

**OBRADA ZEMLJIŠTA NA BAZI TRAKTORA KATEGORIJE 40 KN  
TILTH TERRAIN ON BASIS TRACTORS CATEGORY 40 KN**

Novaković, D., Mileusnić, Z., Đević, M., Miodragović, R.\*

**REZIME**

Rad predstavlja rezultate ispitivanja iz analize dva tipa traktora kategorije 40 kN u varijantama obrade zemljišta. Obuhvaćene su tehnologije konvencionalne i konzervacijske obrade. Analiza vučnih karakteristika je obuhvatila potencijalne vučne karakteristike oba traktora u varijantama sa i bez balasta. Rezultati pokazuju pozitivan potencijal balasta uz napomenu da nivo optimizacije agregata pored izbora tehnologije podrazumeva poznavanje performansi, odnosno tip zemljišta, dubinu obrade. Dokazano je postojanje veze između obima balasta i dimenzija obrade kod obe varijante. Dobijene vrednosti potvrđuju činjenicu da je racionalan izbor traktora višestruko uslovljen i adekvatna ocena traktora zahteva raspolaganje sa podacima o vučnoj karakteristici traktora, ali i precizno definisanje njegove tehnološke namene. *Ključne reči:* traktori, kategorije traktora, sila vuče, snaga, energija.

**SUMMARY**

Paper present resutes of testing and analysis of two tractors type category 40 kN in conditions differed tillage systems. Conventional and conservation tillage systems in clouded. Pulling characteristics analysis consider varieties of booth tractors with ballast and without ballast. Results showed positive potential of ballast in the sense of improving pulling possibilities of tractors. Booth, adequate level of optimization needs are: choosing of technology, parameters of tillage volume (depth, width, soil resistance etc.). Ballast dimensions and tillage volume relation provided in booth tractors variants was. Adequate choice of tractor and their judgement interaction of two groups of parameters are. That parameters are included in real potential pulling characteristics, precision technology positioning.

*Key words:* tractor, tractor category, drawbar pull, power, energy.

**UVOD**

---

\* Dr Dragan Novaković, mr Zoran Mileusnić dr Milan Đević, mr Rajko Miodragović, Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku, Nemanjina 6, Zemun

U poljoprivrednoj proizvodnji zemljište se može posmatrati kao predmet obrade, koga karakterišu vučni otpori i kao podloga po kojoj se traktor kreće. Na osnovu veličine vučnih otpora koji se javljaju u radu poljoprivrednih mašina-oruđa, vrši se sastavljanje traktorsko mašinskog agregata, a u okviru kompleksne mehanizacije poljoprivredne proizvodnje na gazdinstvu. Sa poznavanjem vučnih mogućnosti traktora, može se pouzdano utvrditi njegovo mesto u biljnoj proizvodnji, shodno agrotehničkim zahtevima i zemljišnim uslovima.

Cilj rada je da se, na osnovu dobijenih rezultata u konkretnim proizvodnim uslovima, ukaže koliki značaj ima pravilno formiran traktorsko-mašinski agregat i koji sve parametri utiču na to.

### MATERIJAL I METOD RADA

Saglasno postavljenom cilju i zadatku istraživanja, kao i datom programu, predmet istraživanja su traktori točkaši 4x4 S i to: traktor T-1, traktor T-2 (tabela 1), i agregati sastavljeni na bazi ovih traktora za osnovnu i dopunsku obradu zemljišta. U radu su ispitivani sledeći pokazatelji:

- sila vuče na poteznici
- brzina kretanja
- klizanje
- koeficijent korisnog dejstva traktora
- časovna potrošnja goriva
- potrošnja goriva po jedinici površine

Tab.1. Tehničke karakteristike ispitivanih sredstava

Tab.1. Technical characteristic search appliance

Tehn.karakteristike Technical characteristic	T-3	T-4	RAU Gruber	RAU Tiler
Snaga motora-Power engine (kW)	138	139	-	-
Broj obrtaja pri maksim. snazi Speed engine at max. power ( $\text{min}^{-1}$ )	2000	2209	-	-
$M_{\text{max}}/n_{M_{\text{max}}}$ ; $\text{Nm}/\text{min}^{-1}$	740/1400	649/1406	-	-
q (g/kWh)	258	247	-	-
Energetska snabdev. u odnosu na konstr. masu Energy supply in refer. at konst. mass (kW/t)	16,12	21,35	-	-
Specifična masa bez balasta Specific mass without ballast (kg/kW)	62,03	46,83	-	-
Specifična masa sa balasta Specific mass with ballast (kg/kW)	83,87	79,13	-	-
Masa bez balasta-Mass without ballast sa balastom-with ballast	8560 11575	6510 11000	-	-
Način agregatiranja- Type aggregate	-	-	vučeni- pulling	vučeni- pulling
Radni zahvat-Working clutch (m)	-	-	4	4

U oglecima za ispitivanje uticaja sile vuče traktora na iznos snage na poteznici u cilju ispitivanja maksimalne vrednosti funkcije korišćeni su metodi korelaciono-regresione

analize. Metodom najmanjih kvadrata ocenjeni su regresioni modeli za različite analitičke oblike  $f(x_i)$  koji su linearni ili se mogu svesti na linearne po nepoznatim koeficijentima modela.

Lokacije na kojima je sprovedeno ispitivanje su parcele, "Omoljica" - Omoljica i ZZ "Ašanja" - Ašanja.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### Traktor T-1

Potencijalne vučne karakteristike traktora T-1 na strnjici, sa i bez balasta, prikazane su u tabelama 2a i 2b kao i na slici 1.

*Tab.2a. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-1 bez balasta*

*Tab.2a. Potential pulling characteristics tractor T-1 without ballast*

$P_v$ (kW)	$F_v$ (kN)	$v$ (km/h)	$\lambda$ (%)	$Q$ (l/h)	$q$ (g/kWh)	$\eta_T$ (-)	$\Phi$ (-)
57,82	49,71	4,18	36,35	35,59	511	0,419	0,592
80,45	43,83	6,61	25,47	37,12	383	0,583	0,522
85,28	37,95	8,09	20,13	37,19	362	0,618	0,452
86,66	34,51	9,04	17,09	37,17	356	0,628	0,411
87,91	34,34	9,22	15,14	36,96	349	0,637	0,409
82,25	28,22	10,49	10,45	36,26	366	0,596	0,336
77,69	20,91	13,37	6,35	36,69	392	0,563	0,249

Na strnjici bez balasta traktor je ostvario maksimalni koeficijent korisnog dejstva 0,637 i pri tome je snaga na poteznici 87,91 kW. U datom stepenu prenosa traktor može ostvariti nominalnu silu vuče od 34,34 kN i brzinu kretanja 9,22 km/h sa klizanjem od 15,14 %. Koeficijent adhezije je 0,409. U ovom radnom režimu specifična efektivna potrošnja goriva je 349 g/kWh, a časovna potrošnja je 36,96 l/h. U eksploatacionom dijapazonu raspolaže sa 3 stepena prenosa.

Na osnovu podataka analizirana je zavisnost između snage na poteznici kao zavisne promenljive i sile vuče kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna regresija:

$$y = -8,2495 + 5,923624x - 0,09135x^2 \quad (1)$$

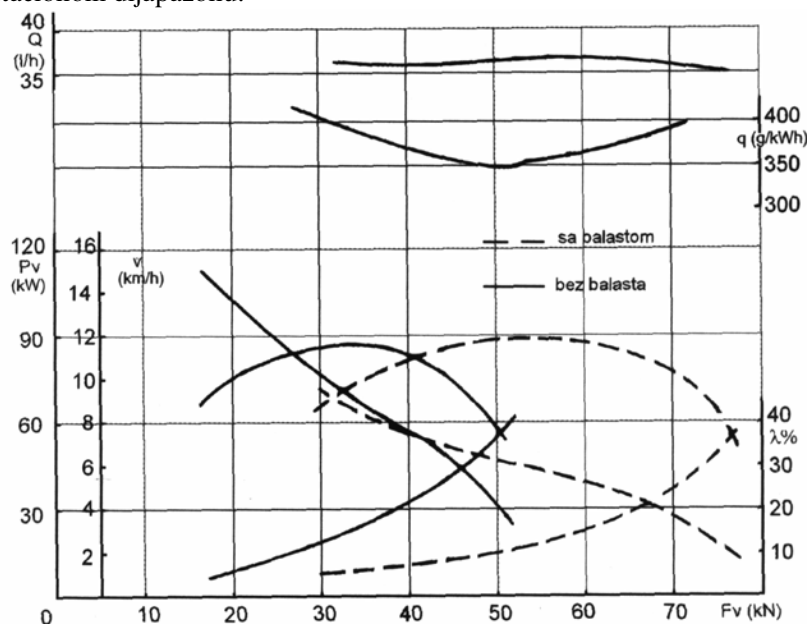
Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ( $R=0,961$ ,  $F=24,49253$ ,  $P<0,01$ ). Ocenjeni koeficijenti  $\beta_1=5,923624$  ( $t=5,411$   $P<0,01$ ) i  $\beta_2=-0,09135$  ( $t=-5,96302$   $P<0,01$ ) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se da optimalna sila vuče iznosi 33,42 kN uz maksimalnu snagu na poteznici 87,68 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom funkcije.

*Tab.2b. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-1 sa balastom*

*Tab.2b. Potential pulling characteristics tractor T-1 with ballast*

$P_V$ (kW)	$F_V$ (kN)	$v$ (km/h)	$\lambda$ (%)	$Q$ (l/h)	$q$ (g/kWh)	$\eta_T$ (-)	$\Phi$ (-)
58,51	76,54	2,75	34,90	35,59	505	0,424	0,603
81,56	67,53	4,35	20,72	37,05	377	0,591	0,532
86,39	58,52	5,31	16,48	37,15	357	0,626	0,461
87,77	53,18	5,94	13,97	37,12	351	0,636	0,419
89,01	52,93	6,05	12,39	36,99	345	0,645	0,417
83,35	43,41	6,91	8,63	36,25	361	0,604	0,342
78,79	32,11	8,83	5,20	36,74	387	0,571	0,253

Dodavanjem balasta do maksimalne vrednosti traktor je na istoj podlozi ostvario približno isti koeficijent korisnog dejstva i snagu na poteznici. Sila vuče pri maksimalnoj snazi na poteznici je sada 52,93 kN pri brzini kretanja od 6,05 km/h i klizanju od 12,39 %. Specifična efektivna potrošnja goriva i časovna potrošnja goriva su se zadržale na istom nivou kao i u varijanti bez balasta. I sada traktor raspolaže sa tri stepena prenosa u eksploatacionom dijazonu.



Sl.1. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-1 sa i bez balasta  
 Fig.1. Potential pulling characteristics tractor T-1 with and without ballast

Iz tabela 1a i 1b proizilazi da traktor raspolaže silom vuče (sa i bez balasta) od 28,22 kN do 58,52 kN u eksploatacionom dijazonu.

Na osnovu podataka ispitivanja traktora sa balastom analizirana je zavisnost između snage na poteznici kao zavisne promenljive i sile vuče kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna regresija:

$$y = -7,65284 + 3,875664x - 0,03887x^2 \quad (2)$$

Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ( $R=0,960$ ,  $F=23,54513$ ,  $P<0,01$ ). Ocenjeni koeficijenti  $\beta_1=3,875664$  ( $t=5,301$   $P<0,01$ ) i  $\beta_2 = -0,03887$  ( $t=-5,84448$   $P<0,01$ ) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se da optimalna sila vuče iznosi 49,85 kN uz maksimalnu snagu na poteznici 88,95 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom funkcije.

### **Traktor T-2**

Potencijalne vučne karakteristike ovog traktora na strnjici, sa i bez balasta, prikazane su u tabelama 3 a i 3 b kao i na slici 2.

*Tab.3a. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-2 bez balasta*

*Tab.3a. Potential pulling characteristics tractor T-2 without ballast*

$P_v$ (kW)	$F_v$ (kN)	$v$ (km/h)	$\lambda$ (%)	$Q$ (l/h)	$q$ (g/kWh)	$\eta_T$ (-)	$\Phi$ (-)
66,58	34,36	6,97	24,16	33,93	423	0,479	0,538
85,90	28,29	10,93	14,13	34,98	338	0,618	0,443
87,01	25,48	12,29	11,36	34,80	332	0,626	0,399
84,65	19,92	15,29	7,21	34,88	342	0,609	0,312
76,31	16,16	16,75	5,07	33,75	375	0,549	0,253

Traktor T-2 ostvario je na strnjici maksimalni koeficijent korisnog dejstva od 0,626 i pri tome je maksimalna snaga na poteznici 87,01 kW uz silu vuče od 25,48 kN i brzinu kretanja 12,29 km/h, pri atheziji 0,399. Specifična efektivna potrošnja goriva je 332 g/kWh, a časovna potrošnja 34,80 l/h.

Na osnovu podataka sa 5 mesta ispitivanja analizirana je zavisnost između snage na poteznici kao zavisne promenljive i sile vuče kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna regresija:

$$y = -26,8881 + 9,599464x - 0,19995x^2 \quad (3)$$

Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ( $R=0,995$ ,  $F=113,2237$ ,  $P<0,01$ ). Ocenjeni koeficijenti  $\beta_1 = 9,599464$  ( $t=13,18227$   $P<0,01$ ) i  $\beta_2 = -0,19995$  ( $t=-13,9032$   $P<0,01$ ) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se da optimalna sila vuče iznosi 24,01 kN uz maksimalnu snagu na poteznici 88,37 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom funkcije.

*Tab.3b. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-2 sa balastom*

*Tab.3b. Potential pulling characteristics tractor T2 with ballast*

$P_v$ (kW)	$F_v$ (kN)	$v$ (km/h)	$\lambda$ (%)	$Q$ (l/h)	$q$ (g/kWh)	$\eta_T$ (-)	$\Phi$ (-)
67,41	59,13	4,10	21,98	33,94	418	0,485	0,548
87,02	47,84	6,54	12,69	34,91	333	0,626	0,452
88,13	43,91	7,22	10,38	34,83	328	0,634	0,407
85,76	34,31	8,99	6,63	34,82	337	0,617	0,318
77,28	27,84	9,99	4,58	34,45	370	0,556	0,258

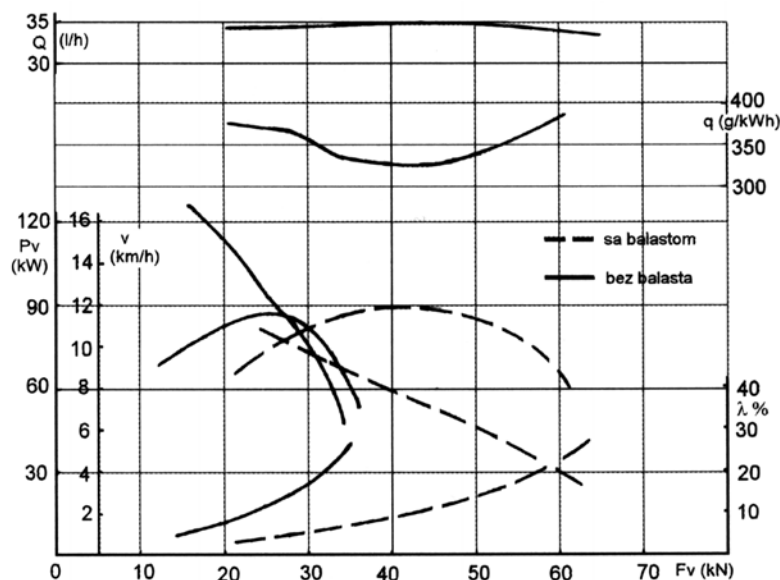
Dodavanjem balasta, snaga na poteznici nije se bitno izmenila, kao ni koeficijent korisnog dejstva, ali je sila vuče u ovoj varijanti, pri optimalnom režimu 43,91 kN uz brzinu kretanja od 7,22 km/h, klizanje od 10,38 % i koeficijent adhezije 0,407. Traktor u

eksploatacionom dijapazonu ima 3 stepena prenosa (sa i bez balasta) i silu vuče od 19,92 kN do 47,84 kN.

Na osnovu podataka sa 5 mesta ispitivanja traktora sa balastom analizirana je zavisnost između snage na poteznici kao zavisne promenljive i sile vuče kao nezavisne promenljive. Između većeg broja ocenjenih regresionih modela izabrana je kvadratna regresija:

$$y = -25,4487 + 5,562036x - 0,06746x^2 \quad (4)$$

Ocenjeni regresioni model je vrlo značajan ( $R=0,998$ ,  $F=296,3437$ ,  $P<0,01$ ). Ocenjeni koeficijenti  $\beta_1 = 5,562036$  ( $t=21,1299$   $P<0,01$ ) i  $\beta_2 = -0,06746$  ( $t=-22,3579$   $P<0,01$ ) su vrlo značajni. Analizom modela dobija se da optimalna sila vuče iznosi 54,9 kN uz maksimalnu snagu na poteznici 89,19 kW. Rezultat pokazuje usklađenost empirijskih podataka sa teorijski dobijenim maksimumom funkcije.



Sl.2. Potencijalne vučne karakteristike traktora T-2 sa i bez balasta na strnjici

Fig.2. Potential pulling characteristics tractor T-2 with and without ballast

#### **Energetski parametri rada traktora T-1**

Karakteristike traktora T-1 u proizvodnim uslovima, dobijene su na gazdinstvima u Omoljici. Traktor je u ovim uslovima bio agregatiran sa oruđima za redukovanu, odnosno konzervirajuću obradu zemljišta. Rezultati merenja dati su u tabeli 4.

Tab.4. Parametri rada traktora T-1

Tab.4. Working parameters tractor T-1

R.b.	$P_v$ (kW)	$F_v$ (kN)	$v$ (km/h)	$\lambda$ (%)	$Q$ (l/h)	$Q_{ha}$ (l/ha)	$W_h$ (ha/h)	$E_{ha}$ (kWh/ha)
RAU - "malč-gruber"								

1.	57,75	25,99	8,30	6,00	34,70	12,99	2,67	21,62
2.	61,91	27,18	8,20	7,20	34,65	13,17	2,63	23,54
3.	66,69	28,93	8,00	8,10	34,65	13,48	2,57	25,94
RAU - "malč tiler"								
1.	73,34	35,31	7,52	9,20	34,55	14,27	2,42	30,30
2.	72,28	35,50	7,33	9,40	34,60	14,72	2,35	30,76
3.	72,49	35,80	7,29	11,00	34,65	14,80	2,34	30,97

Traktor u agregatu sa navedenim oruđima radi znatno ispod svog eksploatacionog dijapazona, jer je koeficijent korisnog dejstva nizak i to od 0,418 do 0,531. S obzirom da je klizanje malo, ispod nominalne vrednosti, nameće se zaključak da je potrebno povećati brzinu kretanja pri izvršenju ove operacije. Poštujući dosadašnja teorijska i praktična saznanja iz oblasti teorije kretanja, a i konstrukcije traktora, brzina kretanja u ovim operacijama može se povećati i do 12 km/h sa "RAU-malč gruberom" i do 9 km/h sa "RAU-malč tilerom". Sa povećanjem brzine povećava se učinak za 44 % sa "RAU-gruberom" i 23 % sa "RAU-tilerom". Sa povećanjem produktivnosti rada smanjuje se potrošnja goriva na svega 9 l/ha. Utrošak energije po jedinici površine bi ostao na istom nivou ili blago porastao za neznatan iznos.

#### ***Energetski parametri rada traktora T-2 u oranju***

Karakteristike traktora T-2 ispitane su u proizvodnim uslovima "ZZ Ašanja", gde je obavljeno uslužno oranje u periodu februar - mart 1998.g. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 5.

*Tab.5. Parametri rada traktora T-2 u oranju sa plugom VN 4S874A03*

*Tab.5. Working parameters tractor T-2 in furrow with plough VN 4S874A03*

r.b.	$P_v$ (kW)	$F_v$ (kN)	v(km/h)	$\lambda$ (%)	Q(l/h)	$Q_{ha}$ (l/ha)	$W_h$ (ha/h)	Eha(kWh/ha)
1.	73,39	36,50	7,23	24,12	32,05	41,08	0,78	94,08
2.	72,56	36,03	7,24	24,16	32,15	40,69	0,79	91,84
3.	73,53	35,34	7,49	23,18	30,40	37,53	0,81	90,77
4.	85,07	32,95	9,29	14,11	30,10	29,80	1,01	84,22
5.	89,90	32,47	9,52	13,13	29,13	28,28	1,03	87,28
pro.	78,89	34,65	8,19	19,74	30,77	35,47	0,88	89,64

Traktor je ostvario prosečnu potrošnju goriva 35,47 l/ha uz učinak od 0,88 ha/h i utrošak energije 89,64 kWh/ha. Veći deo vremena u procesu oranja radio je u optimalnom režimu, pri otporu od 32-33 kN uz prosečnu potrošnju od 29 l/h. U navedenom periodu traktor je efektivno radio devet dana, uzorao 56,5 ha i potrošio 1633 litara goriva. Traktor T-2 i plug obrtač "Vogel Noot 4S874A03" je u zemljišnim uslovima "ZZ-Ašanja" postigao zadatu dubinu od 25 cm, pri optimalnom režimu rada sa koeficijentom korisnog dejstva od 0,612-0,646. Sa povećanjem dubine obrade na 30 cm vrednost otpora vuče se značajno menja i kreće se u granicama od 38,96 kN do 43,80 kN. Traktor T-2 može efikasno pokriti

ovaj dijapazon otpora, ali neophodno je maksimalno dodavanje balasta, tj. neophodna je masa traktora od 11000 kg. Druga varijanta koja bi takođe zadovoljila klimatsko zemljišne uslove "ZZ Ašanja" i eksploatacioni dijapazon traktora T-2 je skidanje jednog plužnog tela radi smanjenja otpora. Tada bi se vrednost otpora kretala u granicama od 29,16 - 32,78 kN, koji se poklapa sa eksploatacionim dijapazonom traktora pri izmerenoj masi od 7260 kg. Koeficijent adhezije je tada 0,409 odnosno 0,455 a koeficijent korisnog dejstva 0,612 koji nema maksimalnu vrednost.

### **ZAKLJUČAK**

Donošenje odluke o izboru traktora mora biti racionalno. Ona se može doneti samo ako se uzmu u obzir svi relevantni podaci, a to su zvanični izveštaji o ispitivanju traktora i izveštaji o eksploatacionom praćenju traktora. Pri tome treba imati u vidu i uslove u kojima će traktor raditi.

Primenom statističkih metoda (korelaciono-regresiona analiza) poređenja tretmana - traktora donet je zaključak o nivou značajnosti razlika istih. Korelaciono-regresionom analizom izvršena je provera maksimalnih vrednosti funkcija. Rezultat statističkih analiza potvrđuje sve iznete zaključke.

Traktor T-1 bez balasta u agregatu sa navedenim oruđima nije dovoljno opterećen, i ima na raspolaganju "veliku rezervu" sile vuče i brzine kretanja, tj. snage. To ukazuje da nije izvršeno korektno sastavljanje traktorsko-mašinskog agregata.



Traktor T-2 bez balasta je pokazao dobre rezultate u osnovnoj obradi zemljišta, ali do dubina 25 cm sa četvorobrazdnim plugom Vogel Noot. Sa povećanjem dubine do 30 cm traktor ulazi u zonu preopterećenja. Rešenje ovog problema je smanjenje radnog zahvata oruđa ili dodavanje balasta traktoru.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da u zemljišnim uslovima, gde vrednost specifičnog otpora zemljišta prelazi  $8 \text{ N/cm}^2$  osnovna obrada može biti efikasno izvedena na dubinama većim od 30 cm sa traktorom T-1.

### **LITERATURA**

- /7/ Mileusnić, Z., Novaković, D., Đević, M., Miodragović, R.: Vučne karakteristike grupe savremenih traktora, Poljoprivredna tehnika 1/98, str 1-11. Beograd 1998.
- /8/ Mileusnić, Z., Energetski potencijal savremenih traktora točkaša kategorije 40 kN, magistarska teza, Beograd-Zemun 2001.g.
- /9/ Nikolić, R., Furman, T., Gligorić Radojka, Savin, L., Hristov, S., Kuprešanin, I., Ogrizović, B., škrbić, N., Jovanović, Ž., Mitrović, D., Kekić, M., Ivančević, S.: Pogonske mašine i traktori u poljoprivredi Jugoslavije, Traktori i pogonske mašine, Vol.3., No .5., p1-130, str 8-12, Novi Sad 1998.
- /10/ Novaković, D., Mičić, J., Milovanović, N.: Analiza uticajnih faktora pri sastavljanju traktorskih agregata, Zbornik radova, Aktuelni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija 1988.
- /11/ Novaković, D.: Potencijalne karakteristike traktorskih agregata u obradi zemljišta, Poljoprivredna tehnika, godina XX, broj 1/2, Beograd novembar 1996.



- 
- 
- /12/ Novaković, D., Đević, M., Mileusnić, Z.: Tractor Efficiency in Tillage, Journal of scientific Agricultural research Vol 58, N0.206, 1997/1-2, Beograd 1997.
- /13/ Obradović, D.: Optimalni parametri traktorsko-mašinskih agregata za poljoprivredna gazdinstva, Monografija, Beograd 1990.
- /14/ Obradović, D., Novaković, D., Protić, N.: How to Achieve Maximum Productivity in Tractor Exploitation, Journal. Scientific. Agricultural Research, 56, 202 (1995 / 3-4), 83-96, Beograd 1995.

Primljeno: 4. I 2002.

Prihvaćeno: 21. I 2002