

USPOREDBA VUČNIH KARAKTERISTIKA TRAKTORA S NOVIM
I POLUISTROŠENIM PNEUMATICIMA U OBRADI ILOVASTOG
TLA

**COMPARISON OF TRACTOR DRAWBAR PULL
CHARACTERISTICS WITH NEW AND SEMI-WORN TYRES IN
LOAMY SOIL TILLAGE**

K. Čopec, D. Filipović

ABSTRACT

Investigations into drawbar pull characteristics of a 4WD tractor (engine power 26.0 kW) equipped with new and semi-worn tyres 7.50 – 16 6 PLY produced by two different producers were carried out in ploughing and seed bed preparation of loamy soil. Maximal drawbar power in ploughing (10.74 kW) the tractor achieved with new tyres at working speed of 1.5 m/s, with tractor efficiency of 0.413. The tractor with semi-worn tyres in ploughing achieved maximal drawbar pull 20.1% and average drawbar pull 18.0% less in comparison with new tyres, while specific fuel consumption at maximal drawbar power was 14.9% and average specific fuel consumption was 9.4% higher. Maximal drawbar power in seed bed preparation (11.07 kW) tractor achieved with new tyres at working speed of 3.0 m/s, with tractor efficiency of 0.426. In seed bed preparation the tractor with semi-worn tyres achieved maximal drawbar pull 15.9% and average drawbar pull 18.4% less in comparison with new tyres, while specific fuel consumption at maximal drawbar power was 8.2% and average specific fuel consumption was 13.6% higher.

Key words: Tractor, tyres, drawbar pull, fuel consumption, tractor efficiency

SAŽETAK

Istraživanja vučnih karakteristika traktora s pogonom na sva četiri kotača (snage motora 26.0 kW) opremljenog novim i poluistrošenim pneumaticima oznake 7.50 – 16 6 PLY dvaju različitih proizvođača provedena su u oranju i predsjetvenoj pripremi ilovastog tla. Najveću vučnu snagu u oranju od 10.74

kW traktor je ostvario s novim pneumaticima pri brzini od 1.5 m/s, uz stupanj korisnog djelovanja 0.413. Primjenom poluistrošenih pneumatika maksimalna ostvarena vučna sila u oranju se smanjila za 20.1%, a prosječna vučna sila za 18.0% u usporedbi s novim pneumaticima, dok se specifična potrošnja goriva kod maksimalne vučne snage povećala za 14.9%, a prosječna specifična potrošnja goriva za 9.4%. Najveću vučnu snagu u predstjetvenoj pripremi tla od 11.07 kW traktor je ostvario s novim pneumaticima pri brzini od 3.0 m/s, uz stupanj korisnog djelovanja od 0.426. U predstjetvenoj pripremi tla se primjenom poluistrošenih pneumatika maksimalna ostvarena vučna sila smanjila za 15.9%, a prosječna za 18.4% u odnosu na nove pneumatike, dok se specifična potrošnja goriva kod maksimalne vučne snage povećala za 8.2%, a prosječna specifična potrošnja goriva za 13.6%.

Ključne riječi: Traktor, pneumatici, vučna sila, potrošnja goriva, korisnost traktora

UVOD

Traktor predstavlja najvažniji stroj u poljoprivredi namijenjen za vuču i pogon radnih strojeva i oruđa. Kako bi se što bolje iskoristio njegov energetski potencijal, potrebno je ostvariti rad uz što manje gubitaka odnosno uz što veći stupanj korisnog djelovanja ili korisnosti (Jenane i Bashford, 2000). Stupanj korisnog djelovanja traktora (Power Delivery Efficiency) definira se kao odnos između snage ostvarene na poteznici traktora i efektivne snage motora, a pokazuje koliki se postotak snage motora iskoristi kao vučna snaga na poteznici traktora (Zoz i sur., 2002). S obzirom da su gubici u prijenosu snage od motora do kotača traktora konstrukcijski ograničeni, značajnije povećanje snage na poteznici odnosno stupnja korisnog djelovanja traktora moguće je ostvariti jedino poboljšanjem karakteristika kotača s pneumaticima i njihovog kontakta s podlogom (Raheman i Jha, 2007). Za procjenu vučnih karakteristika traktora odlučujući čimbenik je ostvarena vučna sila na poteznici (Cordeiro i Lancas, 2000). Maksimalna vučna sila koju traktor može ostvariti ograničena je međusobnim djelovanjem kotača i tla po kojem se traktor kreće (Sahay i Tewari, 2004). Pri tome je osnovni uvjet za povećanje stupnja korisnog djelovanja traktora smanjenje klizanja pogonskih kotača (Jenane i sur., 1996). Pojava klizanja predstavlja smicanje čestica tla zahvaćenog rebrima pneumatika

koja se zasjecaju u tlo pri kontaktu s njegovim površinskim slojem. Pri manjim vučnim silama površinski sloj tla po kojem se kreću pogonski kotači traktora ostaje na svom mjestu, jer je vučna sila traktora manja od kohezijskih sila tla. U trenutku kad vučna sila traktora postane veća od kohezijskih sila tla dolazi do smicanja čestica tla i klizanja pogonskih kotača traktora. Uz vučnu silu traktora, na veličinu klizanja najveći utjecaj imaju fizikalna svojstva tla i stanje pneumatika. Osim klizanja, gubici se javljaju i zbog otpora kotrljanja koji je ponajviše uvjetovan propadanjem kotača u tlo i deformacijom pneumatika. Otpor kotrljanja će biti manji na zbijenom tlu nego na pjeskovitom, rastresitom i obrađenom tlu. Manji otpor kotrljanja imaju pneumatici većeg promjera, manje širine, s većim tlakom zraka i većim brojem rebara.

Zbog trenja pneumatika u kontaktu s podlogom neminovno dolazi do njihovog trošenja pri čemu se mijenjaju i njihove dimenzije, što ima veliki utjecaj i na vučne karakteristike traktora. Dosadašnja istraživanja vučnih karakteristika traktora uglavnom su provedena s novim ili vrlo malo istrošenim pneumaticima. Iz tog razloga provedena su istraživanja kako bi se usporedile vučne karakteristike traktora s novim i poluistrošenim pneumaticima u obradi tla.

MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su provedena s traktorskim pneumaticima oznake 7.50 – 16 6 PLY dvaju različitih proizvođača (oznake "R" i "M"). Navedene oznake pokazuju da se radi o dijagonalnim pneumaticima sa šest slojeva platna u nosećem sloju (karkasi) nazivne širine 7.5 "cola" (190.5 mm) i promjera naplatka 16 "cola" (406.4 mm). Stvarna širina profila rebara pneumatika oznake "R" bila je 180 mm s 20 rebara po jednoj strani pneumatika, dok su pneumatici "M" imali stvarnu širinu profila rebara 170 mm i 19 rebara po jednoj strani pneumatika. Visina rebara novih pneumatika oznake "R" iznosila je 22 mm, dok je kod pneumatika "M" ona iznosila 20 mm. Istraživanja su provedena s četiri nova pneumatika i četiri poluistrošena pneumatika svakog proizvođača. Prema metodici ispitivanja vučnih karakteristika traktora, s ciljem dobivanja što realnijih podataka, novi su pneumatici prije ispitivanja malo istrošeni na asfaltnoj pisti da se skinu oštri rubovi rebara pneumatika. Poluistrošenost pneumatika je postignuta tako da je novima skinuta polovica visine rebara

specijalnim vulkanizerskim uređajem (koji se inače koristi za skidanje starog sloja kod obnavljanja pneumatika). Nakon toga su još malo istrošeni na asfaltnoj pisti na isti način kao i novi pneumatici. Na taj način su dobiveni pneumatici čija su rebra poput onih istrošenih nakon dugotrajne eksploatacije, a stupanj istrošenosti rebra pneumatika bio je identična na sva četiri pneumatika. U daljnjem tekstu za nove pneumatike dvaju proizvođača korištene su oznake R1 i M1, a za poluistrošene R2 i M2.

Istraživanje vučnih karakteristika traktora provedeno je na pokusnom dobru Kmetijskog inštituta Slovenije smještenog 10 km sjeverno od Ljubljane u Jablama (46 05' N, 14 32' E), na nadmorskoj visini od 300 m. Prema mehaničkom sastavu (Tablica 1) tlo spada u ilovasta tla, što je određeno tzv. teksturnim trokutom (Scheffer i Schachtschabel, 1992). Prosječni sadržaj vode u tlu tijekom istraživanja iznosio je 17.8%.

Tablica 1. Mehanički sastav tla i teksturna oznaka tla
Table 1. Soil particle size distribution and soil texture

Mehanički sastav tla Particle size distribution %			Teksturna oznaka tla Soil texture
Glina Clay < 2 μm	Prah Silt 2 – 50 μm	Pijesak Sand 50 – 2000 μm	Ilovača Loam
20.2	42.0	37.8	

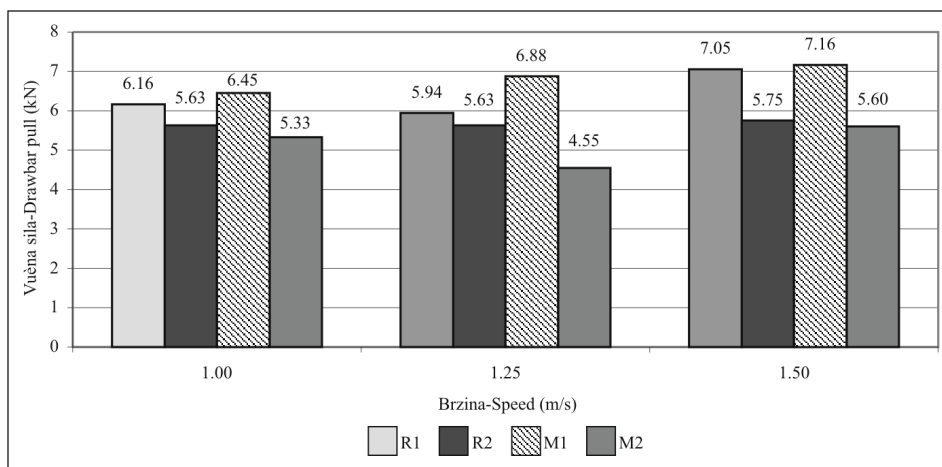
U ovim istraživanjima korišten je traktor kompaktne izvedbe s pogonom na sva četiri kotača istih dimenzija svih kotača, efektivne snage motora 26.0 kW. Masa neopterećenog traktora iznosi 1085 kg, dok je masa traktora prilikom istraživanja iznosila 1335 kg (traktor opremljen mjernim dinamometrima, petim kotačem i s vozačem mase 75 kg) uz raspored opterećenja na prednjem i stražnjem mostu od 70:30%. Oranje je obavljeno dvobrazdnom nošenim plugom radnog zahvata $B_r=40$ cm i radne dubine $a=20$ cm pri tri brzine kretanja $v_1=1.0$, $v_2=1.25$ i $v_3=1.5$ m/s. Predsjetvena priprema tla obavljena je sjetvospremačem radnog zahvata $B_r=152$ cm i radne dubine $a=15$ cm pri tri brzine kretanja $v_1=2.0$, $v_2=2.5$ i $v_3=3.0$ m/s. Sjetvospremač je opremljen s dva reda perastih motičica (pet motičica u prvom redu i četiri u drugom), dva reda zvjezdastih

valjaka promjera 32 cm (šesnaest zvjezdastih elemenata na prvom valjku i sedamnaest na drugom), te s letvastim valjkom promjera 29 cm.

Istraživanja su obuhvatila mjerenje vučne sile na poteznici traktora (F_{pot}), brzine kretanja traktora (v), broja okretaja pogonskih kotača (n_k) i satne potrošnje goriva (G_h). Vučna sila na poteznici traktora mjerena je trozglobnim okvirom s ugrađenim dinamometrima, brzina kretanja inkrementalnim davačem postavljenim na poseban kotač, a broj okretaja pogonskih kotača davačem s kliznim prstenovima. Potrošnja goriva određivana je volumetrijski, a korišteno je Eurodizel gorivo specifične gustoće $\rho=0.835$ kg/l. Za prihvata i spremanje podataka korišteno je mjerno pojačalo "SPIDER 8" proizvođača Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) spojeno s prijenosnim računalom uz HBM-ov software "Catman 4.0". Značajka ovog sustava je da se podaci prilikom mjerenja direktno očitavaju i pohranjuju u memoriju osobnog računala. Statistička analiza dobivenih podataka provedena je pomoću statističkog programa SAS (SAS, 1989).

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja prikazani na grafikonu 1 pokazuju smanjenje prosječne vučne sile s poluistrošenim pneumaticima R2 i M2 u odnosu na nove pneumatike R1 i M1 kod sve tri brzine kretanja. Statistički značajno smanjenje vučne sile ($P<0.01$) izmjereno je kod pneumatika M2 pri sve tri brzine kretanja i iznosilo je 17.4% pri v_1 (1.0 m/s), 33.9% pri brzini v_2 (1.25 m/s) i 21.8% pri brzini v_3 (1.5 m/s). Pneumatici R2 imali su statistički značajno smanjenje vučne sile ($P<0.01$) od 18.4% samo pri brzini v_3 , dok kod ostale dvije brzine razlika nije bila signifikantna. Ukupno je traktor s poluistrošenim pneumaticima ostvario maksimalnu vučnu silu u oranju manju za 20.1%, dok se sveukupna prosječna vučna sila smanjila za 18.0%.



Grafikon 1. Vučne sile traktora u oranju pri istoj dubini i različitim brzinama kretanja

Graph 1. Tractor drawbar pull in ploughing at same depth and different speed

R1, M1 – novi pneumatici različitih proizvođača

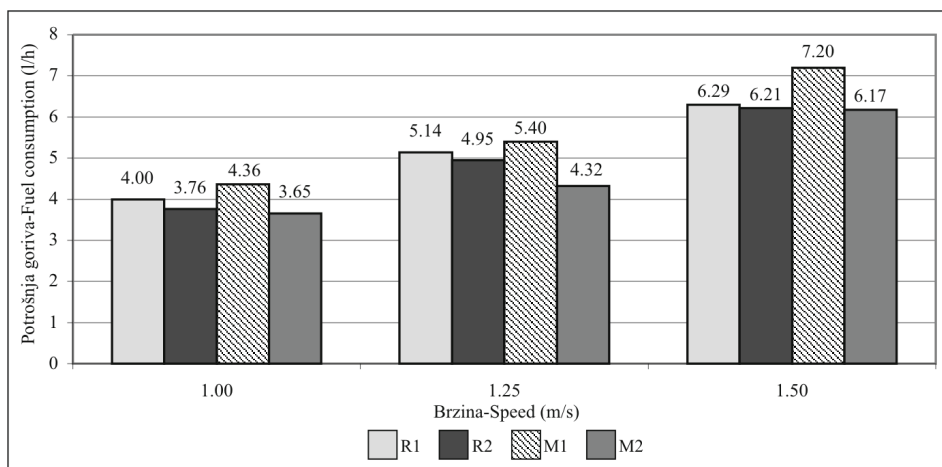
R1, M1 – new tyres produced by different producers

R2, M2 – poluistrošeni pneumatici različitih proizvođača

R2, M2 – semi-worn tyres produced by different producers

Najveću vučnu snagu u oranju $P_{\text{pot}}=10.74$ kW traktor je ostvario s novim pneumaticima M1 pri brzini v_3 (1.5 m/s), uz stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.413$. S novim pneumaticima R1 pri istoj brzini ostvarena je vučna snaga $P_{\text{pot}}=10.58$ kW odnosno stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.407$. Pri istoj brzini s poluistrošenim pneumaticima R2 ostvarena je vučna snaga $P_{\text{pot}}=8.63$ kW odnosno stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.332$, dok je s poluistrošenim pneumaticima M2 ostvarena vučna snaga $P_{\text{pot}}=8.40$ kW odnosno stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.323$. Iz rezultata prikazanih na grafikonu 2 vidljivo je smanjenje satne potrošnje goriva kod traktora s poluistrošenim pneumaticima R2 i M2 u odnosu na nove pneumatike R1 i M1 pri svim brzinama kretanja. Smanjenje je bilo statistički značajno ($P<0.01$) kod pneumatika M2 pri brzinama kretanja v_2 i v_3 , dok kod pneumatika R2 razlika u satnoj potrošnji goriva nije bila signifikantna. Međutim, kada se satna potrošnja goriva preračuna u specifičnu, ispada da je s obzirom na potrošnju goriva i

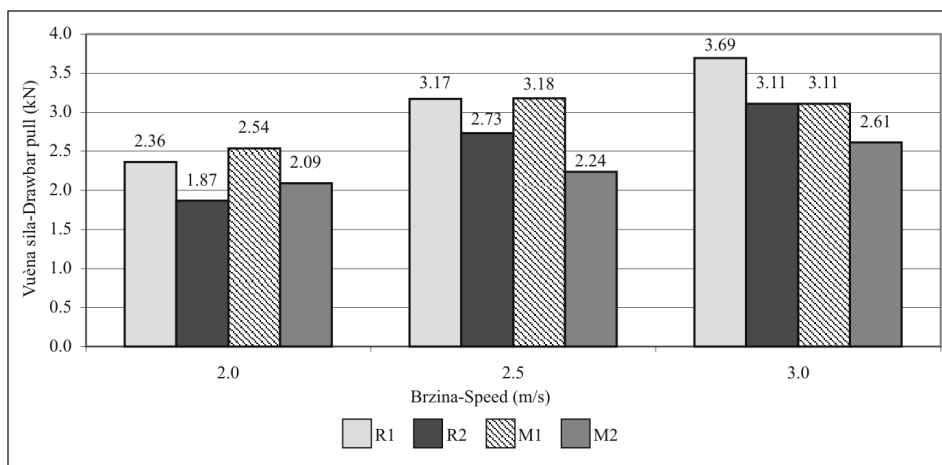
ostvoreni radni učinak, znatno povoljniji rad s novim pneumaticima. Najmanja specifična potrošnja goriva u oranju na dubini od 20 cm $g_{sp}=496$ g/kWh ostvarena je s novim pneumaticima R1 koji su imali veću stvarnu širinu profila rebara i veći broj rebara u odnosu na nove pneumatike M1. Primjenom poluistrošenih pneumatika specifična potrošnja goriva kod maksimalne vučne snage u oranju se povećala za 14.9%, dok se sveukupna prosječna specifična potrošnja goriva povećala za 9.4%.



Grafikon 2. Satna potrošnja goriva traktora u oranju pri istoj dubini i različitim brzinama kretanja

Graph 2. Tractor fuel consumption per hour in ploughing at same depth and different speed

Iz rezultata istraživanja prikazanih na grafikonu 3 vidljivo je smanjenje prosječne vučne sile s poluistrošenim pneumaticima R2 i M2 u odnosu na nove pneumatike R1 i M1 kod sve tri brzine kretanja. Statistički značajna razlika ($P<0.01$) je izmjerena kod pneumatika M2 u svim brzinama kretanja i ona je iznosila 17.7% pri brzini v_1 (2.0 m/s), 29.6% pri brzini v_2 (2.5 m/s) i 16.1% pri brzini v_3 (3.0 m/s). Kod pneumatika R2 je statistički značajnije smanjenje vučne sile ($P<0.01$) od 20.8% izmjereno pri brzini kretanja v_1 i 15.7% pri brzini v_3 . Primjenom poluistrošenih pneumatika maksimalna ostvarena vučna sila u predstjetvenoj pripremi tla se smanjila za 15.9%, dok se sveukupna prosječna vučna sila smanjila za 18.4%.

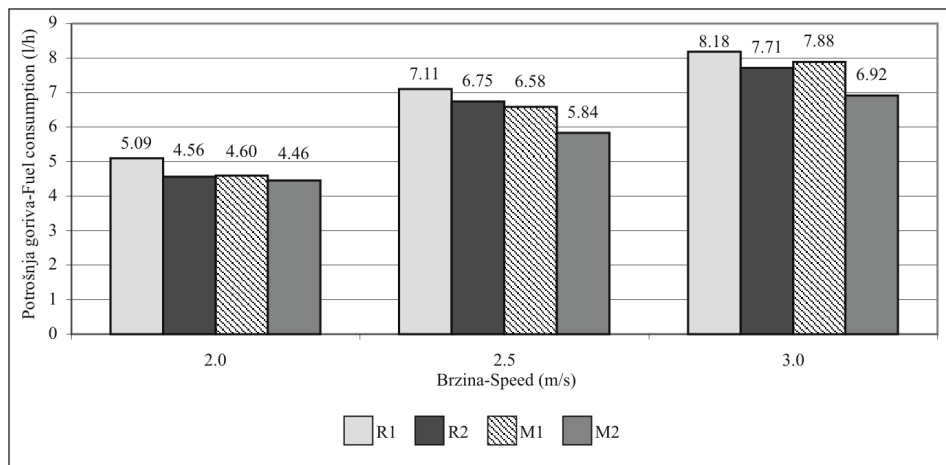


Grafikon 3. Vučne sile traktora u predsjetvenoj pripremi tla pri različitim brzinama kretanja

Graph 3. Tractor drawbar pull in seed bed preparation at different speed

Najveću vučnu snagu u predsjetvenoj pripremi tla $P_{pot}=11.07$ kW traktor je ostvario s novim pneumaticima R1 pri brzini v_3 (3.0 m/s), uz stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.426$. S novim pneumaticima M1 pri istoj brzini ostvarena je vučna snaga $P_{pot}=9.33$ kW, odnosno stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.359$. Istu vučnu snagu i stupanj korisnog djelovanja ostvario je traktor pri istoj brzini s poluistrošenim pneumaticima R2, dok je s poluistrošenim pneumaticima M2 ostvarena vučna snaga $P_{pot}=7.83$ kW odnosno stupanj korisnog djelovanja traktora $\eta_t=0.301$. Iz rezultata prikazanih na grafikonu 4 vidljivo je smanjenje satne potrošnje goriva s poluistrošenim pneumaticima R2 i M2 u odnosu na nove pneumatike R1 i M1 pri svim brzinama kretanja. Smanjenje je bilo statistički značajno ($P<0.01$) kod pneumatika M2 pri brzinama kretanja v_2 i v_3 , dok je kod pneumatika R2 ono bilo statistički značajno ($P<0.05$) pri brzinama kretanja v_1 i v_3 . U ostalim slučajevima razlika u satnoj potrošnji goriva nije bila signifikantna. Kada se satna potrošnja goriva preračuna u specifičnu, i u predsjetvenoj pripremi tla je rad s novim pneumaticima bio znatno povoljniji. Najmanja specifična potrošnja goriva $g_{sp}=617$ g/kWh ostvarena je, kao i u oranju, s novim pneumaticima R1. Primjenom poluistrošenih pneumatika specifična potrošnja goriva kod

maksimalne vučne snage u predsjetvenoj pripremi tla se povećala za 8.2%, dok se sveukupna prosječna specifična potrošnja goriva povećala za 13.6%.



Grafikon 4. Satna potrošnja goriva traktora u predsjetvenoj pripremi tla pri različitim brzinama kretanja

Graph 4. Tractor fuel consumption per hour in seed bed preparation at different speed

Od svih traktora s kotačima, kompaktni traktori s pogonom na sva četiri kotača mogu ostvariti najveći stupanj korisnog djelovanja (Biondi i Maraziti, 1998). Za postizanje optimalnih vučnih karakteristika u određenim uvjetima, kod tih je traktora potrebno osigurati pravilan raspored opterećenja na prednjem i stražnjem mostu traktora kako bi klizanje svih kotača bilo jednako (Wong i sur., 1998). Prema Cordeiru i Lancasu (2000), najpovoljniji režim rada u zadanom rasponu vučne sile je onaj kod kojeg je najmanja specifična potrošnja goriva. Najmanja specifična potrošnja goriva u obradi tla postiže se kod klizanja pogonskih kotača između 10% i 30%, a rad s traktorom izvan tog raspona klizanja smanjuje stupanj korisnog djelovanja traktora i povećava specifičnu potrošnju goriva (Jenane i sur., 1996). Za ostvarivanje što boljih vučnih karakteristika traktora u obradi tla treba voditi računa o stanju pneumatika, kao i o tlaku zraka u njima koji treba prilagoditi tlu što se obrađuje (Lee i Kim, 1997). Povećanje vučne sile i smanjenje specifične potrošnje goriva moguće je primjenom radialnih umjesto dijagonalnih pneumatika (Barbosa i sur., 2005).

Prema Kimu i sur. (2005), primjenom novih tehničkih dostignuća na traktorima tijekom druge polovice dvadesetog stoljeća značajno su poboljšane vučne karakteristike traktora.

ZAKLJUČCI

Na osnovi dobivenih rezultata istraživanja vučnih karakteristika traktora s novim i poluistrošenim pneumaticima provedenim u oranju i predsjetvenoj pripremi ilovastog tla pri tri različite brzine kretanja mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- Najveću vučnu snagu u oranju od 10.74 kW traktor je ostvario s novim pneumaticima M1 pri brzini od 1.5 m/s uz stupanj korisnog djelovanja od 0.413, dok je najveću vučnu snagu u predsjetvenoj pripremi tla od 11.07 kW traktor ostvario s novim pneumaticima R1 pri brzini 3.0 m/s uz stupanj korisnog djelovanja od 0.426.
- Primjenom poluistrošenih pneumatika maksimalna ostvarena vučna sila u oranju se smanjila za 20.1%, a u predsjetvenoj pripremi tla za 15.9%. Sveukupna prosječna vučna sila se primjenom poluistrošenih pneumatika smanjila za 18.0% u oranju i 18.4% u predsjetvenoj pripremi tla u usporedbi s novim pneumaticima.
- Primjenom poluistrošenih pneumatika prosječna specifična potrošnja goriva u oranju se povećala za 9.4%, a u predsjetvenoj pripremi tla za 13.6% u usporedbi s novim pneumaticima.
- Rezultati istraživanja očekivano ukazuju na bolje vučne karakteristike traktora s novim pneumaticima u odnosu na poluistrošene, a utvrđene razlike mogu pomoći vlasnicima traktora da, s obzirom na cijene pneumatika i goriva, te potrebne vučne sile pri obradi određenog tipa tla, odluče o trenutku zamjene istrošenih pneumatika novima.

LITERATURA

- Barbosa, J. A., L. B. Vieira, G. P. Dias, M. de S. Dias-Junior** (2005): Operational performance of an agricultural tractor equipped alternately with radial and diagonal tires. *Engenharia Agricola* 25, 474-480.
- Biondi, P., F. Maraziti** (1998): Drawbar pull performance of tractors based on Italian type-approval data (1960-1989). *Journal of Agricultural Engineering Research* 69, 189-198.
- Cordeiro, M. A. de L., K. P. Lancas** (2000): Agricultural tire performance using the specific fuel consumption evaluation. *Energia na Agricultura* 15, 55-66.
- Jenane, C., L. L. Bashford, G. Monroe** (1996): Reduction of fuel consumption through improved tractive performance. *Journal of Agricultural Engineering Research* 64, 131-138.
- Jenane, C., L. L. Bashford** (2000): Tractive performance of a mechanical front-wheel assist tractor as related to forward speeds. *Journal of Agricultural Engineering Research* 77, 221-226.
- Kim, K. U., L. L. Bashford, B. T. Samsson** (2005): Improvement of tractor performance. *Applied Engineering in Agriculture* 21, 949-954.
- Lee, D. R., K. U. Kim** (1997): Effect of inflation pressure on tractive performance of bias-ply tires. *Journal of Terramechanics* 34, 187-208.
- Raheman, H., S. K. Jha** (2007): Wheel slip measurement in 2WD tractor. *Journal of Terramechanics* 44, 89-94.
- Sahay, C. S., V. K. Tewari** (2004): Computer simulation of tractor single-point drawbar performance. *Biosystems Engineering* 88, 419-428.
- SAS Institute** (1989): SAS/STAT User's Guide. Version 6. SAS Institute, Cary, NC, USA.

- Scheffer, F., P. Schachtschabel** (1992): *Lerbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart, Germany.
- Wong, J. Y., N. B. McLaughlin, Z. Knezevic, S. Burt** (1998): Optimization of the tractive performance of four-wheel-drive tractors: Theoretical analysis and experimental substantiation. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D-Journal of Automobile Engineering* 212, 285-297.
- Zoz, F. M., R. J. Turner, L. R. Shell** (2002): Power Delivery Efficiency: A valid measure of belt and tire tractor performance. *Transactions of the ASAE* 45, 509-518.

Adresa autora - Author's address: **Primljeno - Received:** 11.08.2007.

Mr. sc. Krešimir Čopec
Prof. dr. sc. Dubravko Filipović

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Zavod za mehanizaciju poljoprivrede
Agricultural Engineering Department
Svetošimunska 25
10000 Zagreb
Hrvatska - *Croatia*