

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF AGRICULTURAL EQUIPMENT TYRES DESIGNED TO THEIR RATIONAL USE

### CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A PNEURILOR DE PE ECHIPAMENTELE AGRICOLE, ÎN VEDEREA UTILIZĂRII RAȚIONALE A ACESTORA

Ph.D. Stud. Eng. Lazăr G., Ph.D. Eng. Ciupercă R., Ph.D. Eng. Nedelcu A., Ph.D. Stud. Eng. Zaica A.,  
Ph.D. Eng. Popa L., Ph.D. Stud. Eng. Ștefan V., Ph.D. Stud. Eng. Petcu A.

National Institute of Research - Development for Machines and Installations designed to Agriculture and Food Industry – INMA, Bucharest / Romania  
Tel: 0740367860; E-mail: lazar@inma.ro

**Abstract:** Soil compaction is one of the most important factors of anthropogenic influence on soil physical properties with immediate effect over the farms management and environment. The paper presents the results of experimental research carried out with a mobile stand designed and built for testing several types of tyres used on agricultural machinery in order to determine their influence on soil and energy parameters. Parameters measured, footprint, penetration resistance, tensile strength and tyres rational and efficient utilization contribute to reduce soil compaction and settlement.

**Keywords:** tyres, agricultural machinery, penetration resistance, soil protection

#### INTRODUCTION

Soil artificial compaction (anthropic) is determined by aggregates passing in the field when they perform the agricultural works required by the mechanizing technologies or during transport of technological and farming products. [5,6,7]

In Romania, most of soils are compacted, being of heavy and average structure (the clay content varying between 30-50%) low drain and often an impermeable soil layer [9].

Soil compaction also affects water dynamics in the soil, erosion, nitrogen and carbon cycle in soil, the energy necessary and efficacy of farming operations, as well as, pesticides washing, soil biology and plant cultivation technologies.

Soil compaction, determined by agricultural traffic results in soil structure damaging in its surface and depth layers, modifying the pores size, pores continuity, thus, of water and air permeability. All these may have negative effects on soil biological activity, its physical and chemical balance and production.

The direct effect of soil compaction on total porosity is manifest by reducing soil ability to retain water and air in a sustainable manner.

Soil compaction and settlement determine the appearance of deeper and more compacted strips, enhancing the surface erosion risk, water slop, inappropriate use of nutrients by plants and their leaching in depth.

Intensity and extent of artificial compaction depends on a multitude of general but also local factors, such as: climate, equipment technical characteristics and methods of implementation of different components of agricultural technological systems, intrinsic features of

**Rezumat:** Compactarea solului este unul dintre cei mai importanți factori de influență antropică asupra proprietăților fizice ale solului cu efecte imediate asupra managementului fermelor agricole și asupra mediului înconjurător. În lucrare sunt prezentate rezultate ale cercetărilor experimentale realizate cu un stand mobil proiectat și realizat pentru a efectua testarea mai multor tipuri de pneuri utilizate pe echipamentele tehnice din agricultură, în vederea determinării influenței acestora asupra solului și a parametrilor energetici. Parametrii mășurați pata de contact, rezistența la penetrare, forța de tracțiune contribuie la alegerea și utilizarea rațională și eficientă a pneurilor pentru reducerea compactării și tasării solului.

**Cuvinte cheie:** pneuri, mașini agricole, compactarea și tasarea solului, rezistența la penetrare, protecția solului

#### INTRODUCERE

Compactarea artificială a solului (antropică) se datorează traficului efectuat de agregate pe teren pentru efectuarea diferitelor lucrări agricole impuse de tehnologiile de mecanizare sau de efectuarea unor lucrări de transport a produselor tehnologice sau agricole. [5,6,7]

În România, majoritatea solurilor sunt compactate, cu textură mijlocie și grea (conținutul de argilă variază între 30-50%), drenaj prost și adesea cu un strat de sol impermeabil. [9].

Compactarea solului afectează dinamica apei în sol, eroziunea, ciclul azotului și carbonului în sol, necesarul de energie și eficacitatea lucrărilor agricole, spălarea pesticidelor, biologia solului, precum și tehnologiile de cultivare a plantelor.

Compactarea solului, cauzată de traficul agricol, are ca efect deteriorarea structurii solului în straturile de suprafață și în adâncime, modificarea distribuției porilor după mărime, continuitatea porilor și deci a permeabilității pentru apă și aer. Acestea pot avea efecte negative asupra activității biologice din sol, asupra echilibrului fizico-chimic și asupra producției.

Efectul direct al tasării solului asupra porozității totale se manifestă prin reducerea capacității acestuia de a reține în mod durabil apa și aerul.

Compactarea și tasarea solului conduc la formarea unor benzi mai adânci și compacte, sporind astfel riscul producerii eroziunii de suprafață, al bălțirii apei, al proastei utilizări a nutrienților de către plante și a levigării lor în adâncime.

Intensitatea și extinderea procesului de compactare artificială depinde de o multitudine de factori având caracter general, dar și specific local, precum: clima, caracteristicile tehnice ale echipamentelor agricole și modalitățile de implementare în practică a diferitelor componente ale sistemelor tehnologice agricole;

each type of soil. [8].

Load size on running systems of farming equipment during its movement or staying on soil surface represents a very important factor especially for avoiding the deep artificial compaction of soil.

Therefore, in order to avoid the appearance and development of artificial compaction, in most countries it is recommended to limit the mass on axle to 4000...6000 kg, the wheels on axle should be increased (utilization of additional axles), and working pressure in the processed agricultural field should be limited to approx.50...60 kPa and about 80 kPa in case of running system with twinned wheels [1].

Researches have been made related to wheel-soil interaction, aiming at a rational use of tyres as a general rule and especially in terms of farming equipment when running conditions are totally different from running in highroads, researches to which generally refer the studies, their majority addressing to motor cars and tractors [1, 2, 3, 4].

Experimental researches performed with a mobile stand were designed to wheel- (tyre)-soil relation in case of tyres used with farming trailers and technical equipment, where are used especially carrying tyres instead of driving tyres, starting from tests and researches made up to now on tractors tyres [1].

#### MATERIAL AND METHOD

In order to study the tyre soil interaction of different types of tyres designed to agricultural machines, the *Stand for tyres testing, STP*, figure 1 was achieved as a main technical mobile equipment of uniaxial type, designed to perform different typo-dimensional tests, at different air pressure and in different types of lands; the result was to draw up a practical guide designed to be used by all the interested persons for a rational and optimum use of tyres on agricultural equipment.

însuşirile intrinseci specifice fiecărui tip de sol. [8].

Mărima sarcinilor pe sistemele de rulare ale echipamentelor agricole în timpul deplasării sau staţionării pe suprafaţa solului reprezintă un factor deosebit de importantă, îndeosebi pentru evitarea inducerii compactării artificiale a solului în adâncime.

Din acest motiv pentru evitarea apariţiei şi dezvoltării compactării artificiale, în majoritatea ţărilor se recomandă limitarea masei pe osie la 4000...6000 kg, se încurajează creşterea numărului de roţi pe osie sau a numărului de osii (utilizarea osiilor auxiliare), iar presiunea în pneuri, în timpul lucrului pe terenul agricol prelucrat, se limitează la cca.50...60 kPa şi la cca.80 kPa în cazul sistemului de rulare cu roţi jumelate [1].

În domeniul abordat au fost realizate cercetări referitoare la interacţiunea roată –sol urmărind utilizarea raţională a pneurilor în general, şi pe mijloacele din agricultură în special, unde condiţiile de rulare sunt cu totul diferite faţă de rularea pe drumurile amenajate, la care în general se referă studiile elaborate, majoritatea acestora adresându-se automobilelor şi tractoarelor [1, 2, 3, 4].

Cercetările experimentale, efectuate cu un stand mobil, au vizat relaţia roată (pneu) – sol în cazul pneurilor utilizate pe remorci şi pe echipamentele tehnice utilizate în agricultură, unde sunt utilizate cu precădere pneuri portante şi mai puţin motoare, plecând de la experienţele şi cercetările efectuate până în prezent pe pneurile de tractoare [1].

#### MATERIAL ŞI METODĂ

Pentru studierea interacţiunii pneu-sol a diverselor tipuri de pneuri destinate maşinilor agricole, s-a realizat *Standul pentru testare pneuri, STP*, figura 1, sub forma unui echipament tehnic de bază mobil, de tip monoax şi destinat efectuării testărilor pentru mai multe tipodimensiuni de pneuri, la diferite presiuni ale aerului în pneu şi pe diverse tipuri de teren în vederea elaborării unui îndrumar practic, care să fie utilizat de către toţi factorii interesaţi, în scopul final al utilizării raţionale şi optime a pneurilor pe utilajele agricole.



**Fig. 1 – Stand for tyre testing, STP, equipped with tyres for testing**  
1. shutter; 2. assembled chassis; 3. body shell; 4. drivetrain; 5. tyre to be tested

Tests were performed with testing stand trailed by tractor NH TD 80D New Holland, of 50HP.

Body was loaded with approx.5000kg loading material, after which the aggregate Stand of testing + tractor NH TD 80D, moved forward in the testing land: asphalt, earth road, stubble field, processed field for establishing agricultural crops.

Testările s-au efectuat cu standul de testare tractat de tractorul NH TD 80D New Holland, cu o putere de 50CP.

Bena standului s-a încărcat cu cca.5000kg material de lestare (balast), după care agregatul Stand de testare + tractorul NH TD 80D, s-a deplasat pe loturile de testare: asfalt, drum de pământ, miriște, teren prelucrat pentru înfiinţarea culturilor agricole.

Testing stand was alternatively equipped, for testing with 5(five) types of tyres, organized in such way that conclusions should be drawn comparatively in two variants, according to table 1.

Testing load measured on tyre has maintained steady and was of 2.63 tons.

There were made tests for five types of tyres at three air pressures, respectively: 3, 5; 3; 2.5 bar. A few aspects during the tests are shown in figure 2.

#### Apparata used

For performing the measurements during the experiments, the following specialized equipment was used:

- Tensiometric bar, 0-60 kN, with two channels for traction and compression;
- System of data acquisition;
- Laptop ;
- Romanian lever scale;
- TEKSCAN system with net and amplifying system of MG6 Plus, HBM type;
- Gauge tape 0-5 m, Series no. QK5529;
- Manometer, Series no. 3295;
- Penetrometer SOIL COMPACTION METER SC 900 – SPECTRUM;
- Penetrometer Penetrologger with GPS, Eijkelkamp, Series no. 29266403 with humidity sensor for soil Theta Probe, type ML2x; Delta-T Company, England.

Standul de testare a fost echipat alternativ, pentru testări, cu 5(cinci) tipuri de pneuri, organizate astfel încât concluziile să fie formulate comparativ, în două variante, conform tabel 1.

Sarcina de testare pe pneu măsurată, s-a menținut constantă și a fost de 2,63 tone.

S-au realizat experimentări pentru cinci tipuri de pneuri: la trei presiuni ale aerului din pneu, respectiv: 3, 5; 3; 2,5 bar. Câteva aspecte din timpul experimentărilor sunt prezentate în figura 2.

#### Aparatura utilizată

Pentru efectuarea măsurătorilor în timpul experimentelor s-au utilizat următoarele echipamente specializate:

- Bară tensiometrică, 0-60 kN, cu două canale pentru tracțiune și compresiune;
- Sistem achiziție date;
- Laptop ;
- Basculă ROMÂNĂ;
- Sistem TEKSCAN cu plasă și sistem de amplificare de tip MG6 Plus, HBM;
- Ruletă de măsură 0-5 m, Seria nr. QK5529;
- Manometru, Seria nr. 3295;
- Penetrometru SOIL COMPACTION METER SC 900 – SPECTRUM;
- Penetrometru Penetrologger cu GPS, Eijkelkamp, Seria nr. 29266403 cu senzor umiditate pentru sol Theta Probe, tip ML2x; Firma Delta-T Anglia.

Table 1

Variants of tyres tested

Den.No.	Variant I		
	Approximately equal diameters and different widths		
	Tyre Code	Diameter (D)	Width (section B)
1.	Tyre 11.5-15.3	845 mm	290 mm
2.	Tyre 400-15.5	874 mm	404 mm
3.	Tyre 19.0/45-17	866 mm	491 mm
Den.No.	Variant II		
	Approximately equal width and different diameters		
	Tyre Code	Diameter (D)	Width (section B)
1.	Tyre 14.9 R24	1237 mm	392 mm
2.	Tyre 16.0/70-20	1078 mm	405 mm
3.	Tyre 400-15.5	874 mm	404 mm



Fig. 1 – Aspects during the tests (contact spot, resistance to running, settlement)

#### RESULTS

During the tests, a series of parameters that influence both tyres state and their action on soil, were determined. They were: pressure in tyre, running and static range, contact spot, resistance to running, humidity and penetration resistance and also the parameters allowing to estimate the mark left in soil by loaded tyres.

In this paper, we have referred to determinations of traction force (resistance to running) and penetration resistance, which clearly inform about the energy consumption and compression and compaction level.

#### REZULTATE

În timpul experimentărilor s-au determinat o serie de parametri care influențează atât starea pneurilor cât și acțiunea acestora asupra solului, precum: presiunea în pneu, razele de rulare și statice, pata de contact, rezistența la rulare, umiditatea și rezistența la penetrare precum și parametri care permit aprecieri asupra urmei lăsate pe sol după trecerea pneurilor sub sarcină.

În lucrarea de față s-au făcut referiri asupra determinărilor forței de tracțiune (rezistență la rulare) și rezistenței la penetrare care dau indicii clare asupra consumului energetic și a gradului de tasare și a compactării.

Values of traction force determined are shown in table 2, and those of penetration resistance in table 3.

Variations of the two parameters, for tested tyres, at different pressures of air in tyre and in different types of land, were presented as diagrams. A few representative examples are shown in diagrams from figures 3, 4.

Valorile forței de tracțiune determinate sunt prezentate în tabelul 2, iar ale rezistenței la penetrare în tabelul 3.

Variațiile celor doi parametri, pentru pneurile testate, la diferite presiuni ale aerului în pneu și pe diferite tipuri de suprafețe, atât individual cât și comparativ pentru cele două variante testate, au fost prezentate sub forma unor diagrame. Câteva exemple reprezentative sunt prezentate în diagramele din figurile 3, 4.

Table 2

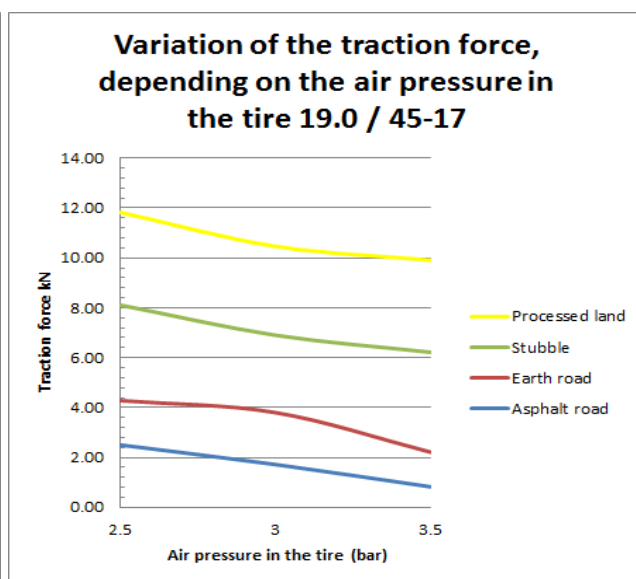
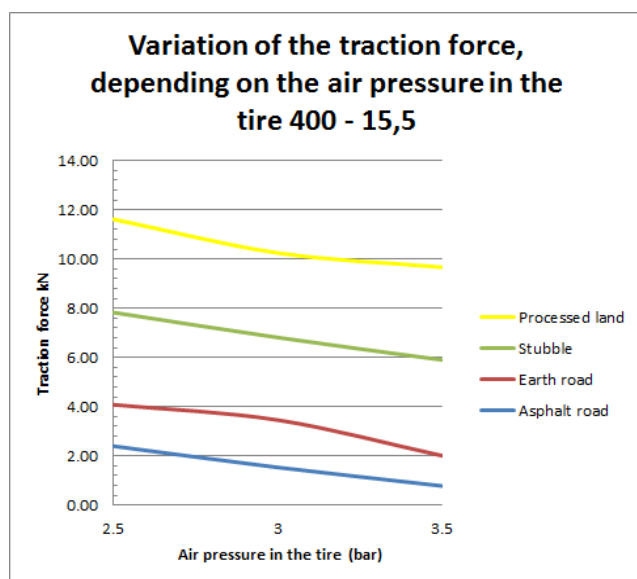
The values of the traction force (rolling resistance)

Type of tyre [code]	Pressure Bar											
	2.5	3	3.5	2.5	3	3.5	2.5	3	3.5	2.5	3	3.5
	Type of land											
	Asphalt road			Earth road			Stubble			Processed land		
Traction force												
11,5-15,3	1.453	1.052	0.499	2.108	1.438	0.7975	5.261	4.379	3.446	10.285	9.110	8.389
400 -15,5	2.404	1.54	0.788	4.088	3.463	2.012	7.832	6.816	5.905	11.620	10.252	9.672
19.0 / 45-17	2.505	1.72	0.828	4.283	3.803	2.215	8.105	6.902	6.218	11.822	10.462	9.908
16.0 / 70-20	1.312	0.8174	0.625	5.042	2.302	1.858	6.788	4.783	4.503	9.783	8.886	8.015
14.9 R 24	1.211	0.791	0.583	4.721	2.089	1.708	6.223	4.598	4.102	9.325	8.325	7.912

Table 3

The penetration resistance for processed land for tyre 19.0/45 R17

Penetration resistance before crossing of the tyres				After crossing								
				Tyre 19/45 17								
				Pressure in tyre 2,5 bar			Pressure in tyre 3 bar			Pressure in tyre 3,5 bar		
Depth (cm)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 1	Point 2	Point 3	Point 1	Point 2	Point 3	Point 1	Point 2	Point 3
0	0.35	0.27	0.39	0.35	0.24	0.28	0.46	0.42	0.43	0.58	0.61	0.58
1	0.35	0.27	0.42	0.35	0.64	0.89	0.52	0.73	0.9	0.69	0.82	0.91
3	0.47	0.36	0.52	0.63	0.98	1.19	0.74	1.03	1.11	0.85	1.09	1.04
5	0.72	0.46	0.56	0.66	1.04	1.01	0.86	1.06	0.99	0.97	1.09	0.98
7	0.79	0.51	0.79	0.81	0.92	1.04	0.9	1.02	1	0.89	1.12	0.96
9	0.9	0.52	0.97	0.94	0.98	1.17	0.95	1.1	1.09	0.89	1.22	1.02
11	0.98	0.7	1.03	1.08	1.15	1.28	0.95	1.3	1.19	1.09	1.45	1.1
13	1.11	1.12	1.11	1.25	1.36	1.34	1.2	1.44	1.38	1.09	1.53	1.42
15	1.12	1.38	1.11	1.39	1.41	1.37	1.1	1.47	1.48	1.12	1.53	1.6
17	1.2	1.76	1.15	1.45	1.47	1.65	1.12	1.61	1.66	1.22	1.76	1.67
19	1.16	1.94	1.42	1.56	2.02	1.85	1.4			1.25		
21	1.3	2.44	1.78	1.94	2.31	2.03	1.68			1.43		



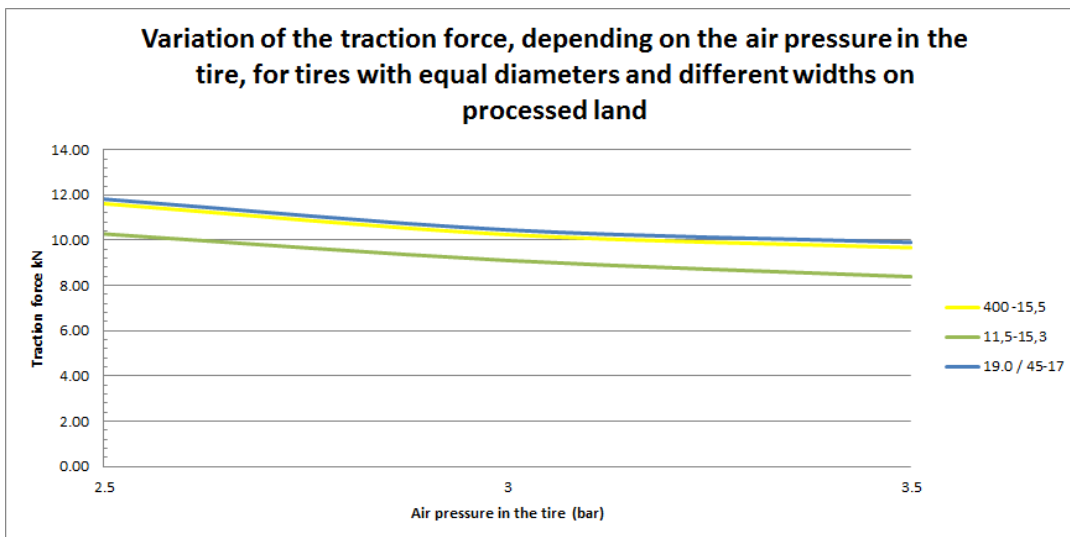
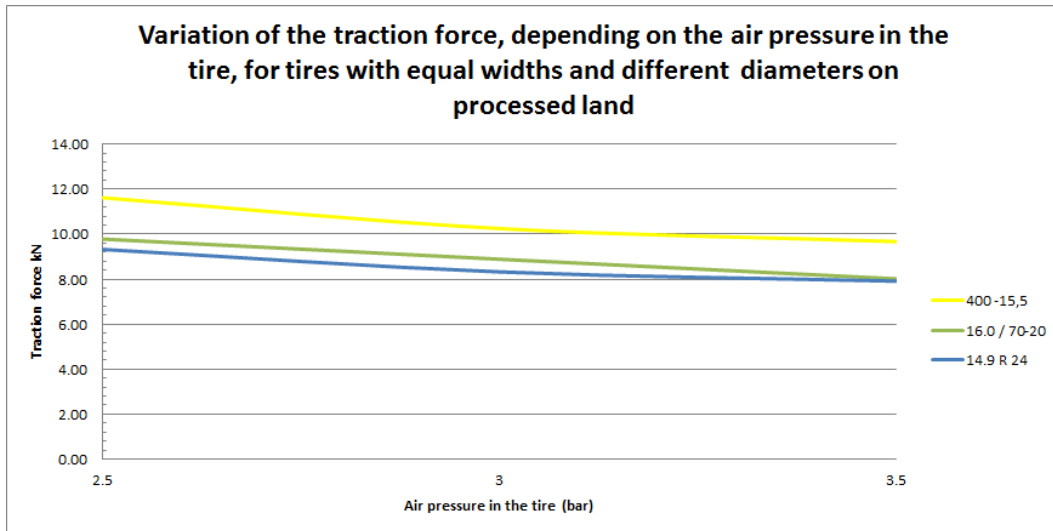


Fig.3 – A few diagrams of traction force variation

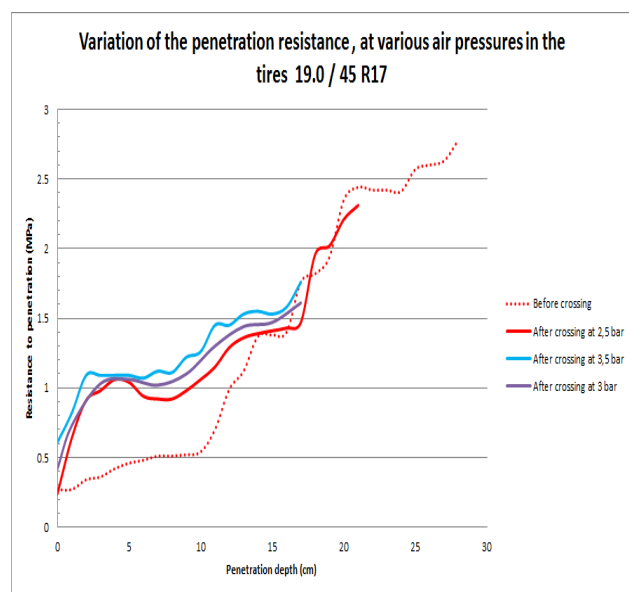
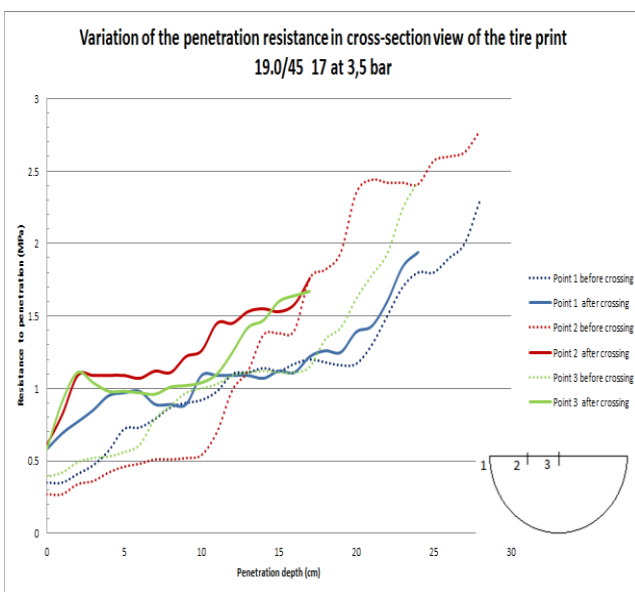


Fig.4 – Variation of resistance to penetration of tyre 19.0/45-17

**CONCLUSIONS**

- tyre resistance to running has increased along with air pressure decrease, fig. 3;
- for tyre having the same width, resistance to running is higher at smaller diameter tyres, fig. 3;
- running resistance increases when the equipment runs in uneven field, fig. 3;
- in the cross section of the tyre track in soil, the compaction degree has increased from the exterior to interior of the track, fig. 4.
- soil compaction after tyre displacement increases along with air pressure from tyre growth, fig.4.

**REFERENCES**

- [1]. Biriş S. Şt., Vladut V., Ungureanu N., Matache M., Voicea I., (2012) – *Researches on the Development of an Equation for the Contact Area Calculus for Agricultural Tires*, 40 Symposium „Actual Tasks on Agricultural Engineering”, Opatija, Croatia;
- [2]. Biriş S. Şt., Vladut V., Bungescu S. T., (2006) - *About the contact surface between the tire and the ground*, INMATEH - vol. 17, Nr. 2/2006,pg. 113-118, ISSN 1583 –1019.
- [3]. Cardei P., Muraru V., Sfaru R., (2007) – *Interaction between vehicle wheel and soil –Estimation of soil compaction* – INMATEH no. 22, Vol.IV;
- [4]. Dinu. L., (2010) - *Researches regarding the manufacturing of systems of pressure adjustment in tractor tyres according to field features and movement conditions*, Ph.D. thesis, UNIVERSITY TRANSILVANIA BRASOV, Romania;
- [5]. Ionescu R., Nastasoiu S. (2007) - *Considerations Related to the Main Factors that Influence the Tractive Efficiency of Wheeled Tractors*, Scientific papers INMATEH, Vol. 21. Nr. 3/2007, pp.237-252 ISSN 1583 – 1019;
- [6]. Nedelcu A., Popa L., Ciuperca R., Cojocaru I., Canpeanu A., (2006) - *Researches for the development and the means modernization of transport from agriculture and the valorification of the results*, Scientific papers, INMATEH, vol.17, Nr. 2/2006, pp.27 - 32 ISSN 1583 – 1019;
- [7]. Ormenisan A. N., (2006) - *Considerations Regarding the Influence of The Driving Wheel Dimensions to the Dynamics and Energetics of the Agricultural Tractors*, Scientific papers INMATEH vol. 18, Nr. 3/2006, pp. 223 – 230, ISSN 1583 – 1019.
- [8]. Popescu S., Ene T. A., Constantinescu A., (2006) - *Theoretical and experimental researches regarding the influence of tyre parameters on soil settlement and compaction*, INMATEH - vol. 17, No. 2/2006, pp. 133...140, ISSN 1583 –1019;
- [9]. Robescu V.O., Elekes C., (2008 ) - *Soil damaging as result of compaction process, a severe problem in Romania agriculture*, Scientific Papers – vol. 51(2), series Agronomy, pp. 176...182, USAMV Iasi;
- [10]. Ungureanu N., Vlăduţ V., Voicu Gh., Biriş S. Şt., Dincă M., Ionescu M., Cujbescu D., Persu C., Lazar G., (2015) - *Evaluation of the degree of soil compaction by penetrometer tests* , ISB-INMATEH 2015, ISSN 2344 – 4118, pp. 569 – 574.

**CONCLUZII**

- rezistența la rulare a pneului crește odată cu scăderea presiunii aerului din pneu, fig. 3;
- la pneuri cu aceeași lățime, rezistența la rulare este mai mare la pneurile cu diametru mai mic, fig. 3;
- rezistența la rulare crește la deplasarea pe terenuri deformabile, fig. 3;
- în secțiunea transversală a urmei lăsate pe sol după trecerea pneului, gradul de compactare crește de la exteriorul spre interiorul urmei, fig. 4.
- compactarea solului în urma deplasării pneului crește odată cu creșterea presiunii aerului din pneu, fig.4.

**BIBLIOGRAFIE**

- [1]. Biriş S. Şt., Vladut V., Ungureanu N., Matache M., Voicea I., (2012) – *Cercetări privind dezvoltarea unei ecuații pentru calcularea zonei de contact a pneurilor agricole*, Al 40-lea Simpozion „Sarcinile actuale în ingineria agricolă”, Opatija, Croatia, pag.181-193;
- [2]. Biriş S. Şt., Vladut V., Bungescu S.T., (2006) - *Despre suprafața de contact dintre pneu și sol*, INMATEH, vol.17, Nr. 2/2006, pag. 113-118, ISSN 1583 –1019;
- [3]. Cardei P., Muraru V., Sfaru R., (2007) – *Interacțiunea dintre roata vehiculului și sol – Estimarea compactării solului* – INMATEH nr. 22, Vol.IV;
- [4]. Dinu L. , (2010) - *Cercetări privind realizarea unor sisteme de reglare a presiunii în pneurile tractoarelor în concordanță cu proprietățile terenului și condițiile de deplasare*, Teza doctorat, UNIVERSITATEA TRANSILVANIA Brasov, Romania;
- [5]. Ionescu R., Nastasoiu S., (2007) - *Considerații privind factorii principali care influențează randamentul de tracțiune al tractoarelor pe roți*, Lucrări științifice INMATEH, Vol. 21. Nr. 3/2007, pag. 237-252, ISSN 1583 – 1019
- [6]. Nedelcu A., Popa L., Ciuperca R., Cojocaru I., Canpeanu A., (2006) - *Cercetari pentru dezvoltarea si modernizarea mijloacelor de transport din agricultura si valorificarea rezultatelor*, Lucrări științifice, INMATEH, vol. 17, Nr. 2/2006, pag. 27 - 32 ISSN 1583 – 1019;
- [7]. Ormenisan A. N. (2006) - *Considerații privind influența dimensiunilor roților de direcție asupra dinamicii și energeticii tractoarelor agricole*, Lucrări științifice INMATEH vol.18, Nr. 3/2006, pag. 223 – 230, ISSN 1583 – 1019;
- [8]. Popescu S., Ene T. A., - Constantinescu A. (2006), - *Cercetări teoretice și experimentale privind influența parametrilor pneurilor mașinilor asupra proceselor de tasare și compactare a solului*, INMATEH - vol.17, Nr. 2/2006, pag.133-140, ISSN 1583 –1019;
- [9]. Robescu V.O., Elekes C., (2008) - *Degradarea solului efect al procesului de compactare, o problemă gravă în România*, Lucrări Științifice – vol. 51(2), Seria Agronomie, pag.176...182, USAMV Iasi;
- [10]. Ungureanu N., Vlăduţ V., Voicu Gh., Biriş S. Şt., Dincă M., Ionescu M., Cujbescu D., Persu C., Lazar G., (2015) - *Evaluarea gradului de compactare a solului prin teste de penetrometrie* , ISB-INMATEH 2015, ISSN 2344 – 4118, pag. 569 – 574.