



UDK: 631.431.73; 631.16

## DINAMIKA PROMENE VREDNOSTI PARAMETARA MEHANIČKIH OSOBINA RITSKIH ZEMLJIŠTA U FUNKCIJI KLIZANJA GUSENICA TRAKTORA

Mičo V. Oljača, Dragiša Raičević, Đuro Ercegović,  
Đukan Vukić, Lazar N. Ružičić, Rade Radojević

*Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** U radu su prikazana ispitivanja uticaja različitih vrednosti klizanja hodnih sistema traktora guseničara, na dinamiku promene mehaničkih osobina zemljišta (napona smicanja, momenta torzije i otpora penetracije-CI).

Analiza rezultata ispitivanja napona smicanja zemljišta (Ivanovo), ispod hodnih sistema traktora BNT-105, prilikom poređenja negaženo-gaženo zemljište za najmanje izraženo klizanje gusenica ( $\delta=3\%$ ) pokazuje promenu napona smicanja od 6,96 do 13,74 kPa. Analiza srednjih vrednosti ovih parametara zemljišta za najveće klizanje ( $\delta=10\%$ ) ima promene vrednosti od 8.19 do 14.05 kPa.

Analiza rezultata, za najmanje ( $\delta=3\%$ ), izraženo klizanje gusenica traktora TG-160 (Makiš) pokazuje promenu napona smicanja od 8.53 do 17.12 kPa. Analiza vrednosti napona smicanja zemljišta za najveće klizanje ( $\delta=10\%$ ), ima promene od 8.50 do 18.87 kPa.

U obavezi zaštite zemljišta od oštećenja prouzrokovanim i klizanjem hodnih sistema traktora, treba stalno usavršavati elemente hodnih sistema i primenjivati nove generacije gumenih gusenica u redovnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

**Ključne reči:** *Ritska crnica, napon smicanja, gumene gusenice.*

### UVOD

Intenzivna poljoprivreda proizvodnja [9], [19], ima za posledicu povećan obim kretanja poljoprivrednih mašina i transportnih sredstava po površini poljoprivrednih zemljišta, koji utiče više ili manje na pojavu raznih nivoa obaveznih degradacionih procesa zemljišta, prvenstveno iniciranih fenomenom sabijanja zemljišta [11], [12], [19]

Zbog toga je potrebno proučavati uzroke i posledice oštećenja zemljišta, i donositi mere, koje će mnoga oštećenja zemljišta uspešno smanjiti.

Podaci u literaturi [19], [11], [10], ukazuju da mnoga zemljišta imaju male, pa time i nedovoljne proizvodne sposobnosti. Danas u Svetu postoji fond od 5 milijardi ha upotrebljivog zemljišta, od koga je potencijalno pogodno za poljoprivredu samo 3,20 milijarde ha.

Korišćenje poljoprivrednog zemljišta u neke druge svrhe, a zatim i oštećenje postojećeg zemljišta, ostavljaće dugoročne i veoma teške posledice.

U Svetu, za godinu dana, nestane 8 miliona ha poljoprivrednog zemljišta usled nepravilnog korišćenja, a 4 miliona ha izgubi se usled različitih vidova degradacije.

Sa prostora bivše Jugoslavije [19], [11], u periodu poslednjih 10 godina, nestalo je približno jedan milion ha poljoprivrednih zemljišta.

*Ispitivanja mnogih Autora mogu imati zajednički zaključak: -ako se oštećenja zemljišta nastave, predviđa se pad ukupne plodnosti i nedostatak poljoprivrednog zemljišta, mnogo ozbiljniji problem, nego deficit energetskih resursa.*

Očuvanje zemljišta kao važnog dela eko-sistema, Sjedinjene Američke Države, Izrael ili Kanada, sprovode u nacionalnim programima obavezne kontrole sabijanja i zaštite zemljišta, koji su povezani sa tehnološko-tehničkim aktivnostima u poljoprivredi.

Ayers [1], u laboratorijama Colorado State University, Fort Collins, U.S.A., ispituje zavisnost napona smicanja ( $\tau$ ) od normalnih naprezanja ( $\sigma$ ) i mehaničkih osobina zemljišta (ugla unutrašnjeg trenja- $\phi$ , kohezije  $-c$ , CI-indexa konusa) kod gaženih zemljišta. Testovima povećanja normalnog opterećenja od 0, 20.7, 34.5 do 68.9 kPa, kod uzoraka zemljišta peskovito glinovitih ilovača, utvrđuje uzajamne relacije pojedinih parametara u jednačini za tangencijalni napon:  $\tau = c + \sigma_n \tan\phi$ , u funkciji od vrednosti zapreminske mase i vlažnosti zemljišta. Regresionom analizom autor [1], dobija korelacioni faktor zavisnosti ( $R=0.89 - 0.96$ ), posmatranih parametara od promena vrednosti zapreminske mase i sadržaja vode zemljišta.

Ispitivanja, sabijanja zemljišta i promene tangencijalnih napona u zemljištu, u laboratorijama Bejijing Agricultural Engineering University, China, objavili su Zeng, D., i Yusu, Y., prema [20], [22]. U oblasti kontakta točak-gusenica-zemljište [20], [22], vrednosti normalnih i tangencijalnih napona, opadaju, sa porastom sadržaja vode, prema krivolinijskoj zakonitosti kod dva podtipa glinovitog zemljišta (sadržaj gline: 33.06 % i 49.88%). Tangencijalni naponi ovakvog zemljišta su u porastu (od 35 na 80 kPa), ukoliko se promeni vrednost zapreminske mase zemljišta sa  $1.20 \text{ Mgm}^{-3}$  na  $1.60 \text{ Mgm}^{-3}$ , kao posledice gaženja hodnim sistemima traktora.

## 2. MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanja promena mehaničkih karakteristika zemljišta (moment torzije – M, tangencijalni naponi  $-\tau$ , i otpor penetracije) ritske crnice, izvršena su prema utvrđenom programu i metodama proučavanja, u tragovima pre i posle prolaska gusenica traktora na lokalitetu Ivanovačkog i Makiškog rita i zemljištu tipa ritske crnice. Osnovne fizičko-mehaničke karakteristike zemljišta determinisane su metodama JDPZ, [24]. Izabrane dubine ispitivanja zemljišta i registrovanja nastalih promena do 30 cm, su na mestima izražene promene ispitivanih parametara, za različite vrednosti klizanja gusenica traktora ( $\delta=3$  do 10 %).

Klizanje gusenica ( $\delta$ , %), određeno je standardnom analitičkom metodom [11], kao matematička relacija odnosa broja obrtaja pogonskog lančanika gusenice traktora, u opterećenom i neopterećenom stanju.

Mehaničke karakteristike zemljišta u tragovima gusenica traktora, određene su [11] na dužini od 100 metara, sa pet glavnih mernih mesta, i deset ponavljanja, sa dubinom ispitivanja od 0 do 10, 10 do 20, 20 do 30 santimetara.

Moment torzije (M) gaženog i negaženog zemljišta određen je metodom smicajnih ploča (*Eijkelkamp* Self-Recording vane tester, Type IB), [6], za predhodno opisana i predviđena merna mesta u pet ponavljanja.

Penetrometerske karakteristike (index konusa – CI) gaženih i negaženih površina ritske crnice određene su metodom ručnog statičkog penetrometra (*Eijkelkamp* Hand Penetrometer, Set A), [6], na predviđenim mernim mestima.

Analitičkom metodom [11], su dobijene srednje vrednosti merenih parametara, a zatim prikazane tabelama po serijama ispitivanja.

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

U eksperimentalnim ispitivanjima za ovaj rad, određene su promene vrednosti: momenta smicanja, tangencijalnih napona, i otpora penetracije ritske crnice (Ivanovački i Makiški rit), u zavisnosti od vrednosti klizanja točkova traktora ( $\delta$ ):

- BNT-105 (masa 7875 kg, čelične gusenice, L/B/H = 2410/390/50 mm), u agregatu sa tanjiračem, i dva ponovljena prolaza traktora (n=1, 2)
- TG-160 (masa 16220 kg, čelične gusenice, L/B/H = 2369/560/60 mm) u agregatu sa vučenim ravnjačem, i dva ponovljena prolaza (n=1, 2).

Opšti uslovi ispitivanja bili su:

- Zemljište: ritska crnica, Ivanovački rit (sadržaj: frakcije gline 78,30 %), Makiški rit (sadržaj: frakcije gline 68,35 %),
- Klizanje vrednosti od 8.20 do 10.25 %, usvojeno za najveće od  $\delta_{\max}=10\%$ .
- Klizanje vrednosti od 1.15 do 3.80 %, usvojeno, za najmanje od  $\delta_{\min}=3\%$ ,

Negaženo zemljište, pored gusenica traktora, ima vrednosti mehaničkih parametara :

Tab. 1. Mehaničke karakteristike negaženog zemljišta

Dubina (cm)	P o n a v l j a n j e										P r o s e k	
	I		II		III		IV		V		M*	CI**
	M*	CI**	M*	CI**	M*	CI**	M*	CI**	M*	CI**		
(Nm)	(MPa)	(Nm)	(MPa)	(Nm)	(MPa)	(Nm)	(MPa)	(Nm)	(MPa)	(Nm)	(MPa)	
$\tau^*$	W (%)	$\tau^*$	W (%)	$\tau^*$	W (%)	$\tau^*$	W (%)	$\tau^*$	W (%)	$\tau^*$	W (%)	
	<i>I</i>	<i>v</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>v</i>	<i>o</i>					
10	24.22	0.820	1.45	0.830	1.38	1.05	1.64	1.830	1.54	0.990	1.50	1.040
		23.05	5.09	23.05	4.83	23.40	5.74	21.40	5.40	22.13	5.27	22.84
20	23.00	1.490	1.80	1.820	1.65	1.650	2.03	2.290	1.90	2.330	1.85	1.916
		22.00	6.32	22.00	5.79	22.35	7.12	20.59	6.68	21.39	6.48	21.87
30	23.00	2.660	3.35	3.140	3.11	3.450	3.78	3.630	3.53	3.890	3.44	3.354
		21.36	11.75	21.36	10.91	21.13	13.26	21.00	12.38	20.45	12.08	21.39
	<i>M</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>i</i>	<i>š</i>							
10	-	0.755	1.25	0.800	1.20	0.795	1.41	0.450	1.32	0.980	1.29	0.876
		24.32	4.39	24.00	4.22	24.66	4.95	23.03	4.62	23.03	4.54	23.93
20	-	1.400	1.60	1.400	1.44	1.250	1.80	2.200	1.68	1.600	1.63	1.570
		23.03	5.61	23.42	5.05	24.30	6.33	22.49	5.91	23.00	5.73	23.25
30	-	2.200	3.00	2.150	3.19	2.385	3.25	2.600	3.32	2.450	3.18	2.357
		22.00	12.63	22.30	10.80	23.25	11.50	21.89	10.95	22.29	10.72	23.35

M\* - Moment torzije (Nm),  $\tau^*$  - Napon smicanja (kPa), \*\*CI - Otpor penetracije (MPa), % W - Sadržaj vlage (%).

Rezultati ispitivanja promena vrednosti momenta torzije, tangencijalnog napona, i otpora penetracije u funkciji od sadržaja vode u zemljištu, u tragu traktora, za broj prolaza ( $n=1,2$ ) traktora BNT-105 (Ivanovački rit) i TG-160 (Makiški rit), prikazani su:

Tab. 2. Mehaničke karakteristike zemljišta u tragu gusenica traktora BNT-105 (Ivanovo)

Dubina (cm)	P o n a v l j a n j a										P r o s e k	
	I		II		III		IV		V		M*	CI**
	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa)		
<i>Prvi prolaz</i> $\delta=3\%$												
10	-	1.10	1.85	1.125	2.04	1.198	2.24	1.990	1.81	1.632	1.98	1.409
			6.49		7.14		7.85		6.36		6.96	
20	-	2.022	2.10	2.048	2.31	1.934	2.54	2.495	2.06	2.456	2.25	2.191
			7.37		8.11		8.92		7.22		7.90	
30	-	-	3.50	-	3.85	-	4.24	-	3.43		3.75	
			12.28		13.51		14.86		12.04		13.17	
<i>Prvi prolaz</i> $\delta=10\%$												
10	-	1.885	2.20	1.928	2.42	2.053	2.54	1.990	2.17	1.363	2.33	1.826
			7.72		8.49		8.52		7.62		8.19	
20	-	3.000	3.10	3.038	3.60	2.870	3.61	3.072	3.06	2.660	3.34	3.054
			10.88		12.62		12.67		10.74		11.73	
30	-	-	3.60	-	4.25	-	4.21	-	3.56	-	3.90	-
			12.63		14.91		14.78		12.47		13.70	
<i>Drugi prolaz</i> $\delta=3\%$												
10	-	1.331	1.95	1.330	2.15	1.416	2.36	1.760	1.91	1.443	2.09	1.450
			6.84		7.53		8.28		6.71		7.34	
20	-	2.250	2.50	2.253	2.75	2.218	3.03	2.745	2.45	2.703	2.68	2.411
			8.77		9.65		10.61		8.60		9.40	
30	-	-	3.65	-	4.02	-	4.42	-	3.58	-	3.51	-
			12.81		14.09		15.50		12.55		13.74	
<i>Drugi prolaz</i> $\delta=10\%$												
10	-	2.300	2.35	2.352	2.59	2.505	2.78	1.900	2.32	1.363	2.51	2.084
			8.25		9.07		9.77		8.14		8.81	
20	-	3.237	3.50	3.278	4.06	3.096	4.08	3.994	3.46	2.660	3.77	3.253
			12.28		14.25		14.31		12.13		13.24	
30	-	-	3.05	-	4.54	-	4.50	-	3.80	-	4.17	-
			13.51		15.94		15.81		13.34		14.05	

M\* - Moment torzije (Nm),  $\tau^*$  - Napon smicanja (kPa), \*\*CI - Otpor penetracije (MPa)

Analiza rezultata ispitivanja dinamike promene momenta torzije i napona smicanja zemljišta ispod gusenica traktora, obuhvata zone do 30 cm dubine zemljišta. Rezultati merenja ukazuju na postojanje razlika ovog parametra, prilikom poređenja: negaženo-gaženo zemljište, -uslovljene vrstom obavljenih operacija, brojem ponavljanja prolaza i različitim vrednostima klizanja gusenica ( $\delta$ ) traktora:

Tab. 3. Mehaničke karakteristike zemljišta u tragu gusenica traktora TG-160 (Makiš)

Dubina (cm)	P o n a v l j a n j a										P r o s e k	
	I		II		III		IV		V		M*	CI**
	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)	M* (Nm) $\tau^*$ (kPa)	CI** (MPa) W (%)
<i>Prvi prolaz <math>\delta=3\%</math></i>												
10	-	1.120	2.35	1.551	2.23	1.176	2.65	1.629	2.49	1.235	2.43	1.342
			8.25		7.83		9.30		8.75		8.53	
20	-	2.200	2.60	3.000	2.38	2.310	2.93	3.150	2.75	2.426	2.67	2.617
			9.12		8.36		10.29		9.65		9.36	
30	-	-	4.50	-	4.18	-	5.08	-	4.74	-	4.62	-
			15.79		14.66		17.81		16.62		16.22	
<i>Prvi prolaz <math>\delta=10\%</math></i>												
10	-	2.100	2.35	2.148	2.59	2.205	2.48	2.255	2.27	2.315	2.42	2.205
			8.25		9.07		8.70		7.97		8.50	
20	-	3.300	2.80	3.342	3.11	3.465	3.07	3.509	2.73	3.638	2.93	3.451
			9.82		10.90		10.76		9.58		10.26	
30	-	-	4.65	-	5.02	-	5.05	-	4.43	-	4.79	-
			16.32		17.62		17.70		15.54		16.79	
<i>Drugi prolaz <math>\delta=3\%</math></i>												
10	-	1.200	2.50	1.300	2.38	1.385	2.82	2.500	2.65	2.022	2.59	1.681
			8.77		8.33		9.89		9.31		9.08	
20	-	2.200	2.70	2.228	2.48	2.104	3.05	2.715	2.86	3.355	2.77	2.520
			9.47		8.68		10.69		10.02		9.72	
30	-	-	4.75	-	4.41	-	5.36	-	5.00	-	4.88	-
			16.67		15.48		18.80		17.55		17.12	
<i>Drugi prolaz <math>\delta=10\%</math></i>												
10	-	2.200	3.50	2.250	3.85	1.662	3.69	2.330	3.38	1.671	3.61	2.023
			12.28		13.51		12.96		11.87		12.65	
20	-	3.556	4.50	3.602	4.99	3.385	4.93	4.232	4.39	2.800	4.70	3.550
			15.79		17.51		17.29		15.39		16.50	
30	-	-	5.20	-	5.72	-	5.64	-	4.95	-	5.38	-
			18.25		20.07		19.80		17.38		18.87	

M\* - Moment torzije (Nm),  $\tau^*$  - Napon smicanja (kPa), \*\*CI - Otpor penetracije (MPa),

**Operacija tanjiranja** (Ivanovački rit, traktor guseničar BNT-105), ima osnovne karakteristike negaženog zemljišta (Tab.1). Analiza srednjih vrednosti promene momenta torzije i napona smicanja zemljišta za najmanje izraženo klizanje gusenica ( $\delta=3\%$ ) pokazuje (Tab.2), promenu momenta torzije (u odnosu na negaženo zemljište), kod dubina 10-30 cm : za prvi 1.98 do 3.75 Nm, i drugi prolaz gusenica traktora vrednost 2.09 do 3.51 Nm. Istovremeno najveća promena napona smicanja ( $\tau$ ) iznosi: kod prvog (6.96 do 13.70) i drugog (7.34 do 13.74 kPa) prolaza gusenica traktora BNT-105.

Analiza srednjih vrednosti ovih parametara zemljišta za najveće izraženo klizanje ( $\delta=10\%$ ) pokazuje: kod prvog (2.33 do 3.90) i drugog (2.51 do 4.17 Nm) prolaza. Zbog toga, promena napona smicanja ( $\tau$ ) iznosi: kod prvog (6.96 do 13.70) i drugog (7.34 do 14.05 kPa) prolaza gusenica traktora BNT-105.

**Operacija ravnanja zemljišta** (Makiški rit, traktor guseničar TG-160), ima karakteristike negaženog zemljišta (Tab.1), za određene režime kretanja mašinsko-traktorskih agregata. U tragovima točkova (Tab.3.) za dubine od 10 do 30 cm, registrovane su promene momenta torzije i napona smicanja. Analiza srednjih vrednosti ovih parametara zemljišta, za najmanje izraženo klizanje gusenica ( $\delta=3\%$ ), pokazuje (Tab.3), promenu momenta torzije u tragu gusenica (u odnosu na negaženo zemljište), kod dubina 10 do 30 cm: za prvi (2.43 do 4.62) i drugi prolaz (2.59 do 4.88 Nm) gusenica traktora. Istovremeno promena napona smicanja- $(\tau)$ , iznosi: kod prvog (8.53 do 16.22) i drugog (9.08 do 17.12 kPa) prolaza gusenica traktora TG-160.

Analiza srednjih vrednosti ovih parametara zemljišta za najveće izraženo klizanje ( $\delta=10\%$ ) pokazuje da su vrednosti momenta: kod prvog (2.42 do 4.79) i drugog prolaza (3.61 do 5.38 Nm). Zbog toga, promena napona smicanja iznosi: kod prvog (8.50 do 16.79) i drugog (12.65 do 18.87 kPa) prolaza gusenica traktora TG-160. Analiza srednjih vrednosti momenta torzije i napona smicanja zemljišta, utvrđena je značajna razlika između ponovljenih prolaza, kao povećanje vrednosti parametara kod drugog prolaza gusenica traktora.

#### 4. ZAKLJUČAK

Intenzivne i najveće promene ispitivanih parametara ritske crnice u poređenju sa negaženim zemljištem, bile su u zoni ispitivanja do 20 cm, sa tendencijom blagog opadanja intenziteta porasta sa dubinom. Utvrđene promene mehaničkih parametara zemljišta (negaženo-gaženo), u tragovima gusenica traktora, posle drugog prolaza gusenica traktora, pokazuju :

- Prosečni porast momenta torzije zemljišta je u granicama od 1.50 do 5.38 Nm
- Prosečni porast tangencijalnih napona je u granicama od 5.27 do 18.87 kPa,
- Porast otpora penetracije prosečno je u granicama od 1.40 do 3.55 MPa,
- Intenzitet promena je najveći u intervalu dubina zemljišta do 20 cm.

Prikazani rezultati ispitivanja mehaničkih parametara zemljišta, ukazuju na promene u pravcu koji sigurno generalno dovode do poremećaja vrednosti i ostalih mehaničko-tehnoloških osobina i pogoršanja proizvodnih sposobnosti ritske crnice ispitivanih lokaliteta. Intenzitet ovih promena moguće je smanjiti: stalnim usavršavanjem profila gusenica, stalnom kontrolom intenziteta saobraćaja po zemljištu, i eliminisanjem energetski intenzivnih tehnologija iz poljoprivredne proizvodnje.

U obavezi zaštite zemljišta od pojave mnogobrojnih oštećenja u toku sabijanja hodnim sistemima traktora, permanentno treba usavršavati elemente hodnih sistema, primenjivati ograničene mase traktora, i nove generacije gumenih gusenica, u redovnoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Ne treba zaboraviti zajedničke zaključke mnogobrojnih istraživanja:

*Ako se oštećenja zemljišta nastave, predviđa se pad ukupne plodnosti i nedostatak poljoprivrednog zemljišta, mnogo ozbiljniji problem, nego deficit energetskih resursa.*

## LITERATURA

- [1] Ayers, P.D.: *Utilizing the Torsional Shear Test to Determine Soil Strength- Properties Relationships*, Soil&Tillage Research, N<sup>o</sup>10, 1987.
- [2] Gill R.W.: *Soil dynamics in tillage and traction*, Agr. research service, US Dep. of Agriculture, 1968.
- [3] Gameda S., Raghavan G.S.V., McKyes E. and Theriault R.: *Subsoil compaction in a clay soil. I. Cumulative effects*. Soil & Tillage Research, 10: 113-122, 1987.
- [4] Hadas A.: *Soil compaction caused by high axle loads -review of concepts and experimental data*, Soil &Tillage Research 29: 253-256, 1994.
- [5] Horn R.: *Compressibility of arable lands*, Catena Supplay, 1988.
- [6] Eijkelkamp: *Agrisearch Equipment, Product group II*, Giesbeek, Netherlands, 2000.
- [7] Mičić J., Oljača V.M.: *Gusenica ili pneumatik: Uticaj na mehaničko-tehnološke osobine zemljišta*, Savetovanje – Akt. problemi tehnike navodnjavanja i izbor opreme, Negotin, 1991.
- [8] Mičić J., Ercegović Đ., Novaković D., Đević M., Oljača V.M., Radivojević D., Božić S.: *Modern agricultural engineering in Crop production*, Monograph, University of Belgrade, Beograd, 1997, pp 59-88.
- [9] Nikolić R., Popović Z., Rudek N.: *Prednosti traktora sa gumenim gusenicama u obradi zemljišta*, Savremena poljoprivredna tehnika, N<sup>o</sup> 1-2, Vol.18, Novi Sad, 1992.
- [10] Nikolić R.: *Istraživanje mogućnosti šireg korišćenja traktora guseničara sa gumenim gusenicama*, XV Simpozijum -Naučno tehnički progres u poljoprivrednoj proizvodnji, Opatija, 1991.
- [11] Oljača V.M.: *Uticaj hodnih sistema traktora na sabijanje zemljišta ritova*, Doktorska disertacija, str. 1-302, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1993.
- [12] Oljača V.M.: *Damage to soil mechanical properties caused by iron and rubber tracks*, Journal of Terramechanics, Volume 31, N<sup>o</sup>5: 279-284, England, 1994.
- [13] Oljača V.M.: *Oštećenje zemljišta hodnim sistemima traktora*, Dan poljop. tehnike – 92, Zbornik radova: str.42-46, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 1992.
- [14] Taylor H. James., *Controlled Traffic: A Soil Compaction Management Concept*, National Soil Dynamics Laboratory, Auburn, USA, 1986.
- [15] Taylor H. James, Burt E.C.: *Flotation Tyres and Subsurface Compaction.*, 8<sup>th</sup> International Conference, Cambridge, England, 1984.
- [16] Trowse A.C.: *Impact of inter-row traffic on cotton yield*. Presented of American Society Agronomy, Detroit, Michigan, USA, 1969.
- [17] Trowse A.C., W.R. Gill: *Results from controlled traffic studies and their implications in tillage systems*, Proc. of the Tillage Systems, Symp. OHIO, pp 126-131, USA, 1972.
- [18] Vučić N., *Antropogenizacija zemljišta -korak napred, dva nazad.*, III Naučni kolokvijum *Quovadis pedologia*, Padinska Skela, Beograd, 1990.
- [19] Vučić N., *Higijena zemljišta*, Vojvodanska Akademija nauka i umetnosti, Novi Sad, 1992.
- [20] Wong, J.Y.: *Terramechanics and off-road vehicles*, Amsterdam, 1989.
- [21] Wong J.Y., and Preston-Thomas J.: *Investigation into the effects of suspension characteristics and design parameters for terrain evaluation*, Proc. of the 7th International Conference of the International Society for Terrain-Vehicle Systems, 1981.
- [22] Wong J.Y.: *Some recent developments in vehicle-terrain interaction studies*, Journal of Terramechanics, Vol. 28, N<sup>o</sup> 4, England, 1991.
- [23] Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta.: *Zemljišta Jugoslavije*, Beograd 1983 .
- [24] Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta: *Metode istraživanja fizičkih svojstava zemljišta*, Beograd, 1971.

## DINAMICS CHANGES VALUES PARAMETERS OF MECHANICAL PROPERTIES OF THE MARSH SOIL DUE TO TRACTOR TRACK SLIPPAGE

Mićo V. Oljača, Dragiša Raičević, Đuro Ercegović,  
Đukan Vukić, Lazar N. Ružičić, Rade Radojević  
*Faculty of Agriculture – Belgrade*

**Abstract:** The paper presents the impact of different slippage of driving systems of the crawler tractors on the dynamics changes of the parameters values mechanical properties on the marsh area (shear stress, moment of torsion, cone index - CI) .

The analysis of the results (Ivanovo area) has shown a different increase of the shear stress for the tractor BNT-105 tracks trail (in comparison with the untreaded soil), with the smallest tractor tracks slippage  $\delta=3\%$ , (10-30 cm depth) from 6.96 to 13.74 kPa. The analysis of the shear stress mean values, with the biggest tracks slippage ( $\delta=10\%$ ) has shown the following changes from 8.19 to 14.05 kPa.

The analysis of the results for tractor TG-160 (Makiš area), has shown a different increase of the shear stress in the tracks trail, with the smallest slippage of the tracks ( $\delta=3\%$ ), at the same soil depth, of the shear stress is 8.53 to 17.12 kPa. The analysis of the shear stress mean values, for maximum slippage  $\delta=10\%$ , has shown the changes from 8.50 to 18.87 kPa.

In order to protect soil from damages due to slippage caused by tractor driving systems, we must: permanently improve the elements of runnig systems and introduce new generation rubber track tractors in regular agricultural production.

**Key words:** *Marsh soil, shear stress, rubber track.*