hektar, ki je pokazatelj razvojne faze sestojja in s tem starosti ter števila posegov do danes, količina posekane mase na hektar, vrsta gospodarjenja, prevladujoča drevesna vrsta in sezona dela.

## 6 PRILOGE

## Priloga 1: Snemalni list za popis poškodb drevja v sestoji

	Datum snemanja					
	Odgovorni merilec					
	Šifra objekta					
P A S	Položaj pasu	šifrant				
	Dolžina pasu	m				
	Naklon terena	%				
P O Š K O D B E S E S T O J A	Drevesna vrsta	igl>1cm lubja				
		igl=<1cm lubja				
		lis>1cm lubja				
		lis=<1cm lubja				
	Socialni položaj	izbrani				
		drugi				
	Položaj v sestoji	ob prometnici				
		v sestoji				
		na razlesnici				
	Velikost poškodbe	nepoškodovan				
		10 - 30 cm <sup>2</sup>				
		31 - 50 cm <sup>2</sup>				
51 - 100 cm <sup>2</sup>						
101 - 200 cm <sup>2</sup>						
nad 200 cm <sup>2</sup>						
Starost poškodbe	nova					
	stara					
O J A	Mesto poškodbe	nova in stara				
		ni				
Mladovje	% površine					
		% poškodovan				
	Dolžina prometnic	trajnih (m)				
		začasnih (m)				

Šifra odseka XYY: YY=zap.št. X=0-javna c., 1-glavna c., 2-stranska c., 3-pot, 4-nač.gr.v., 5-nenač.gr.v., 6-nač.negr.v., 7-nenač.negr.v., 8-ani.v., 9-linija žič.

Poškodbe sestoja: vsako drevo se glede na svoje atrubute po ogledu punktira v šest oken na ustrezna polja.

Položaj pasu: 1-nad prometnico, 2-ob prometnici, 3-pod prometnico.

Dolžina pasu: mladovja = 20m, letvenjaki & drogovnjaki = 30 m, debeljaki & pomlajenci & prebiralni gozdovi = 40 m

Velikost poškodbe: Površina poškodb se sešteva in obravnava kot enota (tudi pri mestu in starosti). Če je površina pod 10 cm<sup>2</sup> drevo ni poškodovano.

Robert ROBEK

OVREDNOTENJE EKOLOŠKIH VIDIKOV OBRATOVANJA  
TRAKTORJA WOODY 110

Kazalo

1	UVOD IN CILJI NALOGE .....	107
2	PODMENE IN OMEJITVE.....	107
3	METODE DELA.....	107
4	REZULTATI .....	109
5	SKLEPNE UGOTOVITVE .....	114
6	USMERITVE PROJEKTANTU .....	115
7	VIRI.....	115

## 1 UVOD IN CILJI NALOGE

Gozdarski traktor Woody 110 je namenjen za spravilo lesa po vlakah in brezpotju. Zasnovan je bil za spravilo lesa pri redčenjih, kjer je potrebno med spravilom sortimentov paziti na preostala drevesa v sestoju, v največji možni meri varovati gozdna tla ter delc opraviti z najmanjšo porabo goriva in čim manjšimi emisijami izpušnih plinov. Cilj tega dela projekta je proučiti spremembe zunanje in notranje morfologije tal ter emisij toplogrednih plinov pri obratovanju gozdarskega traktorja Woody 110 v dejanskih razmerah pri delu v sestoju.

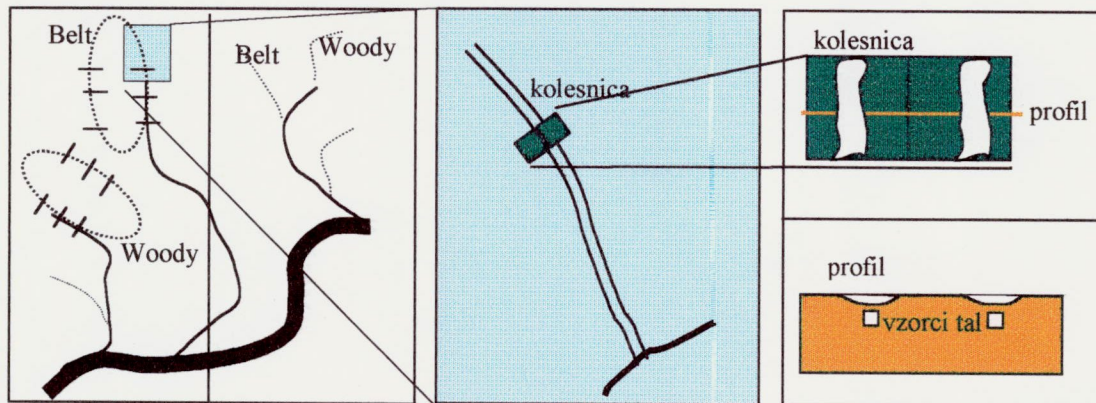
## 2 PODMENE IN OMEJITVE

Pri vrednotenju ekoloških kazalcev proučevane tehnologije smo oblikovanje delovnih metod in izvrednotenja podatkov gradili na podmeni relativnih primerjav. Ker ne obstajajo absolutna merila ekološke ustreznosti gozdarskih tehnologij, je edina mogoča relativna primerjava podobnih strojev. Proučevanje ekoloških vidikov dejanskega obratovanja je najbolj primerno v proizvodnih procesih, vendar pa je glede na razpoložljiv čas za izvajanje terenskih meritev, pričakovati najboljše rezultate v ozko omejenih in natančno opredeljenih pogojih usmerjenih poskusov. Dobljeni rezultati veljajo izključno za opredeljene naravne in tehnološke pogoje.

## 3 METODE DELA

Za primerjavo ekoloških kazalcev smo na podlagi razpoložljivih možnosti izbrali zgibni traktor Belt 70. Terenski del poskusa je potekal v gospodarskih gozdovih na masivu Snežnik, v gozdnogospodarski enoti Leskova dolina, v oddelku 9a. Sam poskus je bil sestavljen iz dveh delov (slika 1): kompakcijskega poskusa in spremljave dela traktorjev pri redni proizvodnji.

Kompakcijski poskus smo izvedli z namenom analize sprememb zunanje in notranje morfologije tal, kjer sta traktorja vozila z določenim številom prehodov po vnaprej pripravljenem poligonu. Poligoni so bili za vsak traktor ločeni in postavljeni tako, da je polovica poligona potekala po nepoškodovanih gozdnih tleh, polovica pa po stari vlaki. Vlaka ni bila grajena, pač pa je nastala z vožnjo po brezpotju pri spravilu lesa v osemdesetih letih. Traktorja sta vozila prazna, torej brez hlodov. Meritve so potekale na vnaprej določenih profilih, kjer smo pred poskusom posneli ničelno stanje terena in lastnosti tal.

**KOMP. POSK. PROIZVODNJA****MERILNO MESTO****METODE MERJENJA**

Slika 1: Zasnova terenskega poskusa pri ovrednotenju ekološke primernosti traktorja Woody 110.

**Terenske meritve pri kompakcijskem poskusu so zajemale:**

- meritve dinamičnega deformacijskega modula mineralnega dela tal na globini 7 cm s krožno ploščo z lahko padajočo utežjo ( $\text{MN}/\text{m}^2$ );
- meritve maksimalne globine kolesnice na profilu (cm);
- določitev vrste tal in izkop vzorcev tal v neporušenem stanju (kopetcky-evi cilindri -  $90 \text{ cm}^3$ ).
- meritve koreninske aktivnosti 6 mesecev po končanem kompakcijskem poskusu.

**Terenske meritve emisij so zajemale:**

- meritve temperature izpušnih plinov ( $^{\circ}\text{C}$ ), ogljikovega monoksida (ppm) in dušikovega monoksida (ppm) pri nadzorovanem stopnjevanju obratov stoječih traktorjev;
- meritve temperature izpušnih plinov ( $^{\circ}\text{C}$ ), ogljikovega monoksida (ppm) in dušikovega monoksida (ppm) pri petih ciklikih spravila lesa navzgor po vlaki pri razdalji zbiranja 12 m, razdalji vlačena 450 m z vsakim traktorjem;
- meritve obratov vsako minuto pri Woody 110 in ocenjevanje obratov vsako celo minuto pri Belt 70.

**Laboratorijske analize so zajemale:**

- določanje momentalne vlažnosti vzorcev tal (vol. %);
- določanje dozdevne gostote vzorca tal ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );
- določanje maksimalne kapacitete vzorca tal za vlago (vol. %);
- določanje poljske kapacitete tal (vol. %) z Richard-ovimi tlačnimi lonci pri tlaku 1/3 bara;
- izračun skupne poroznosti in deleža velikih por v vzorcu tal (volumski delež).

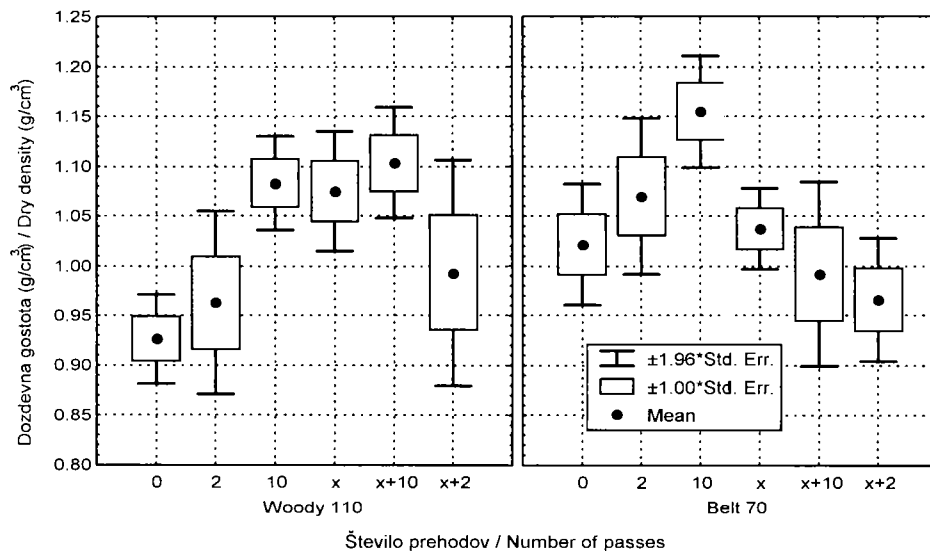
## 4 REZULTATI

### 4.1 Meritve sprememb morfologije tal

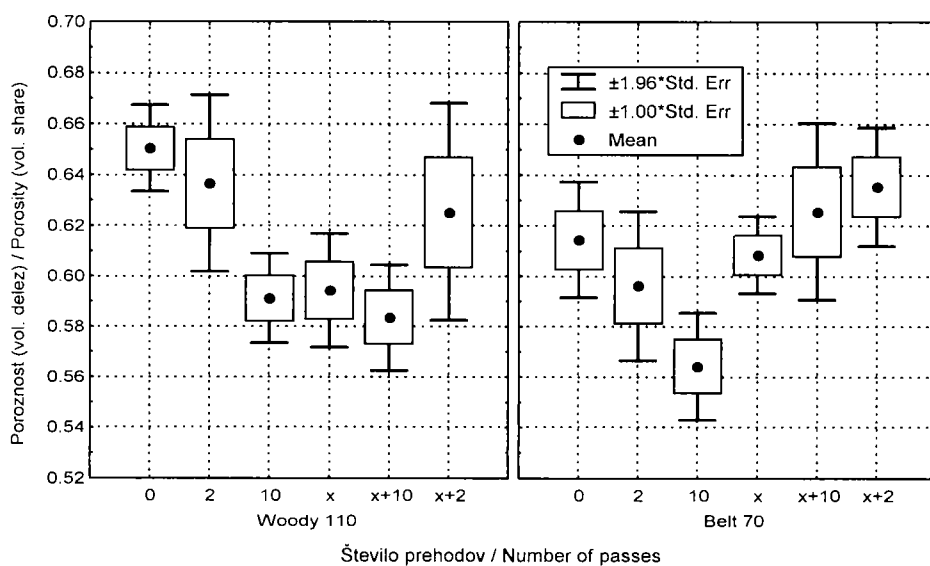
Kompakcijski poskus je potekal 25. 5. 1999 (Woody) in 26.5.1999 (Belt) na globokih rjavih, neskeletnih gozdnih tleh, v sestojih *Abieti fagetum dinaricum* v optimalni fazi. V neposredni okolici poligonov je prevladovala smreka, zato je bila prekoreninjenost tal površinska in zelo izrazita. Vlažnost tal je bila v času poskusa nekaj pod poljsko vlažnostjo, kar je bilo z vidika zbivanja neugodno, z vidika sestojnih razmer pa stanje, ki prevladuje v vegetacijski sezoni. Pri tej vlažnosti je dosegamo z najmanjšim delom največjo zbitost, kar se na zunanji morfologiji tal pokaže kot kolesnica. Povprečna globina kolesnic po vožnji po nepoškodovanih tleh je pri Woody-u znašala 4,1 cm in pri Belt-u 4,9 cm. Razlika ni bila statistično značilna.

Rezultati laboratorijskih analiz vzorcev tal v neporušenem stanju so prikazani na grafikonih 1, 2 in 3. Grafikoni prikazujejo povprečne in intervalne vrednosti znakov za posamezne tretmaje. Za vsak tretma je bilo 6 ponovitev. Na levi strani grafikona so predstavljeni rezultati za poligon Woody, na desni pa za Belt. Prvi trije tretmaji za posamezen stroj predstavljajo: stanje pred poskusom, stanje po dveh prehodih po nepoškodovanih tleh in stanje po 10 prehodih po nepoškodovanih tleh. Drugi trije tretmaji veljajo za vožnjo po stari negrajeni poti in v predstavljeni obremenitvi.

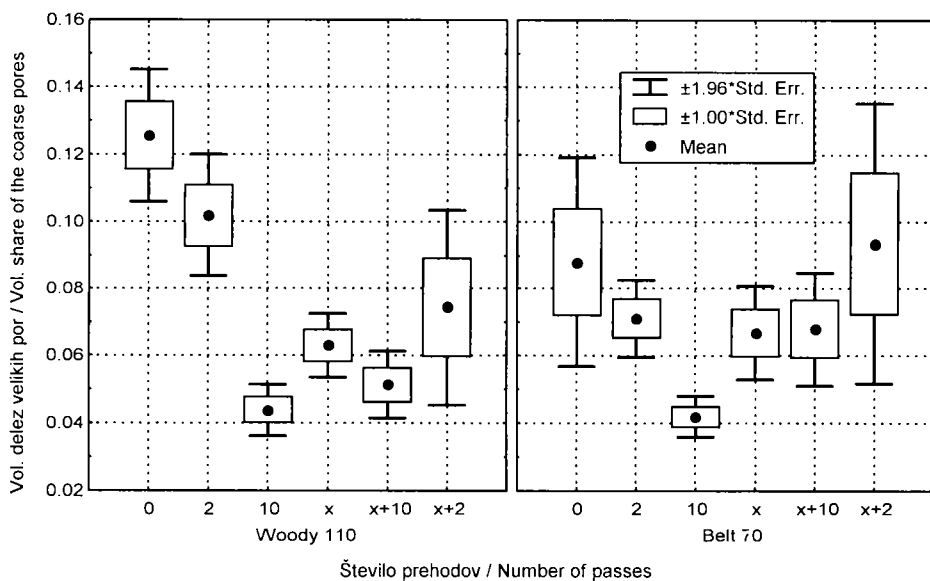
Med strojema ni značilnih razlik v zbitosti tal. Dozdevna gostota (grafikon 1) pri obeh strojih že po dveh prehodih po naravnih tleh neznačilno naraste in se pri desetih prehodih značilno razlikuje od prvotnega stanja. Pri vožnji po stari poti sledi najprej rahljanje tal, kje največkrat posledica vibracij korenin. Po desetih prehodih stroja preko profila dosežemo zbitost tal, ki so neznačilno bolj zbita kot pred vožnjo po stari poti. dosežena zbitost tal je podobna tisti pri desetih prehodih traktorja po prej nepoškodovanih tleh. Podobno velja za skupno poroznost (grafikon 2), ki jo izračunamo iz dozdevne gostote, vendar tu višje vrednosti predstavljajo manj poškodovana tla. Iz grafikona 3 je razvidno močno znižanje deleža velikih por pri vožnji po naravnih tleh. Padec odstotka velikih por pod 5 % velja za prag anaerobnih razmer v tleh in področje močno ovirane rasti korenin.



Grafikon 1: Dozdevna gostota vzorcev mineralnih tal pri kompakcijskem poskusu.



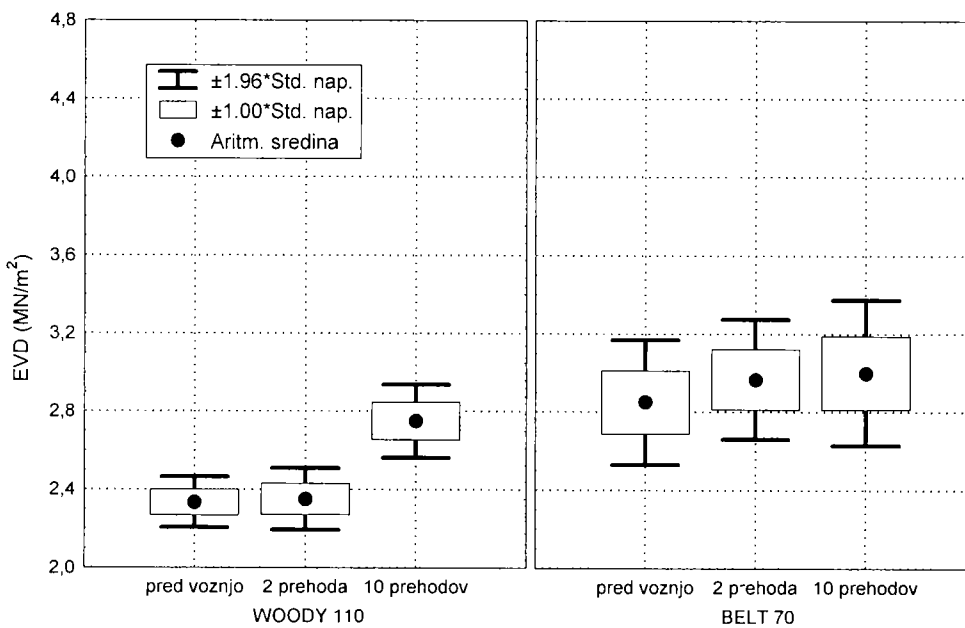
Grafikon 2: Skupna poroznost vzorcev mineralnih tal pri kompakcijskem poskusu.



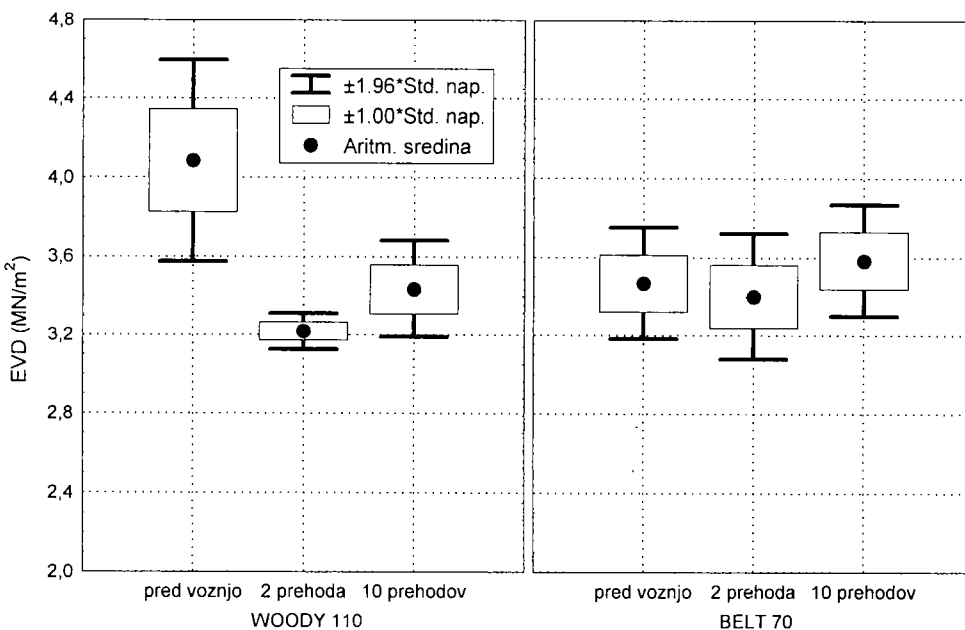
Grafikon 3: Volumski delež velikih por vzorcev mineralnih tal pri kompakcijskem poskusu.

#### 4.1 Meritve modula dinamične nosilnosti tal

Meritve modula dinamične nosilnosti (EVD) mineralnega dela tal, na predhodno poravnani površini kolesnic s kalcitno mivko, smo izvedli s krožno ploščo z lahko padajočo utežjo (ZFG-01). Izmerjena vrednost je povprečje treh meritev, ki se opravijo po treh slepih udarcih. Izvedene meritve so bile v poskusu izvedene pilotsko. Rezultati so prikazani na grafikonu 4 in 5. Na brezpotju je vidno bistveno povečanje nosilnosti tal pri Woody-u po desetih prehodih, vendar se dosežena vrednost ne razlikuje značilno od končnega stanja pri Belt-u. Na stari poti je pri Woody-u prišlo do znižanja nosilnosti tal (vibracije korenin) na raven, primerljivo z Belt-om na koncu poskusa. Meritve sprememb EVD se vsebinsko skladajo z rezultati obdelav vzorcev tal v neporušenem stanju in potrjujejo, da z vidika sprememb notranje morfologije tal med obravnavanima strojema v proučevanih razmerah ni bistvenih razlik.



Grafikon 4: Spremembe EVD tal pri vožnji WOODY 110 in BELT 70 po brezpotju.

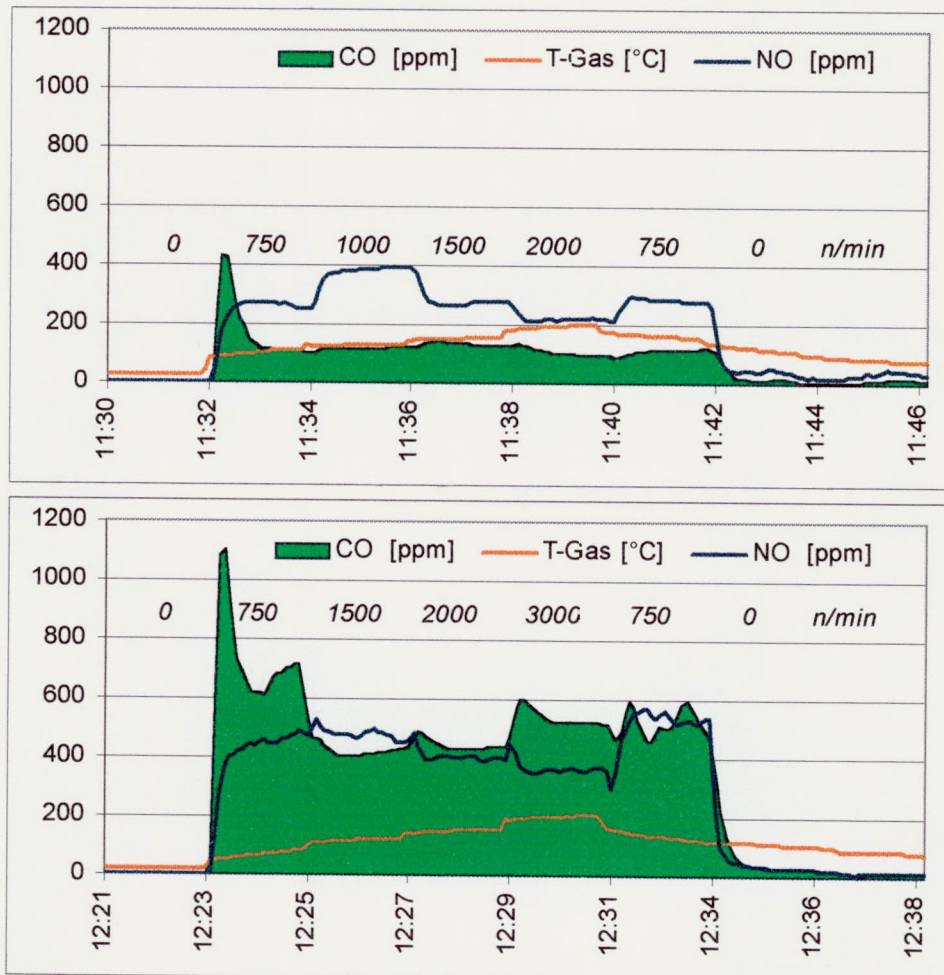


Grafikon 5: Spremembe EVDi tal pri vožnji zgbnikov WOODY 110 in BELT 70 po stari poti.



#### 4.3 Meritve emisij stojećih traktorjev pri programiranih cbratih

Meritve emisij stojećih traktorjev pri programiranih obratih prikazuje grafikon 6.



Grafikon 6: Meritve emisij stojećih traktorjev pri programiranih obratih (Woody zgoraj, Belt spodaj).

Na zgornjem delu grafikona so prikazani rezultati za Woody, na spodnjem delu pa za Belt. Obrati motorja (n/min) so prikazani v kurzivi. Pri zagonu hladnega traktorja nastopijo pri obeh strojih izrazite emisije CO, ki se kmalu umirijo in ostanejo na podobni ravni ne glede na število obratov motorja pri stojećem traktorju. Emisije CO so pri Belt-u 4x višje kot pri Woody-u. Emisije NO pa so pri Belt-u za 30 % višje kot pri Woody-u.

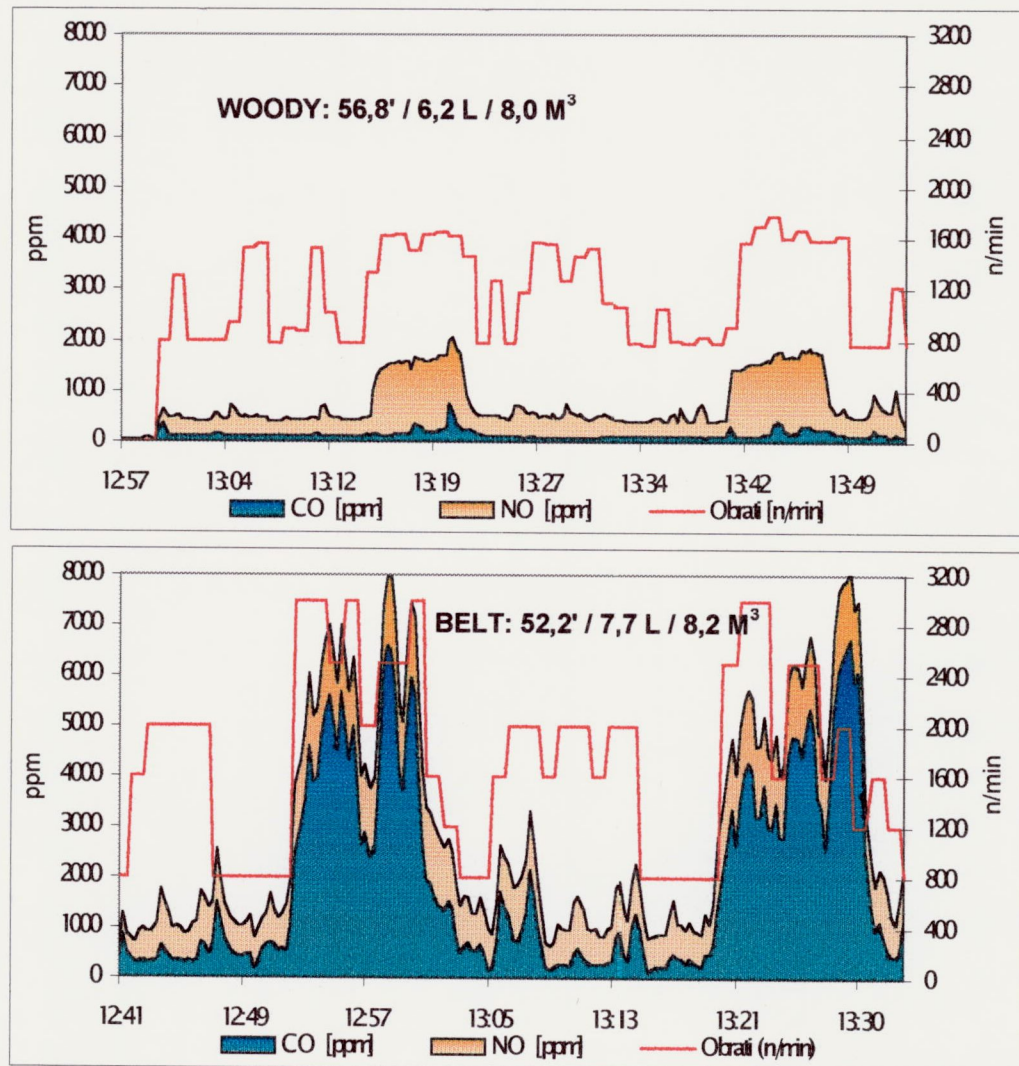
#### 4.4 Meritve emisij CO in NO pri spravilu lesa

Za kakovostnejšo primerjavo in zaradi meritev ergonomskih karakteristik je oba traktorja v poskusu vozil isti delavec. Skupno je bilo posneto za vsak stroj 5 ciklusov spravila in okoli 1800 meritev emisij (kontinuirana merjenja na koncu izpušne cevi vsakih 5 sekund). Skupna spravljena količina (na razdalji 450 m) pri Woody-u je znašala 20,0 m<sup>3</sup> in pri Belt-u 19,5 m<sup>3</sup>. Poraba goriva je znašala pri Woody-u 5,9 litrov/obratovalno uro in pri Belt-u 7,9 litrov/obratovalno uro.

Rezultati povprečnih emisij po delovnih operacijah so prikazani v preglednici 1. Razlike med strojema so izrazite. Woody obratuje pri nižjih obratih, z nižjimi temperaturami in znatno nižjimi povprečnimi emisijami pri vseh delovnih operacijah. Dinamično podobo emisij podaja za dva tipična ciklusa za vsak stroj grafikon 6, kjer so prikazani tudi obrati motorja (Woody) oziroma njihova ocena (Belt). Mejne dopustne vrednosti znašajo v Sloveniji za dizelska vozila 4,5 vol. %, kar je 4500 ppm. Ta vrednost je bila presežena pri Beltu, pri polni vožnji navzgor (vlačenje po vlaki).

Preglednica 1: Povprečne vrednosti emisij in karakteristik stroja pri 5 ciklikih spravila lesa.

Št.	OPERACIJA	CO (ppm)		NO (ppm)		Obrati (n/min)		Temp. izpuha (°C)	
		Belt	Woody	Belt	Woody	Belt	Woody	Belt	Woody
2	Prazna-sklad.	1129	125	1070	585	2000	772	324	321
3	Prazna-vlaka	492	100	730	368	1804	1053	284	203
5	Razvačevanje	828	115	781	372	1040	1076	243	200
6	Vezanje	390	118	714	372	800	1179	210	196
7	Privlačevanje	462	113	662	313	800	861	187	183
9	Vlačenje-vlaka	3717	187	1347	1171	2311	1433	548	401
10	Vlačenje-sklad.	4076	268	1402	1434	1800	1651	613	478
11	Odvezovanje	2172	224	1127	631	1257	1219	458	356
12	Sortiranje	1589	142	903	433	1000	1337	387	323
13	Rampanje	786	133	939	476	1457	915	321	291



Grafikon 6: Meritve emisij, obratov in temperature izpušnih plinov traktorjev pri spravilu lesa.

## 5 SKLEPNE UGOTOVITVE

14. Meritve globine kolesnic v področju gibanja proučevanih strojev kažejo, da v danih terenskih razmerah med strojema ni bistvenih razlik. Globina kolesnic je po desetih prehodih znašala na vseh merjenih profilih več kot 4 cm. Spremembe dozdevne gostote tal in volumskega deleža velikih por so statistični značilne pri obeh proučevanih traktorjih, glede na izhodiščno stanje. Čeprav je imel BELT večjo maso stroja, pa je imel WOODY ožja kolesa, kar je povzročilo, da je statični pritisk na tla pri obeh strojih znašal okoli 90kPa. Tla so bila v času poskusa v stanju poljske vlažnosti, ki je za rjava gozdna tla blizu optimalne vlažnosti zbivanja po Proktorju.
15. Spremembe modula dinamične nosilnosti mineralnega dela tal so bile po 10 prehodih praznega traktorja po površju naravnih rjavih gozdnih tal pri poljski vlažnosti opazne pri obeh traktorjih in statistično značilne pri Woody-u. Omenjeni rezultati potrjujejo meritve sprememb notranje morfologije tal z vzorci tal v neporušenem stanju.

3. Preliminarne meritve koreninske aktivnosti v področju gibanja proučevanih strojev pol leta po usmerjenem poskusu kažejo, da v danih terenskih razmerah med strojema ni bistvenih razlik, saj je pri obeh strojih izrazit padec koreninske aktivnosti. Fine korenine (premer do 2 mm) in drobne korenine (premer 2-10 mm) so na površju kolesnic pretrgane ali z močno poškodovano skorjo. V globini 10 cm je opaziti znatno zmanjšano koreninsko aktivnost pri obnavljanju finih korenin in številne propadajoče drobne korenine.
4. Emisije CO so bile med spravihom lesa pri zgibniku Belt 70 do 10-krat višje in emisije NO do 5-krat višje kot pri zgibniku Woody 110. Belt 70 ni bil najbolj primeren traktor za primerjave emisij, saj je njegov motor tehnološko zastarel v primerjavi z motorjem, ki je vgrajen v Woody 110, kar pa ne spremeni ugotovitev.
5. Pri analiziranih operacijah in obravnavanih delovnih razmerah je zgibni traktor Woody 110 pokazal z vidika proučenih kazalcev boljše ekološke rezultate, kot zgibnik Belt 70, vendar predvsem na račun boljšega motorja in ne manjših poškodb tal. V raziskavi nismo proučevali dinamičnih obremenitev na tla pri realizaciji vrtilnega momenta, kjer bi hidrostatski pogoni dali ugodnejšo sliko.

## 6 USMERITVE PROJEKTANTU

Dobre maneverske sposobnosti Woody-a, kakovosten motor in sodoben način uravnavanja navora na kolesih opravičujejo testiranje vplivov Woody-a na fizikalne lastnosti gozdnih tal. Zaradi velike variabilnosti tal in spremenljivih pogojev poskusa (vlažnost tal, skeletnost in prekoreninjenost tal) svetujemo, da se bodoča testiranja opravljajo:

- s traktorjem, ki je opremljen za delo v mehkih terenih (širše gume, brez verig),
- v pogojih, ki dovoljujejo delo s traktorji v takih pogojih (delc v suhem),
- s številom ponovitev, ki zagotavlja variabilnost vzorca v okviru zanesljivega preverjanja hipotez (7 ali več ponovitev po tretmaju).
- z večimi proučevanimi znaki (modul dinamične nosilnosti, sprememba zračne difuzivnosti, ...)
- v razmerah dinamičnega obremenjevanja (voznja praznega traktorja po pobočju).

Take raziskave je potrebno dobro načrtovati v naprej, so dražje in zahtevajo visoko stopnjo zainteresiranosti lastnika stroja.

## 7 VIRI

--- 1992. Boden/Fels - Prüfung Feldversuche Dynamischer Plattendruckversuch mit Hilfe des Leichten Fallgewichtsgerätes. Technischer Prüfvorschrift für Boden und Fels im Strassenbau TP BF - StB Teil B 8.3, 11 s.

ROBEK, R. 1994. Vpliv transporta lesa na tla gozdnega predela Planina Vetrh.- Zbornik gozdarstva in lesarstva, 45, s. 55-114

**Jurij MARENČE**

**UGOTAVLJANJE TEHNIČNIH ELEMENTOV TRAKTORJA WOODY 110 PRI  
DELU V GOZDNI PROIZVODNJI - METODOLOGIJA IN MERILNI INŠTRUMENTI**

Kazalo

1	UVOD .....	117
2	METODOLOGIJA .....	117
3	MERILNE NAPRAVE V MERILNI VERIGI .....	119
4	ZAKLJUČEK .....	126

## 1 UVOD

Izbira primernih traktorjev pri spravilu lesa bistveno vpliva na obseg obremenitev gozdnih biotopov. Ugotavljanje možnih vplivov na okolje je možno predvsem od dobrem poznavanju tehničnih elementov posameznih traktorjev. Ti elementi so navor in tangencialna sila na pogonskih kolesih, obremenitev posameznih osi oziroma razpored teže pravilnega sredstva, zdrs pogonskih koles in stabilnost traktorja med vlačanjem lesa v njegovi vzdolžni in prečni smeri. Na velikost naštetih elementov vplivata predvsem smer spravila, velikost bremena in vrsta podlage. V prispevku predstavljamo metodo ugotavljanja teh elementov na traktorju Woody 110 (Vilpo - Ljubljana).

V dosedanjih raziskavah spravila lesa smo obravnavali predvsem časovne študije dela, ergonomske ocene strojev in vpliv traktorjev na poškodbe sestojev in tal. Skoraj pa ni raziskav, ki bi obravnavale nekatere tehnične parametre, ki vplivajo na samo spravilo oziroma sploh na primernost uporabe določenih delovnih sredstev. Pri tem mislimo predvsem na tiste elemente, ki se nanašajo na učinkovitost prenosa sil s kolesa na tla. Uspešnost reševanja tega problema ne pomeni samo uspešnejšega izkoristka energije traktorja, ampak tudi drugač o stopnjo poškodovanosti tal.

## 2 METODOLOGIJA

Meritve tehničnih elementov na traktorju Woody 110 (navori, zdrs, razpored teže na oseh) so prve takšne meritve na gozdarskih traktorjih v slovenskih razmerah. Zato je bilo potrebno oblikovati popolnoma novo metodologijo z vsemi potrebnimi merilnimi inštrumenti in postopki za zajemanje in obdelavo zbranih podatkov.

V dosedanjih raziskavah v tujini so podobne meritve opravljali na ravnini, na krajših razdaljah ter na objektih, ki so bili v celoti prirejani zgolj takšnim meritvam. Meritve so bile tako lažje izvedljive, vendar so še vedno imele značaj »prirejene raziskave«. V naši raziskavi pa želimo vse meritve opraviti v dejanskih razmerah - na gozdnih vlakah in brezpotju v redni gozdni proizvodnji.

Od velikosti navora na posameznem kolesu je neposredno odvisna tangencialna sila, ki se med polno oziroma prazno vožnjo preko koles prenaša na gozdna tla. Izkoristek te sile je zelo spremenljiv in je odvisen predvsem od naklona vlake, velikosti bremena in različne podlage. Vsi ti elementi pa bistveno vplivajo na velikost zdrsa koles in s tem na izkoristek tangencialne sile.

Vrednosti tehničnih elementov zajemamo med vlačanjem - meč polno in prazno vožnjo. Te vrednosti se s spremembo naklona vlake bistveno spremenijo, zato so izbrane vlake, ki jih vključujemo v raziskavo, v vseh treh kategorijah vlačanja - gor, ravno in dol. Pri tem je velikost vzdolžnega naklona bistvenega pomena, zato vsako vlako, kjer poteka poskus, razdelimo na posamezne odseke, ki jih določa sprememba vzdolžnega naklona.

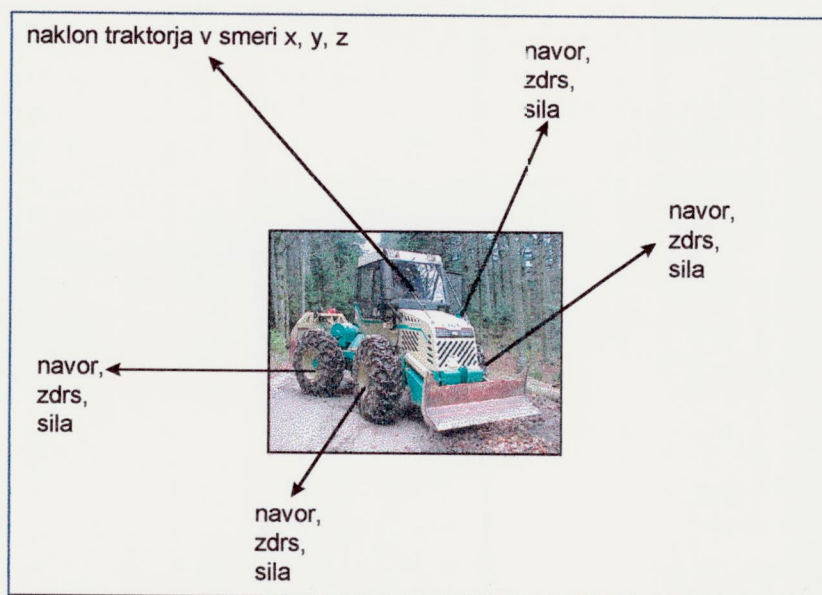
Zaradi prenosa sil s traktorskih koles na podlago prihaja do poškodb tal, ki se bistveno razlikujejo glede na vrsto podlage - zato so v poskusu zajete vlake na trdi (apnenec) in mehkejši podlagi. Predvsem nas zanima kakšne so posledice spravila na vlaki in v brezpotju, oziroma razlike pred in po vlačanju. V ta namen ugotavljamo spremembe prečnega profila na linijah spravila, ki so nastale zaradi vlačanja lesa.

Velikost bremena tudi odločilno vpliva na izmerjene vrednosti navora, tangencialne sile na kolesih, zdrsa in razpored teže na traktorju, zato je potrebno za vsak cikel evidentirati težo posameznih sortimentov in število kosov v bremenu.

Pri polni ali prazni vožnji ni pomemben le vzdolžni naklon, zato je potrebno izmeriti naklone v vseh treh smereh. Vzdolžna in prečna stabilnost traktorja v povezavi z mestom in višino težišča stroja so bistvenega pomena za stopnjo varnosti pri vožnji po gozdni vlaki ali brezpotju. Zanima nas kako se z naklonom spreminjajo tehnični elementi traktorja, predvsem pa tudi kolikšno stopnjo stabilnosti (in s tem varnosti) stroja dosegamo pri spravilu lesa.

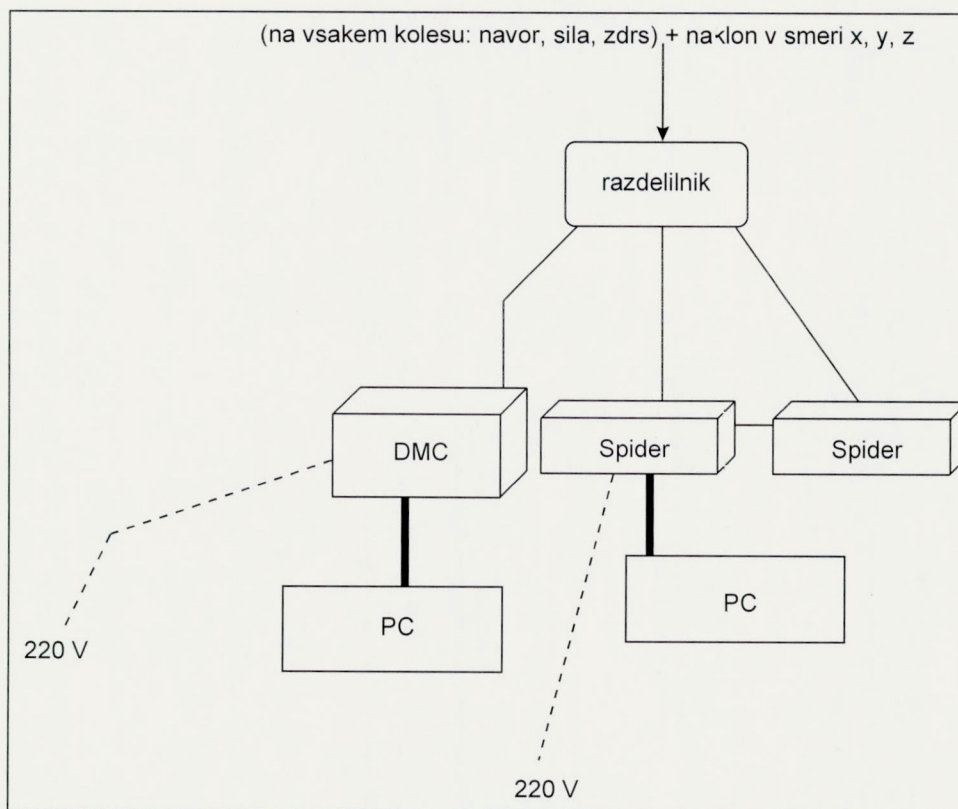
## 2.1 Merilna shema

Na vsakem kolesu traktorja Woody 110 torej merimo navor, silo (težo na posameznem kolesu) in zdrs. Za celoten traktor pa trenutne naklone v treh smereh (slika 1).



Slika 1: Woody 110 - mesto meritev tehničnih elementov

Na sliki 2 je prikazana shema merilne verige, povezave in glavni sestavni deli, ki jo sestavljajo.



Slika 2: Povezava: dajalniki podatkov - razdelilnik - DMC oz. Spider (ojačevalec, digitalizator) - osebni računalnik

### 3 MERILNE NAPRAVE V MERILNI VERIGI

#### 3.1 Elektro - uporovni merilni listič

Elektro - uporovni merilni listič (v nadaljevanju uporabljamo izraz merilni listič) predstavlja merilni element s pomočjo katerega merimo (registriramo) tehnične elemente (navore, sile) na traktorju.

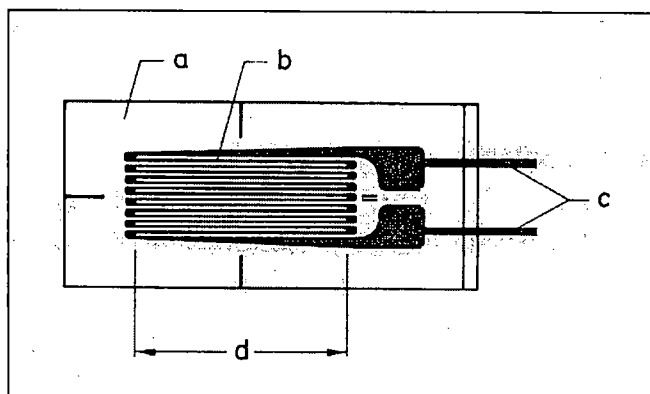
Princip delovanja temelji na dejstvu, da se ob deformaciji električnega prevodnika spremeni njegova upornost, ki je premosorazmerna s samo deformacijo. Pri deformaciji se ne spremeni samo dolžina prevodnika ampak tudi njegov premer - zato se posledično spremeni tudi njegova električna upornost. Na ta način se izmeri deformacija merilnega lističa, ki pa je enaka deformaciji objekta na katerem je listič prilepljen.

Merilni listič sestavljajo sledeči elementi (slika 3):

- a) nosilna folija,
- b) merilna mreža,
- c) priključka (terminala),
- d) razpoložljiva dolžina mreže.







Slika 3: Merilni listič (Hottinger Baldwin Messtechnik)

Merilno mrežo sestavlja električno odporna žica (iz konstantana, debelina okrog 0,025 mm), ki je v obliki mreže nalepljena na osnovo (nosilno folijo) in prekrita z zaščito; tako je oblikovan merilni listič z vgrajenim uporom.

Material nosilne folije mora izpolnjevati sledeče zahteve:

- imeti mora takšne mehanske lastnosti, da ne ovira deformacije upora skladno z deformacijo preizkušane materiala,
- da ga lahko kvalitetno lepimo,
- da je dober izolator
- in da je odporen na vpliv vlage in temperature.

Tudi kvaliteta lepila (na bazi epoksidnih smol) s katerim lepimo merilne lističe na podlago je za točnost merjenja zelo pomembna. Pri tem so predvsem pomembne njegove mehanske lastnosti, adhezija na različne materiale in obstojnost na višjih temperaturah. Z lepljenjem nastane čvrst spoj med merilnim lističem in podlago tako, da so deformacije, ki na objektu nastajajo v smeri žic merilnega traku, praktično enake deformaciji merilnega lističa. Na ta način se omogoči, da se vse deformacije, ki nastanejo na površini merjenega objekta prenašajo na merilni listič. Velik pomen ima tudi priprava in čiščenje podlage na katero lepimo lističe - podlago je potrebno pred lepljenjem očistiti, razmastiti in obdelati s finim brusnim papirjem.

Tudi sprememba temperature med merjenjem lahko bistveno vpliva na točnost merjenja. Zaradi teh sprememb pride do spremembe specifičnega upora, zato se spremeni tudi merjeni upor. Tako dobljen signal ni samo posledica merjene obremenitve ampak tudi rezultat spremembe temperature. Zato je potrebno pri meritvah to dejstvo upoštevati in s posebnim postopkom ta vpliv kompenzirati.

Ob kvalitetno nalepljenih merilnih lističih lahko dosežemo točnost meritev do 0,1 %, v nasprotnem primeru so napake lahko tudi do 20 %.

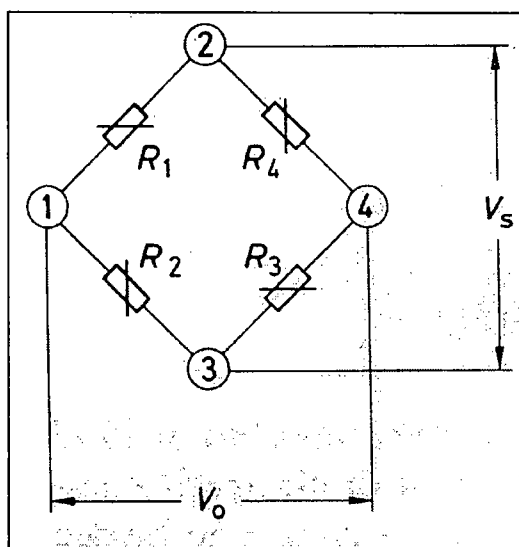
Da bi povečali spremembo dolžine žice na merilnem lističu (povečali učinek deformacije kosa, ki ga merimo) je žica napeljana v obliki pravokotnih pentelj. Tako lahko pride do večkratne spremembe dolžine znotraj skupne dolžine žice. Merilni listič je na objekt nalepljen tako, da je smer žic na lističu

enaka smeri obremenitve, ki jo želimo izmeriti. V našem primeru merimo obremenitve le v eni znani smeri, tako v primeru navora kot tudi sile.

Sicer pa je lahko v merilnem lističu hkrati več uporov, ki so različno orientirani, odvisno pač od namena uporabe. Takšen način se uporablja kadar merimo obremenitve v več različnih smereh ali pa v primeru, da v naprej te smeri točno ne poznamo.

### 3.2 Principi delovanja meritev

Pri ugotavljanju mehanskih elementov s pomočjo električnih meritev se kot osnovno merilno shemo uporablja Wheatstonov most. To je v bistvu povezava štirih uporov med katere je vezan inštrument s katerim izmerimo spremembo upora oziroma napetosti (slika 4):



Slika 4: Wheatston-ov most

Na eni diagonali tega mosta dovedemo električno napetost ( $V_s$ ), na drugi ( $V_o$ ) pa odčitavamo spremembe v električni napetosti, ki dejansko pomenijo vrednosti merjenih obremenitev. Velikosti vgrajenih uporov morajo biti takšne, da v merilnem inštrumentu na diagonali  $V_o$  ni električnega toka oziroma, da je razlika potencialov na tej diagonali enaka ničli. Pravimo, da je most uravnotežen.

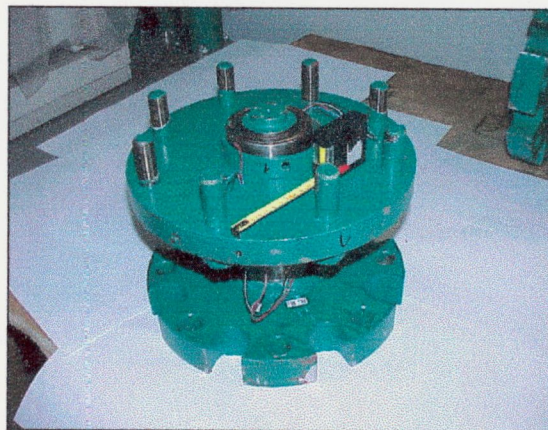
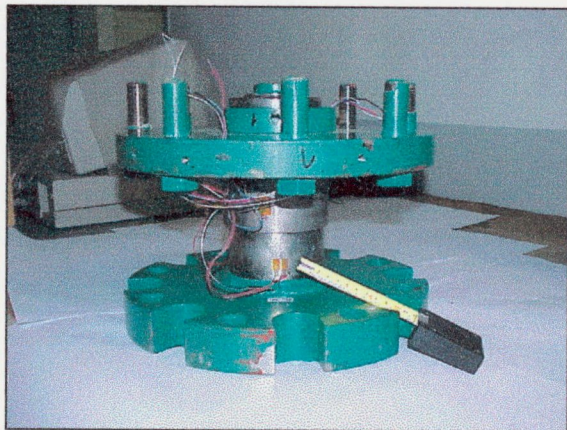
To je le v primeru:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$

V primeru, da pride do spremembe odpora v kateremkoli elementu mosta, se ravnotežje poruši, zato skozi merjeno diagonalo  $V_o$  steče tok, ki ga odčitamo na inštrumentu. Spremembo odpora ugotavljamo na osnovi napetosti na merjeni diagonali. Glede na dejstvo, da je bil most pred meritvijo uravnotežen, pomeni, da je odklon inštrumenta proporcionalen spremembi ocpora na merilnem lističu.

Jakost toka, ki teče skozi vodnik merilnega lističa, je zaradi vpliva toplote na žico omejena. Zato je omejena tudi napetost s katero napajamo most in se ponavadi giblje od 3 do 6 V. Sprememba upora, ki povzroči porušitev ravnotežja v mostu, je zelo majhna vrednost, zato dobimo na merjeni diagonali po vrednost zelo majhne signale. Napetost na izhodu se nahaja med 1 in 2 mV. Zato je potrebno za uporabo in nadaljno obdelavo takšen signal ojačati.

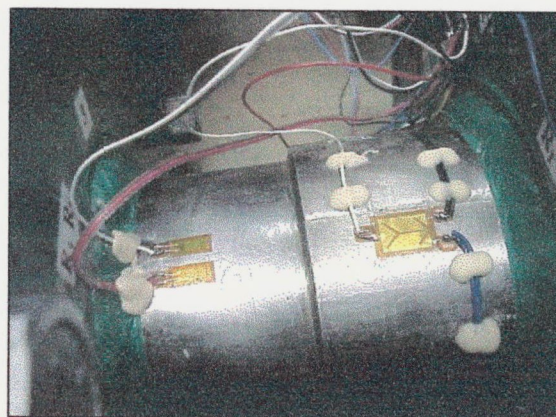
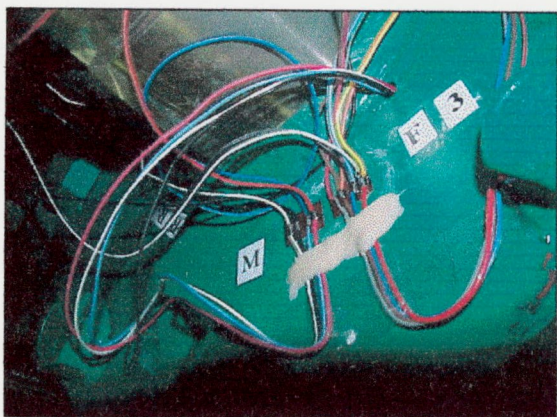
### 3.3 Vmesniki (dinamometri)

Za potrebe meritev smo izdelali štiri vmesnike (dinamometre), ki jih bomo vgradili na mesto med polosjo in kolesom (slika 5,6).



Slika 5, 6: Vmesnik za meritev navora in teže

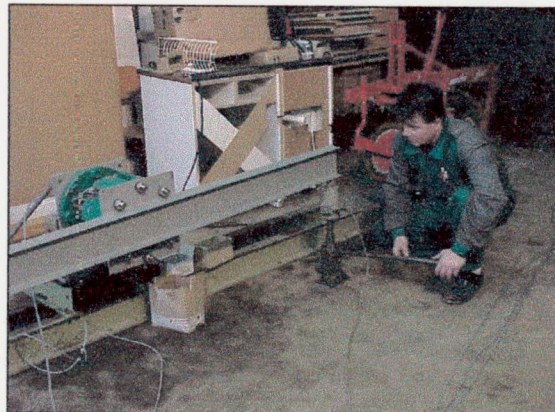
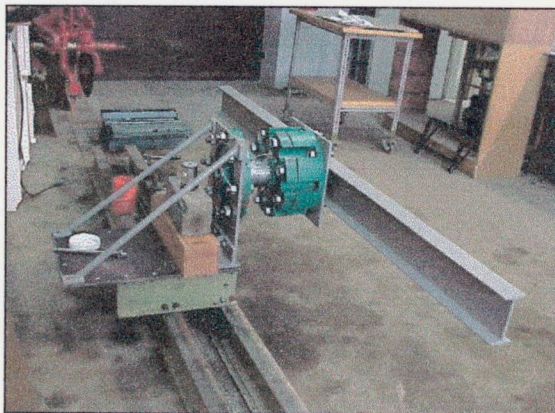
Med vožnjo se kolo zaradi delovanja navora, ki ga dovedemo v os kolesa, premika po podlagi. Pri tem nastane na obodu kolesa tangencialna sila, ki je neposredno odvisna od izmerjenega navora in polmera kolesa. Med vožnjo se tudi razpored teže stroja na posamezne osi zaradi niza dejavnikov spreminja. S preparacijo (namestitvijo merilnih lističev) lahko opravimo meritve teh tehničnih elementov - tako bomo na vsakem kolesu istočasno opravili meritve navora in teže (slika 7, 8).



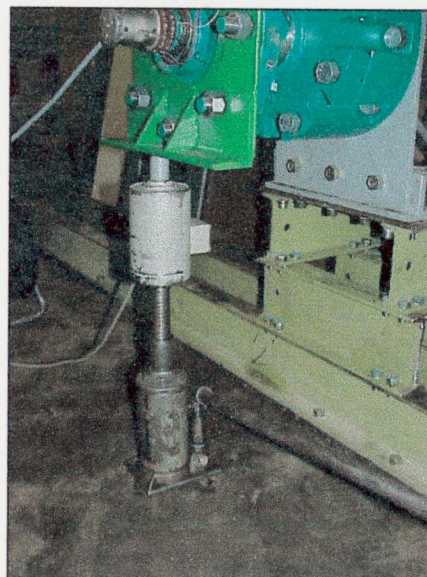
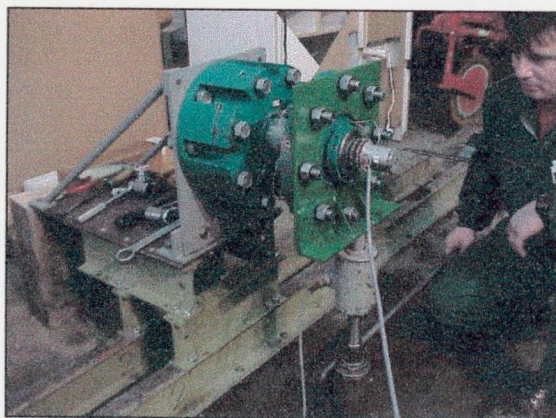
Slika 7, 8: Namestitev merilnih lističev za merjenje navora in sile

### 3.4 Kalibracija za navor in težo (silo)

Kalibriranje predstavlja postopek vzpostavljanja odnosa vhodne fizične količine, ki se meri in vrednosti, ki jo dobimo na merilnem inštrumentu. V našem primeru smo z znanim navorom oziroma silo ugotavljali vrednosti na izhodnem inštrumentu in te vrednosti primerjali z izmerjenimi vrednostmi s pomočjo naših vmesnikov in merilnih lističev. Kalibracijo smo opravili za vsak vmesnik posebej, in sicer za merjenje navora (slika 9, 10) in sile (slika 11, 12).



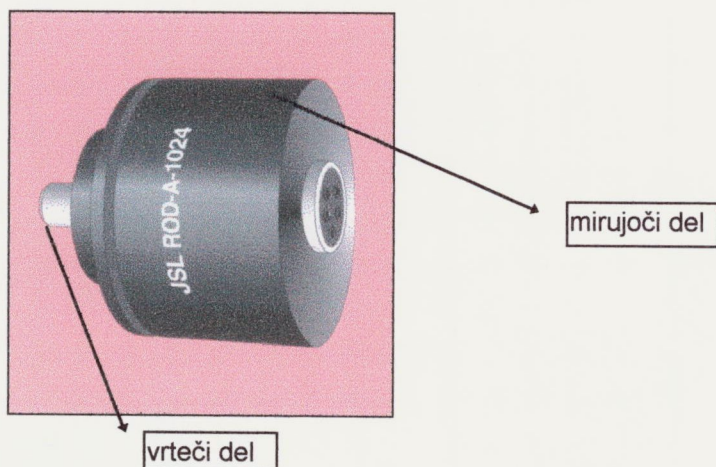
Slika 9, 10: Kalibracija navora



Slika 11, 12: Kalibracija sile

### 3.5 Rotacijski optični dajalnik

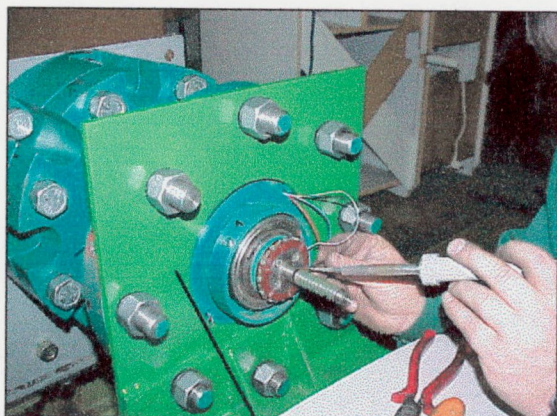
Na osi vsakega kolesa bomo namestili poseben senzor (rotacijski optični dajalnik) za meritve prevožene poti z vključenim zdrsom koles (slika 13). Rotacijski dajalniki ROD optično sensorirajo vrtenje v niz električnih impulzov. Na foto elementih se generirata dva medsebojno za 90° el. premaknjena periodična signala. Število električnih signalov ustreza številu črtic na vrtečem disku.



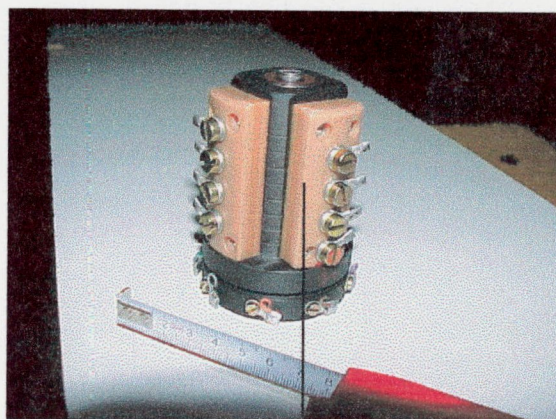
Slika 13: Rotacijski optični dajalnik

### 3.6 Drsni odjemnik toka

Pri merjenju mnogih tehničnih elementov je potrebno dajalnik signala (v našem primeru merilni listič) postaviti na vrtečo podlago (pri nas kolo traktorja). Klasičen primer je merjenje momenta in sile na pogonskih kolesih. V takšnem primeru je nujno, da se signal z merilnega lističa prenese na ostali del merilne verige, ki miruje. To nalogo opravi drsni odjemnik toka (slika 14, 15).



notranji, vrteči del



zunanji, mirujoči del

Slika 14, 15: Drsni odjemnik toka

Odjemnike takšne izvedbe se danes pogosto uporablja, ker so po konstrukciji enostavni in jih sorazmerno lahko montiramo na vrteče dele stroja. Njihova pomanjkljivost je v včasih velikih kontaktnih uporih na stiku med vrtečim in mirujočim delom odjemnika. Posebej je ta pojav izrazit v primeru majhnega pritiska na drsni površinih, h kateremu se nagibamo zaradi nižje obrabe drsnega materiala. Ta pojav lahko bistveno vpliva na točnost merjenja.

Notranji, vrteči del merilne naprave namestimo na os kolesa; ta del ima na svojem osrednjem delu osem prstanov, ki so medsebojno izolirani in preko vodnikov povezani z merilnimi lističi. Na te prstane nalegajo ščetke, ki so na prstane pritisnjene z vzmetmi. Nosilec teh ščetk je zunanji, mirujoči del drsnega odjemnika toka, ki je preko kablov vezan naprej v merilno verigo.

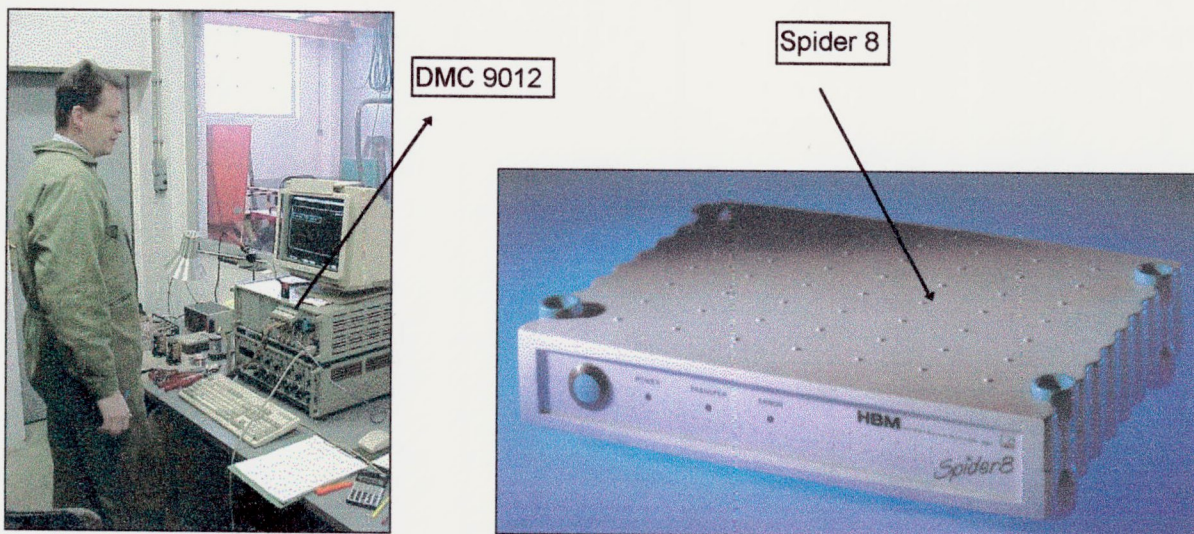
Kvaliteta drsni kontaktov je odvisna predvsem od izbranega materiala (prstani iz srebra, ščetke iz legure srebra in grafita) in od čistoče kontaktnih površin. V tem primeru so odpori na tem spoju majhni, nihanja pa med meritvami manjša. Takšni odkloni v toku meritev bistveno ne spreminjajo točnosti izmerjenih podatkov.

### 3.7 Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik signala

Osnovna naloga vseh ojačevalnikov v merilni verigi je povečanje velikosti signala, ki ga dobimo na izhodu iz merilnega lističa. Pri tem mislimo na spremembo odnosa vhodne in izhodne napetosti. Ojačevalnik je v bistvu prenosnik električnega signala, ki sinusno funkcijo frekvence z določeno amplitudo, spreminja v drugo sinusno funkcijo z isto frekvenco, vendar z večjo amplitudo. Ojačanje signala je nujno saj so njegove izhodne vrednosti zelo majhne.

Ker so izhodni signali analogni jih je potrebno s pomočjo pretvornikov spremeniti v digitalne in s tem primerne za nadaljno obdelavo.

V naši raziskavi uporabljamo digitalni ojačevalnik DMC 9012 in Spider 8 (oba Hottinger Baldwin Messtechnik). Oba združujeta funkciji ojačevalnika in digitalnega pretvornika (slika 16, 17).



Slika 16, 17: Ojačevalnik in analogno-digitalni pretvornik

#### 4 ZAKLJUČEK

Menimo, da so omenjeni tehnični elementi, kot so navor in tangencialna sila na pogonskih kolesih, obremenitev posameznih osi oziroma razpored teže pravilnega sredstva, zdrsi pogonskih koles v povezavi s poškodbami v sestoji in stabilnost delovnega sredstva med transportom lesa v njegovi vzdolžni in prečni smeri in s tem povezane stopnje varnosti pri delu v gozdu tisti elementi, ki jim je treba pri delu s stroji v gozdu posvetiti največ pozornosti.

Naš namen v nadaljevanju raziskave je ovrednotiti delo s traktorjem Woody 110 s tehnično - tehnološkega, varstvenega in ekološkega vidika. Ob pripravljene metodologiji raziskave je potrebno do konca oblikovati celotno merilno verigo z vsemi potrebnimi merilnimi inštrumenti.

V dosedanjem delu na projektu Woody New smo oblikovali metodologijo, ki predstavlja začetek raziskovanja novega področja v gozdni proizvodnji v slovenskem gozdarstvu. V tem času smo izdelali, kupili, prilagodili ali pa si sposodili inštrumente, ki sestavljajo celotno merilno verigo. Letos želimo v raziskavi opraviti meritve v redni gozdni proizvodnji - pri prazni in polni vožnji ob upoštevanju različnih bremen, naklonov in podlag.

**Nevijo FRANK**

**Peter JEŽ**

**GOSPODARNOST DELA IN IZKORIŠČENOST DELOVNEGA ČASA TRAKTORJA  
WOODY 110**

Kazalo

1	UVOD .....	128
2	KALKULACIJA EKONOMIČNOSTI SPRAVILA LESA Z ZGIBNIKOM WOODY 110 .....	129
3	VODENJE KRONIKE .....	135



## 1 UVOD

Za razvoj novih in izboljšanih tehnologij v proizvodnji je nujno uvajanje vedno bolj izpopolnjenih tehničnih sredstev. Gozdarska dejavnost pri pridobivanju gozdnih lesnih sortimentov pri tem ni izjema. Vodilo razvoja tehnike v gozdarstvu namreč ni le povečevanje učinkov in zmanjševanje stroškov. Vse večji poudarek se namenja varnosti dela in humanizaciji enega najtežjih del nasploh. Tu gre za prilagajanje delovnih sredstev človeku in njegovim zmogljivostim ter optimalni uskladitvi tehničnih sredstev z naravnimi zakonitostmi.

Med gozdarsko tehniko seveda spadajo tudi raznovrstna pravilna sredstva, ki jih uporabljamo pri spravilu lesa, kot eni izmed najzahtevnejših in dražjih faz proizvodnje. Zato ne preseneča dejstvo, da je prav razvoj pravilnih sredstev v zadnjih desetletjih dosegel tolikšen razmah.

Na Gozdnem gospodarstvu Postojna se že nekaj zadnjih let soočamo z dilemo, s kakšnimi pravilnimi sredstvi nadomestiti do sedaj uporabljana. Terenske, reliefne in geološke značilnosti našega območja namreč dopuščajo smotrno spravilo s traktorji kar na 96% vseh gozdnih površin, od česar lahko 30% površin uspešno obvladujemo le z zgibnimi traktorji.

Ugotavljamo, da na tržišču ni ustreznega zgibnega traktorja. Belt iz Črnomlja traktorjev ne proizvaja več, z zgibniki Iwafuji pa imamo negativne izkušnje zaradi dragega in zelo problematičnega vzdrževanja. Drugi tuji zgibniki so zelo dragi, zaradi majhnega števila pa je vzdrževanje spet lahko problematično.

Zato smo se v letu 1999 odločili v gozdno proizvodnjo vključiti specialni gozdarski traktor WOODY 110, ki je domače proizvodnje, poleg tega pa smo imeli možnost vključiti se in tvorno sodelovati pri samem projektu razvoja stroja. Pomen zgibnikov na našem področju bo ostal namreč tudi v bodoče velik, saj ostajajo potrebe po zmogljivem, učinkovitem ter gospodarnem delovnem stroju, ki je sposoben premagovati težke terenske razmere, zelo velike.

Projekt razvoja in preskušanja traktorja je bil zastavljen široko, tudi ob podpori države, saj je poleg Gozdnega gospodarstva Postojna d.d. sodeloval pri projektu tudi sam proizvajalec VILPO d.o.o. kot nosilec razvoja in raziskav, v sodelovanju z Oddelkom za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire pri Biotehniški fakulteti ter Gozdarskim inštitutom Slovenije.

## 2 KALKULACIJA EKONOMIČNOSTI SPRAVILA LESA Z ZGIBNIKOM WOODY 110

### 2.1 Kalkulacija ekonomičnosti

Zgibniki so izredno dragi specializirani gozdarski traktorji, zato odločitve o njihovi izbiri ne temeljijo le na učinkih, ampak je poleg številnih dejavnikov nujno upoštevati tudi stroške spravila lesa.

Zgibniki Woody 110 naj bi na območju GG Postojna nadomestili že dotrajane zgibnike Belt GV-70 ter zgibnike Iwafuji T-41, zato smo s kalkulacijo ekonomičnosti ugotovili in primerjali neposredne stroške (primerjalno ceno) vseh treh primerljivih spravilnih sredstev.

Kalkulativne postavke za spravilo lesa:

Nabavna vrednost zgibnika (SIT)

Amortizacijska vrednost zgibnika (del. ur, let)

Popravila in vzdrževanje (% amortizacije)

Gume

- cena za garnituro (2 kom) (SIT)
- trajanje kompleta (del. ur)

Kolesne verige

- cena za garnituro (2 kom) (SIT)
- trajanje kompleta (del. ur)

Žična vrv

- cena za 1 m (SIT)
- trajanje kompleta (2 x 60 m) (del. ur)

Zanke

- cena za kos (SIT)
- trajanje kompleta (12 kosov) (del. ur)

Drsniki

- cena za kos (SIT)
- trajanje kompleta (20 kosov) (del. ur)

Gorivo

- cena (SIT/l)
- poraba (lit / del. uro)

Mazivo

- cena (SIT/l)
- poraba (lit / del. uro)

Zavarovanje (% amortizacije / amort. dobo)

Obresti (% nab. vrednosti / leto)

Bruto plača delavca (SIT / del. uro)

Splošni stroški (SIT / del. uro)

Preglednica 1: Primerjava kalkulacij ekonomičnosti spravila lesa: (SIT/del.uro)

Kalkulat. predpostavke	WOODY 110	BELT GV-70	IWAFUJI T-41
Nabavna vrednost (SIT)	20.000.000,00	16.380.000,00	15.000.000,00
Amortizacija	1.953,13	1.599,61	1.464,84
Likvidacijska vrednost	-195,31	-159,96	-146,48
Popravila in vzdrževanje	1.953,13	1.599,61	1.464,84
Gume	127,81	112,36	115,85
Verige	133,71	195,23	140,68
Vrvi	76,52	114,25	75,59
Zanke	19,69	20,67	20,67
Drsniki	15,79	18,66	18,66
Gorivo	411,99	398,70	265,80
Mazivo	78,00	78,00	78,00
Zavarovanje	468,75	383,91	351,56
Obresti	878,91	719,82	659,18
<b>Materialni stroški</b>	<b>5.922,12</b>	<b>5.080,86</b>	<b>4.509,19</b>
Stroški delavca	1.903,90	1.903,90	1.903,90
<b>Primerjalna cena</b>	<b>7.826,02</b>	<b>6.984,76</b>	<b>6.413,09</b>
Splošni stroški	1.098,10	1.098,10	1.098,10
<b>Lastna cena</b>	<b>8.924,12</b>	<b>8.082,86</b>	<b>7.511,19</b>

Kalkulacije za posamezna spravilna sredstva so bile izdelane po programu, ki ga je izdelal Gozdarski inštitut Slovenije v letu 1994. V kalkulacijo so vnešeni najnovejši podatki in se nanašajo na 26. 01. 2000.

Iz podatkov v preglednici je moč razbrati, da so neposredni stroški spravila z WOODY-jem višji od obeh primerljivih spravilnih sredstev, kar je predvsem posledica višje nabavne cene, kar posledično pomeni tudi višje stroške popravil in vzdrževanja ter obresti in zavarovanja. Stroški rednih in občasnih nadomestnih delov se zelo malo razlikujejo med traktorji, pa tudi sicer je njihov delež v lastni ceni zanemarljiv (4-5%). Tudi stroški porabe goriva in maziva imajo majhen vpliv na lastno ceno (~5%), vendar je potrebno opozoriti, da je kljub sodobnemu motorju poraba goriva pri Woody-ju najvišja (3,1 l/del. uro), medtem ko je poraba Belt-a 3,0 l/del. uro, Iwafuji-ja T41 pa 2,0 l/del. uro.

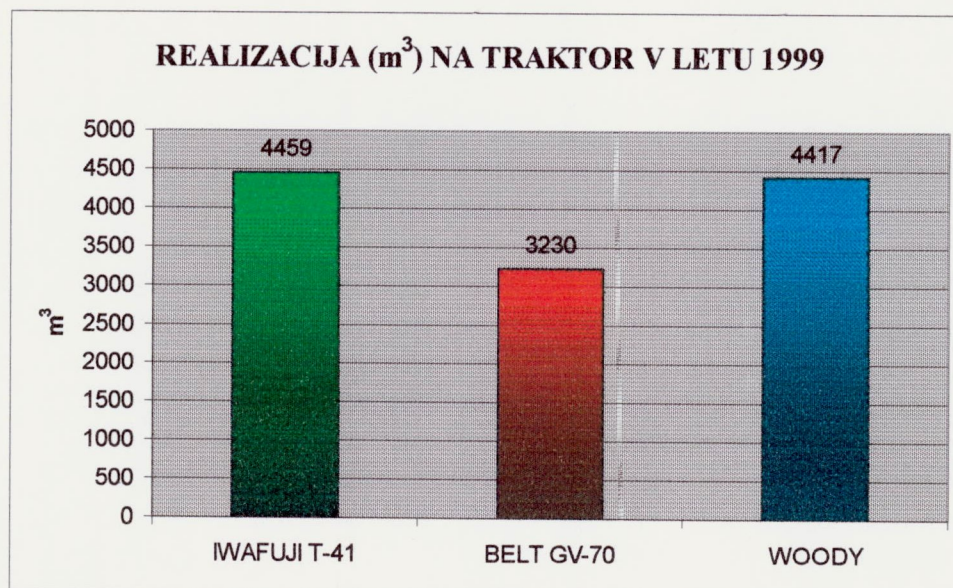
## 2.2 Gospodarnost spravila

Več kot le primerjava neposrednih stroškov spravila (SIT/del.uro) pa nam pove primerjava gospodarnosti (SIT/m<sup>3</sup>) in (SIT/Nuro) omenjenih spravnih sredstev, ki vključuje poleg neposrednih stroškov tudi učinke. Učinke za Woody 110, Belt GV-70 in Iwafuji T-41 smo povzeli iz Poročil o storilnosti v letu 1999 na Gozdnem gospodarstvu Postojna.

Preglednica 2: Doseganje učinkov v letu 1999

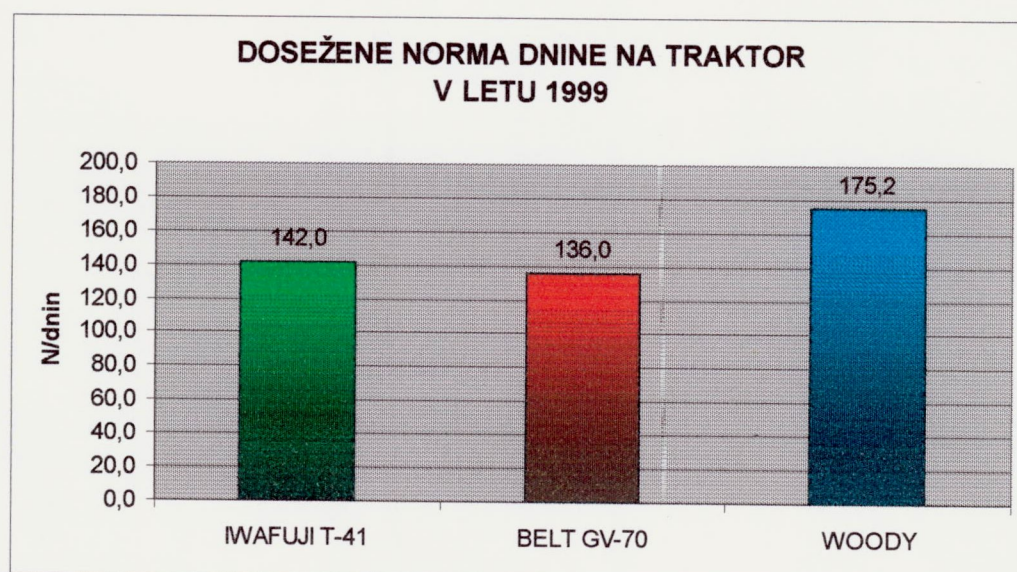
Traktor	Spravilo (m <sup>3</sup> )			Ure		Norma (m <sup>3</sup> )	Doseganje norme		Norma dnine	Poraba goriva
	iglavci	listavci	skupaj	delavne	norma		(%)	m <sup>3</sup>		
WOODY	2617,2	1799,8	4416,9	1202	1402	25,21	116,65	29,41	175,21	3,1 l/du
BELT GV70	1525,9	1703,9	3229,8	991	1088	23,76	109,79	26,09	135,96	3,0 l/du
IWF T-41	2894,1	1565,0	4459,1	1049	1136	31,42	108,30	34,03	142,0	2,6 l/du

Ob pregledu doseženih učinkov v preteklem letu je potrebno nujno poudariti, da zgibni traktorji na Gozdnem gospodarstvu Postojna delajo večinoma v težjih deloviščih. To so predvsem delovišča, na katerih, zaradi strmih nagibov terena in vlak, težjih sortimentov ter še drugih dejavnikov, prilagojeni kmetijski traktorji ne bi zmogli opraviti dela. Prav v navedenem gre iskati vzroke, da dnevni učinki zgibnikov Woody in Belt ne presegajo bistveno tistih, ki so jih dosegli s traktorji Zetor in Ferguson v boljših pogojih dela. Izjema je zgibnik Iwafuji T-41, ki zaradi svojih nižjih zmogljivosti večinoma dela na srednje težjih deloviščih, ki so že bolj primerljiva s tistimi, na katerih delajo prilagojeni kolesniki.



Grafikon 1: Doseženi učinki (m<sup>3</sup>) po spravilnih sredstvih

Doseženi učinki, predvsem pa izkoriščenost delovnega časa kažejo, da je Woody s svojimi dosežki precej presejel primerljiva, konkurenčna zglobna traktorja. Pri spravilu z zglobnikom Woody je bilo s posameznim traktorjem v preteklem letu realiziranih kar 175 norma-dni, kar skoraj dosega optimalno izkoriščenost delovnega časa, ki znaša 180 Ndnin/leto. Ob tem pa je potrebno upoštevati še dejstvo, da sta oba strojnika v začetku leta porabila kar nekaj časa za uvajanje v delo z novimi stroji, katerih upravljanje se je bistveno razlikovalo od traktorjev, s katerimi sta delala do tedaj.



Grafikon 2: Dosežene norma dnine po spravilnih sredstvih:

Stroške spravila omenjenih spravilnih sredstev v letu 1999 oziroma njihove gospodarnosti smo določili s pomočjo višine stroškov, ki smo jih dobili iz izpisa Pregled stroškov – GG Postojna za leto 1999 za vsak traktor in vsak gozdni obrat posebej. Tako dobljene stroške smo preračunali na dosežene učinke ( $m^3$  in Nuro) posameznega stroja v preteklem letu. Stroškovne vrednosti so vsebovale naslednje postavke:

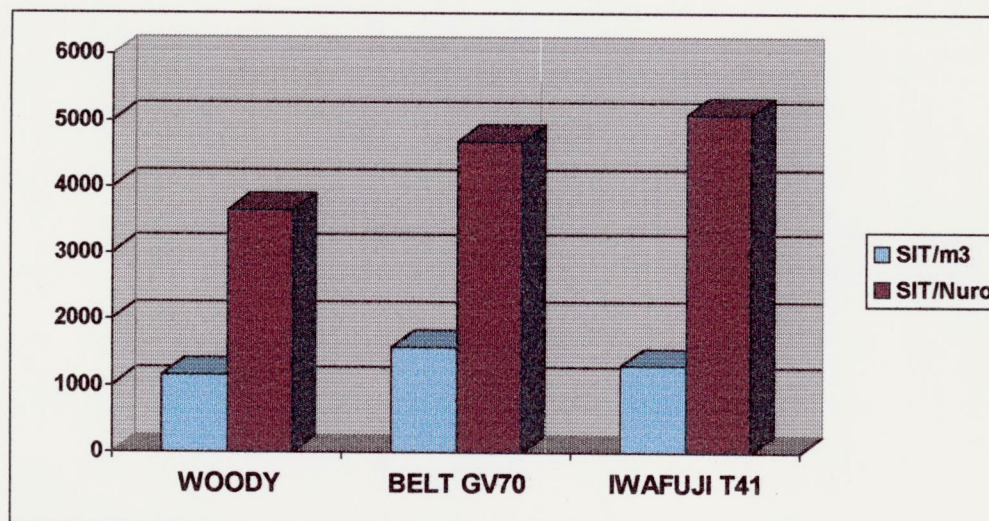
- Material za vzdrževanje
- Storitve vzdrževanja
- HTV sredstva
- Prevozne storitve
- Kilometrini
- Zavarovalne premije
- Zdravstvene storitve
- Amortizacija
- Osebni dohodki
- Nadomestila
- Povračila

Združili smo jih v štiri sklope stroškov:

- Stroški goriva in maziva
- Stroški vzdrževanja
- Amortizacija
- Stroški dela

Preglednica 3: Primerjava stroškov spravila v letu 1999

	<b>WOODY</b>	<b>BELT GV70</b>	<b>IWAFUJI T41</b>
SIT/ $m^3$	1.154,11	1.577,89	1.296,72
SIT/Nuro	3.636,95	4.686,09	5.092,27

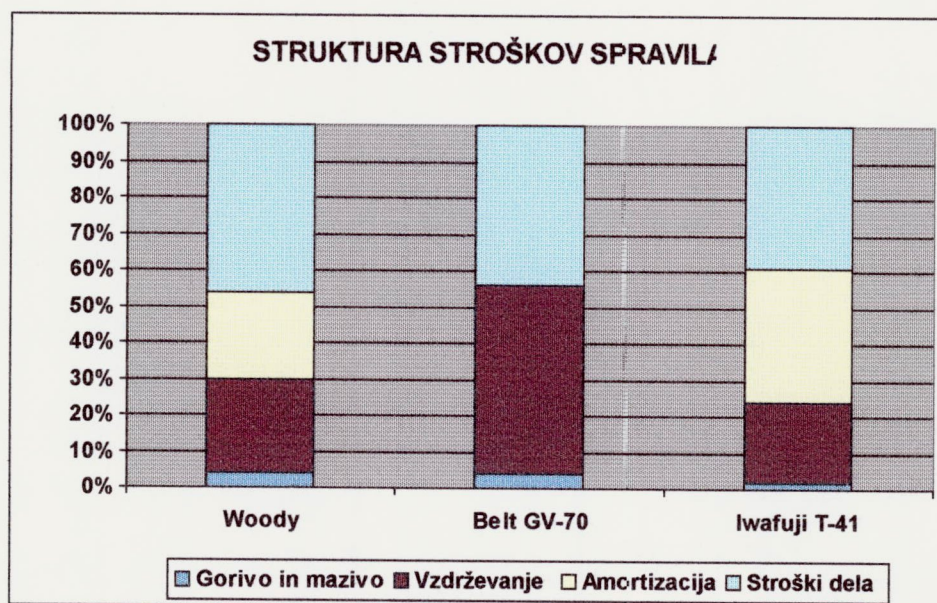


Grafikon 3: Stroški spravila

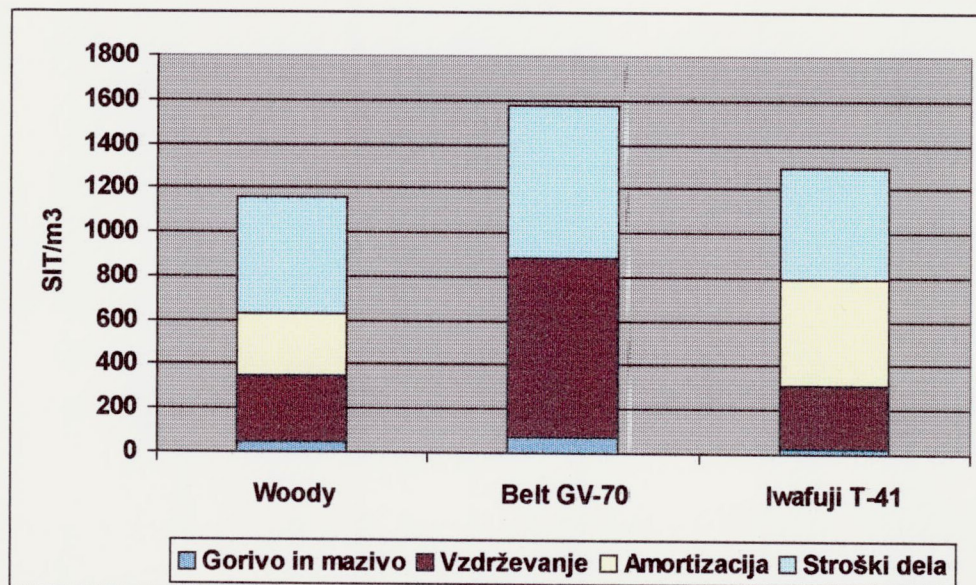
Dosti bolj nazorno sliko o gospodarnosti oz. ekonomičnosti spravila lesa s posameznim pravilnim sredstvom nam pove podatek, v katerega so poleg stroškov vključeni tudi doseženi učinki. Tako lahko nazorno vidimo, da je spravilo lesa z zgibnim traktorjem Woody 110 najbolj gospodarno, kar je predvsem posledica visoke izkoriščenosti delovnega časa napram ostalima zgibnikoma.

Preglednica 4: Struktura stroškov spravila

Stroški	WOODY		BELT GV70		IWA FUJI T41	
	%	Sit/m <sup>3</sup>	%	SIT/m <sup>3</sup>	%	SIT/m <sup>3</sup>
Gorivo in mazivo	4	46,58	4	71,89	2	22,87
Vzdrževanje	26	303,13	52	815,50	22	291,11
Amortizacija	24	276,22	0	0	37	478,04
Delo	46	528,17	44	690,50	39	504,70



Grafikon 4: Struktura stroškov spravila v procentih (%)



Grafikon 5: Struktura stroškov spravila v SIT/m<sup>3</sup>

Tako kot pri večini delovnih opravil, tudi pri spravilu lesa stroški dela predstavljajo največjo postavko, vendar pa se njihov delež med traktorji bistveno ne razlikuje. Drugače pa je s stroški vzdrževanja in amortizacije. Zgibniki Belt delajo v naši proizvodnji že preko 10 let, zato so se že amortizirali. Zaradi dotrajanosti strojev pa so zato izredno visoki stroški vzdrževanja. Pri Woody-ju so stroški vzdrževanja nekoliko višji kot pri Iwafuji-ju, vendar skoraj za polovico manjši kot pri Belt-u. Vzroke gre iskati v manjših pomanjkljivostih, ki pa jih je odgovorna servisna služba hitro odpravljala, tako da je do njih v drugi polovici leta redkeje prihajalo.

### 3 VODENJE KRONIKE

Tudi vodenje kronike o delu stroja je bila ena od metod raziskave, ki bo bistveno pripomogla k razvoju samega traktorja. Od prvega dne, ko so stroji prispeli na delovišče, smo začeli voditi njihov dnevnik, ki je zajemal vse dejavnike, značilnosti in posebnosti, ki lahko vplivajo na delovanje samih strojev. Za tovrstno spremljanje kronoloških dogodkov smo sestavili popisni list oziroma obrazec, ki je omogočal vodenje kronike po enotnih kriterijih za traktor na obratu v Ilirski Bistrici (IB 01) in tistega na obratu Snežnik (SN 01).

Sprotno evidentiranje delovnih pogojev in razmer v delovišču nam je kasneje služilo pri ovrednotenju oziroma iskanju vzrokov morebitnih okvar. Prav tako nam je dobljena slika nazorno predstavljala delovne razmere, v katerih so bile opravljene časovne študije, saj prav te določajo njihovo širšo uporabo.

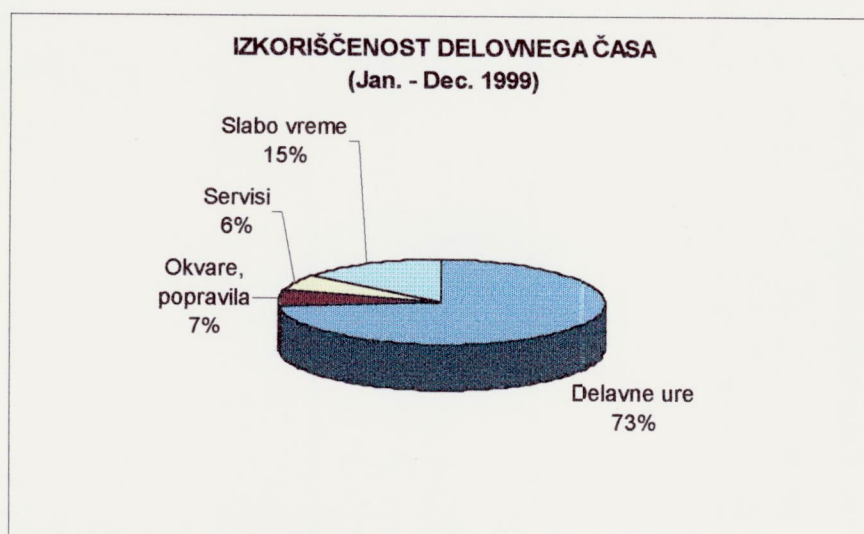


Velik vpliv na učinek in na kasnejše stroške dela ima seveda tudi pogostnost in obseg okvar stroja. Tovrstno evidenco smo spremljali na enem mestu za vsak stroj posebej in sicer tako, da smo preko vodij delovišč in mehanikov dobivali potrebne ažurne informacije. Te so obsegale kraj in vzrok okvare, kratek opis, mesto okvare na vozilu, zamenjane dele, čas trajanja zastoja zaradi okvare ter še vrsto dejavnikov, ki so se v konkretni situaciji pokazali kot pomembni.

Informacije pridobljene na tak način in spremljane skozi obdobje celega preteklega leta 1999 so omogočale oblikovanje realnejše slike o spremljanem spravilnem sredstvu.

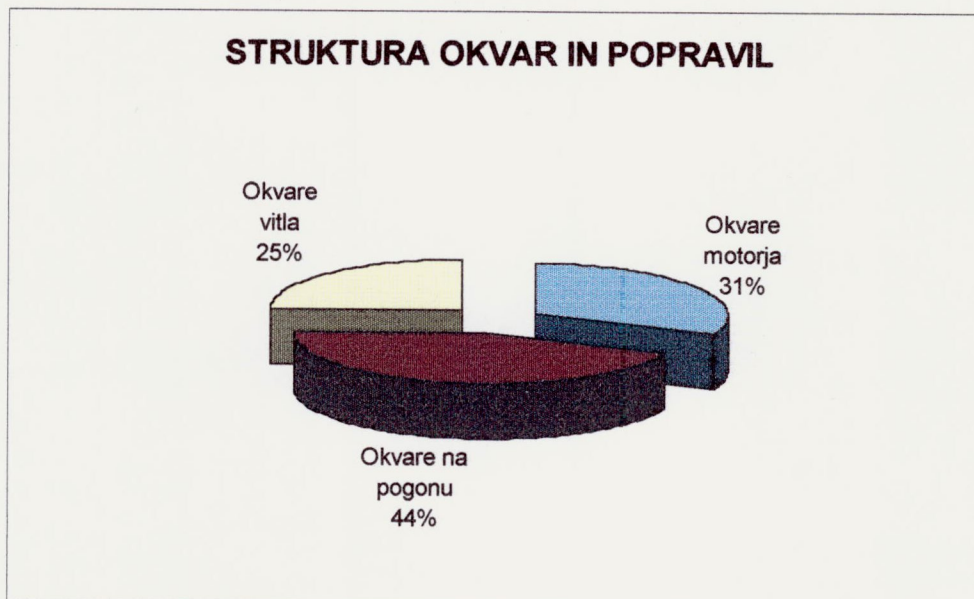
Preglednica 5: Izkoriščenost delovnega časa v letu 1999 (Woody 110)

	Delo	ZASTOJI (ure)			Skupaj ure
		Delavne ure	Okvare, popravila	Servisi	
<b>Woody IB 01</b>	1195	121	133	164	1613
	74%	8%	8%	10%	100%
<b>Woody SN 01</b>	1163	98	48	310	1619
	72%	6%	3%	19%	100%
<b>SKUPAJ</b>	2358	219	181	474	3232
	73%	7%	6%	15%	100%



Grafikon 6: Izkoriščenost časa

Kljub visoki izkoriščenosti delovnega časa moramo ugotoviti, da je delež zastojev dosegal skoraj 30%. Polovica zastojev je posledica slabega vremena, na kar pa zaradi posebnosti gozdarskega dela nimamo vpliva. Okvare so bile večinoma manjšega obsega, ki jih je servisna služba sproti odpravljala. Delež zastojev zaradi rednih servisnih pregledov je dokaj visok, vendar moramo poudariti dejstvo, da so servisi trajali dlje kot običajno predvsem zaradi raziskav in meritev, ki so se sočasno izvajale za potrebe razvojnega projekta. Upravičeno lahko pričakujemo, da bo delež okvar in servisov v prihodnje dosti nižji.



Grafikon 7: Okvare in popravila

Glede časovnega razporeda okvar in popravil lahko navedemo, da so se pri stroju na obratu v Ilirski Bistrici pojavljale večinoma v prvih treh mesecih preteklega leta, pri tistem na obratu Snežnik pa prav obratno, proti koncu preteklega leta. Največ okvar smo zabeležili na pogonskih oz. prenosnih mehanizmih (44%). Tako je kmalu po pričetku del prišlo do loma na elementih, ki služijo za prenos moči na vitel, na zgibu traktorja je zaradi slabe zaščite prihajalo do poškodb hidravličnih cevi, pogoste pa so bile tudi okvare procesorskega računalnika, preko katerega je voden in krmiljen celoten stroj. Na motorju so se težave pojavljale zaradi iztekanja zavorne tekočine in težav z zavorami, zatikala se je tudi pedalka za plin. Največja okvara na motorju pa je bilo pregrevanje motorja na obeh strojih, ki je bilo posledica nepravilne cirkulacije zraka. Okvare vitla so bile posledica nepravilnosti na daljinskem upravljalcu, kasneje pa tudi posledica počene vzmeti, zaradi katere je izpadel cilinder vitla.

Ob vsem tem je potrebno omeniti, da so bile tovrstne okvare večinoma manjšega obsega, vseeno pa je bil izpad strojev iz dela zaradi njih dokaj dolgotrajen. Deloma gre iskati vzroke za to tudi v ne vselej zadovoljivi ažurnosti servisnih služb oziroma v nepristojnosti naših lastnih vzdrževalnih služb, ki bi zagotovo, seveda ustrezno usposobljena, zagotovo hitreje odpravljala nastale okvare.