

## OCENA WŁAŚCIWOŚCI TRAKCYJNYCH CIĄGNIKA WYPOSAŻONEGO W RÓŻNE TYPY OPON\*

*Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki, Marek Brennenstul*  
*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących właściwości trakcyjnych opon w warunkach drogi leśnej. Celem pracy było dokonanie oceny czterech opon różniących się konstrukcją, rzeźbą bieżnika oraz wymiarami geometrycznymi. Dla wybranych opon przeprowadzono badania właściwości trakcyjnych z użyciem specjalistycznego stanowiska do badań trakcyjnych w warunkach terenowych. Przyjęte opony oceniano pod względem uzyskiwanych przez nie sił trakcyjnych, sprawności trakcyjnych oraz współczynników przyczepności. Badania wykazały, że zarówno konstrukcja, jak i wymiary zewnętrzne opony wpływają na wartości analizowanych parametrów. Wyższe wartości sił trakcyjnych uzyskano dla opon o większej szerokości. Maksymalne wartości sprawności trakcyjnych badanych opon kształtowały się na poziomie 60-68%. Stwierdzono wpływ obciążenia pionowego koła na wartości sił trakcyjnych i współczynników przyczepności.

**Słowa kluczowe:** opona, siła trakcyjna, sprawność trakcyjna, obciążenie, współczynnik przyczepności

### Wprowadzenie

W mechanice układu pojazd – teren reprezentowanych jest kilka głównych kierunków badań. Niewątpliwie główny nurt badawczy związany jest z problematyką generowania sił napędowych na podłożach odkształcalnych, a do najważniejszych jego osiągnięć zaliczyć należy badania o charakterze podstawowym, których wyniki umożliwiły dokonanie optymalizacji parametrów konstrukcyjnych pojazdów ze względu na możliwości trakcyjne podłoża. Inny, bardzo licznie reprezentowany nurt badawczy, związany jest z opisem negatywnych skutków, jakie mogą wywołać przejazdy pojazdów po tych podłożach. Wśród krajowych publikacji poświęconych tej tematyce niewątpliwie należy wymienić prace zespołów kierowanych przez Sołtyńskiego [1966], Dawidowskiego [2000], Błaszkiwicza [1998, 2000], oraz Walczykową [1987, 1995]. Prace te poświęcone są głównie podłożom bez okrywy roślinnej. Problematyka rozpoznania warunków generowania sił trakcyjnych na nietypowych podłożach nabiera w ostatnich latach coraz większego znaczenia, co wynika z faktu, że po tych podłożach poruszają się coraz cięższe pojazdy wyposażone w silniki o bardzo dużych mocach (200-300 kW). Takie pojazdy generują duże obciążenia pionowe

\*Badania wykonano w ramach projektu badawczego nr N N313 146938.

podłoży oraz duże siły styczne, niezbędne dla uzyskania sił napędowych lub sił uciągu. Taki stan powoduje, że problem strat energetycznych towarzyszących przejazdom tych pojazdów oraz niszczenia struktury podłoży nabiera obecnie coraz większego znaczenia. Nietypowym podłożem dla ruchu pojazdu rolniczego jest gleba leśna, która w swej odmienności charakteryzuje się znacznie większą niejednorodnością wynikającą z możliwości występowania w niej kamieni, korzeni, gałęzi, szyszek itp. w porównaniu z podłożami rolniczymi. Niewiele jest opracowań traktujących o problematyce generowania sił napędowych na różnych glebach leśnych, a szczególnie dotyczących poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych i eksploatacyjnych poprawiających właściwości trakcyjne układów jezdnych i redukujących uszkodzenia podłoży leśnych oraz nawierzchni dróg. Do nielicznych opracowań należy praca Vechinskiego i in. [1999], którzy analizowali właściwości trakcyjne opon stosowanych w maszynach leśnych (opony nowej, zużytej oraz opony zużytej wyposażonej w łańcuch antypoślizgowy) na czterech różnych podłożach leśnych (powierzchni pokrytej ściółką sosnową, podłoża zadarnionego oraz dwóch rodzajów gleb bez pokrycia). Przeprowadzone badania wykazały, że opona zużyta z łańcuchami czy bez generowała większe siły trakcyjne niż opona nowa. Opona zużyta charakteryzowała się największą powierzchnią kontaktu z podłożem, opona nowa natomiast, stykała się z podłożem tylko występami bieżnika. Zastosowanie łańcuchów na oponie zużytej przejawiało się również zmniejszeniem powierzchni styku opony z podłożem. Inni badacze wykazali między innymi, że obniżenie ciśnienia powietrza w ogumieniu do uzyskania tzw. optymalnego kontaktu opony z podłożem redukuje negatywne oddziaływanie zarówno dla nawierzchni drogi jak i dla pojazdu, poprawia właściwości trakcyjne, zmniejsza podskakiwanie kół na nawierzchniach utwardzonych, a także powoduje znacznie mniejsze uszkodzenia dróg gruntowych [Altunel, Hoop 1998; Tobisch 2001]. Gerdson [1997] wykazał, że zabiegi na rzecz poprawy właściwości trakcyjnych skutkują wzrostem szkód. Badania przeprowadzone przez niego wykazały, że wypełnienie opon maszyn leśnych wodą wpływa na wzrost siły uciągu i poprawę stabilności maszyny. Zabieg ten spowodował wzrost statycznych i dynamicznych obciążeń gleby, a przez to zwiększyło się ryzyko uszkodzenia korzeni i zniszczenia opon. Kormanek i Walczykova [2005] wykazali, że gleby leśne z pokrywą roślinną posiadają lepsze właściwości trakcyjne niż gleby odsłonięte. Ponadto stwierdzili, że związek między poślizgiem a współczynnikiem przyczepności kół pojazdów pracujących na podłożach leśnych determinowany jest przez glebę oraz możliwe jej nierówności. Wyniki badań przeprowadzonych pod kierownictwem Białczyka [2002, 2005, 2010] wykazały między innymi, że właściwości trakcyjne opon na drogach gruntowych w warunkach leśnych są bardzo zróżnicowane i nie można przeprowadzić jednoznacznej oceny wpływu zmian różnych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych opon na główne parametry trakcyjne takie jak: siły trakcyjne i sprawności trakcyjne uzyskiwane na różnych podłożach leśnych.

## **Cel, zakres i metodyka badań**

Celem badań była ocena opon ciągnikowych pod względem ich cech trakcyjnych na gruntowej drodze leśnej. Użyte do badań opony różniły się konstrukcją, rzeźbą bieżnika oraz wymiarami geometrycznymi. Ocenie poddano siły, sprawności trakcyjne oraz współczynniki przyczepności uzyskiwane przez poddane badaniom opony. Trzy z czterech wybranych opon badane były przy dwóch poziomach obciążenia pionowego.

Badania trakcyjne przeprowadzono na terenie Leśnictwa Chrzastawa Wielka na zlokalizowanej w drzewostanie II klasy wieku gruntowej drodze leśnej, której powierzchnia pokryta była cienką warstwą (5-10 mm) ściółki sosnowej. Podłoże gruntowe tej drogi stanowiła gleba biellicowa właściwa wytworzona z piasku słabo gliniastego na piasku luźnym. Droga, będąca zarazem linią podziału powierzchniowego, charakteryzowała niewielką intensywnością eksploatacji. Użytkuje się ją okresowo, w trakcie prowadzenia prac z zakresu hodowli i użytkowania lasu na obszarach bezpośrednio do nich przylegających.

Do badań wytypowano 4 opony różniące się pod względem konstrukcji, typu bieżnika i wymiarów zewnętrznych. Były to opony napędowe: 9.5-24, 11.2R-24 – o tzw. klasycznej rzeźbie bieżnika, 36×13.5-15 – opona o bieżniku przystosowanym do nawierzchni trawiastych (bieżnik o niskich gęsto rozmieszczonych występach) oraz opona 400×55-22.5, której bieżnik (typu TWIN-GARDEN) stanowił połączenie cech opon „klasycznych” i darniowych. Opony 9.5-24, 36×13.5-15 i 400×55-22.5 porównywano w aspekcie odmienności wymiarów zewnętrznych oraz różnej rzeźby bieżnika. Dodatkowym czynnikiem był w tym przypadku poziom obciążenia pionowego. Opony 9.5-24 i 11.2R24 posiadały zbliżone wymiary zewnętrzne i taką samą rzeźbę bieżnika, lecz odmienną konstrukcją, toteż były one porównywane jedynie pod kątem różnic konstrukcyjnych, przy jednym poziomie obciążenia pionowego.

Wartości ciśnienia powietrza wewnątrz badanych opon oraz obciążenia pionowe były zgodne z zaleceniami producentów. Wybrane parametry techniczne i eksploatacyjne opon zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry badanych opon  
Table 1. Parameter of the researched tyres

Oznaczenie opony	Typ bieżnika	Średnica zewnętrzna [mm]	Średnica osadzenia [mm]	Szerokość [mm]	Maksymalne obciążenie [kg]	Maksymalne ciśnienie powietrza [MPa]
9.5-24	Klasyczny	1000	610	260	1120	0,280
11.2R24	Klasyczny	1060	610	260	1250	0,240
36×13.5-15	Grass	915	380	340	1180	0,130
400×55-22.5	Twin-Garden	1000	570	400	1120	0,100

Źródło: opracowanie własne

W celu opisanego warunków prowadzenia badań trakcyjnych, a dokładnie stanu analizowanych podłoży, wykonano pomiary wilgotności, zwięzłości i naprężeń ścinających na głębokości 0,05 m. Do pomiaru zwięzłości oraz wilgotności gleby zastosowano penetrolgger firmy Eijkelkamp wyposażony w sondę wilgotności Theta Probe ML2x o dokładności do 1%, umożliwiającą punktowe oznaczanie wilgotności w % obj. W badaniach zwięzłości stosowano stożek o polu powierzchni równym 1 cm<sup>2</sup> i kącie rozwarcia 60° (zgodnie z normą NEN 5140). Pomiary maksymalnych naprężeń ścinających wykonywano przy użyciu testera skrzydełkowego Vane H-60 firmy Geonor o zakresie pomiarowym 0-260 kPa i dokładności 2 kPa.

Badania trakcyjne obejmowały pomiar wartości siły uciągu, momentu obrotowego oraz drogi rzeczywistej i teoretycznej badanego koła. Wyznaczenie tych wartości odbywało się z wykorzystaniem specjalistycznego urządzenia do badań trakcyjnych. Siła uciągu mierzo-

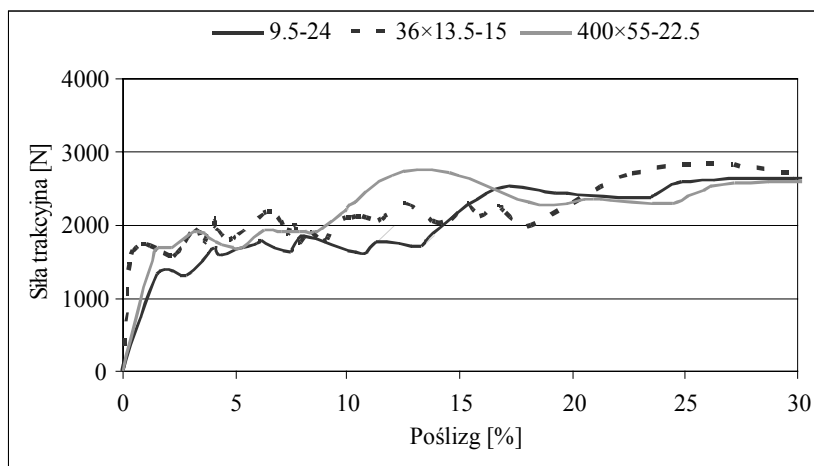
na była z wykorzystaniem siłomierza indukcyjnego, moment obrotowy – za pośrednictwem momentomierza. Wartości poślizgu obliczano na podstawie zmierzonych kątów obrotu kół (badanego oraz służącego do określania drogi rzeczywistej). Kąty obrotu kół mierzono z wykorzystaniem czujników potencjometrycznych. Wszystkie dane przesyłane były do elektronicznego urządzenia rejestrującego połączonego z komputerem. Wartość siły trakcyjnej obliczana była na podstawie wartości zmierzonego momentu obrotowego i wyznaczonych wartości promieni dynamicznych kół. Sprawność trakcyjną wyznaczano w oparciu o wartości siły uciążu, momentu obrotowego, promienia kół i poślizgu. Wszystkie pomiary wykonywano w pięciu powtórzeniach.

## Wyniki badań i ich analiza

Badania przeprowadzono na drodze gruntowej o wilgotności 4% i zwięzłości 3,55 MPa. Wartości maksymalnych naprężeń ścinających kształtowały się na poziomie 110 kPa.

Na rysunku 1 przedstawiono przebiegi sił trakcyjnych opon 9.5-24, 36×13.5-15 i 400×55-22.5 w funkcji poślizgu dla obciążenia pionowego koła równego 3000 N.

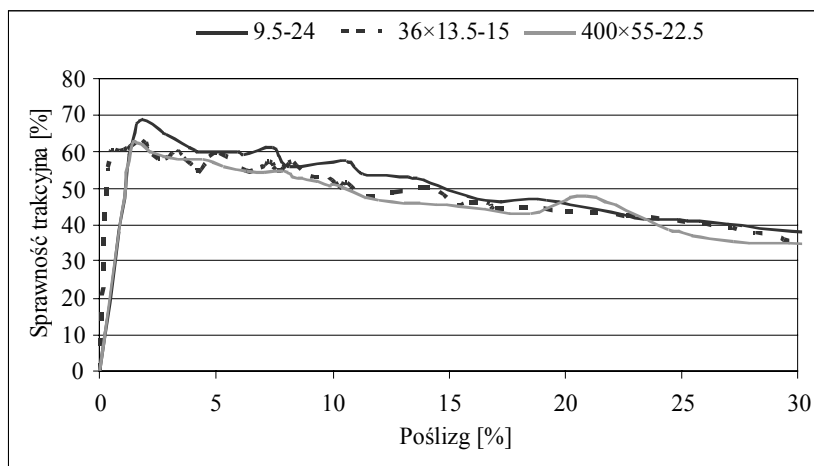
Analizując przebieg przedstawiony na rysunku 1 stwierdzić można, że przy poślizgach 0-15% niższymi wartościami siły trakcyjnej charakteryzowała się opona 9.5-24; w przypadku tej opony stwierdzono najmniejszy przyrost siły trakcyjnej przy najmniejszych wartościach poślizgu (0-2%). Opony 36×13.5-15 i 400×55-22.5 przy poślizgach 0-10% odznaczały się zbliżonym przebiegiem zmian siły trakcyjnej, przy czym opona 36×13.5-15 charakteryzowała się większym przyrostem siły przy mniejszych wartościach poślizgu.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Przebiegi sił trakcyjnych badanych opon w funkcji poślizgu, przy obciążeniu 3000 N  
 Fig. 1. Courses of traction forces of the researched tyres as the function of sliding at load of 3000 N

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi sprawności trakcyjnej w funkcji poślizgu przy obciążeniu równym 3000 N.



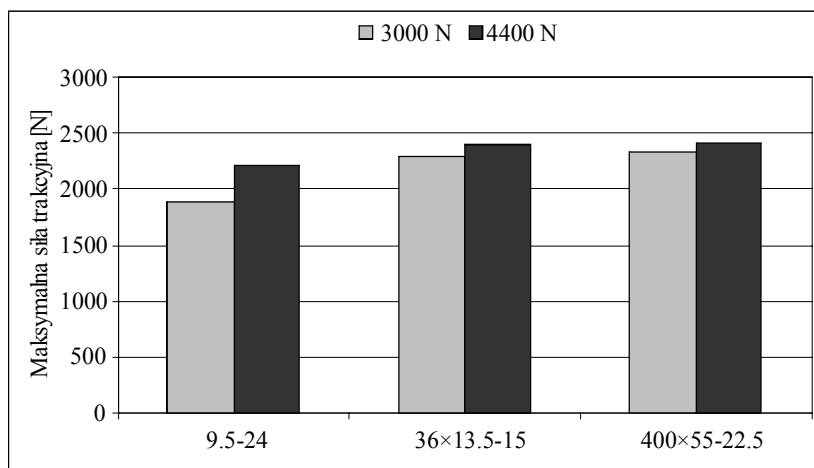
Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Przebiegi sprawności trakcyjnych badanych opon w funkcji poślizgu, przy obciążeniu 3000 N

Fig. 2. Courses of traction efficiency of the researched tyres as the function of sliding at load of 3000 N

Z przedstawionych przebiegów wynika, że opona 9.5-24 odznaczała się odmiennym charakterem zmian rozpatrywanego parametru w funkcji poślizgu niż dwie pozostałe opony. W zakresie poślizgu 0-1,5% odznacza się przyrostem zbliżonym do opony 400×55-22.5, po przekroczeniu poślizgu 1,5% zauważyć można, że wartości sprawności tej opony są wyższe niż dwóch pozostałych opon. Sytuacja ta, podobnie jak w przypadku siły trakcyjnej, może mieć związek z odmienną konstrukcją opony 9.5-24. Opona ta posiadała najmniejszą szerokość, przypuszczać można zatem, że opór jej przetaczania był mniejszy niż opon 36×13.5-15 i 400×55-22.5.

Na rysunku 3 przedstawiono maksymalne wartości sił trakcyjnych uzyskane przez badane opony przy poślizgu w granicach 0-15%, przy obu poziomach obciążenia koła. Najniższe wartości sił trakcyjnych niezależnie od wielkości zastosowanego obciążenia na badanej drodze uzyskiwała opona 9.5-24. Sytuacja taka może mieć związek z różną konstrukcją badanych opon; opony 400×55-22.5 i 36×13.5-15 odznaczały się powierzchniowym oddziaływaniem, natomiast opona 9.5-24 z racji rzadko rozmieszczonych występow bieżnika charakteryzowała się zagłębianiem w podłoże. Należy podkreślić, że badania były prowadzone na drodze gruntowej nieulepszonej utworzonej na podłożu przepuszczalnym, która przy niskiej wilgotności zachowuje się jak droga o nawierzchni utwardzonej. W takich warunkach wgłębne oddziaływanie występow bieżnika było w pewien sposób ograniczone, co tłumaczyć może mniejsze wartości sił trakcyjnych uzyskiwane przez oponę 9.5-24.



Źródło: opracowanie własne

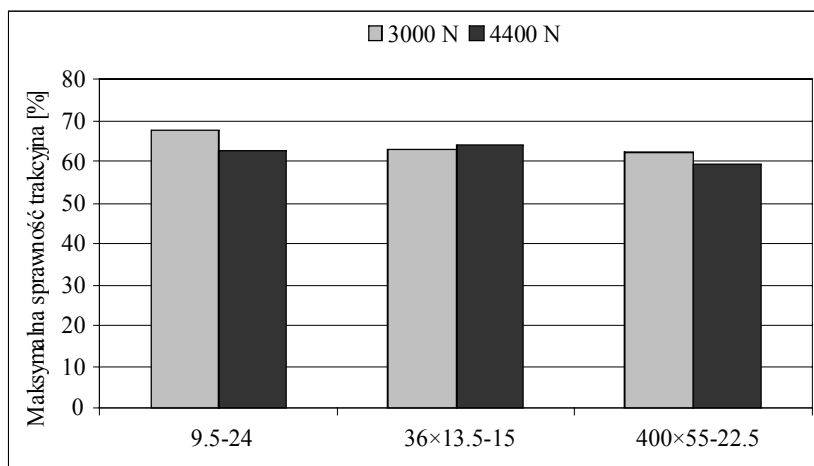
Rys. 3. Wartości maksymalnych sił trakcyjnych wyznaczonych przy poślizgu z zakresu 0-15%, dla dwóch obciążeń prostopadłych koła – 3000 N i 4400 N  
 Fig. 3. Values of the maximum traction forces determined at sliding from the range of 0-15% for two perpendicular loads of a wheel – 3000 N and 4400 N

Na rysunku 4 przedstawiono maksymalne wartości sprawności trakcyjnych wyznaczone dla badanych opon przy dwóch różnych obciążeniach koła. Analizując poniższy diagram można zauważyć, że maksymalne sprawności wszystkich badanych opon kształtowały się na poziomie 60-68%. Zwiększenie obciążenia w przypadku opon 9.5-24 oraz 400x55-22.5 przyczyniło się do niewielkiego spadku sprawności. W przypadku opony 36x13.5-15 zaobserwowano minimalny wzrost sprawności trakcyjnej na skutek dociążenia.

Na rysunku 5 zaprezentowano wartości współczynników przyczepności obliczonych dla badanych opon przy dwóch wariantach obciążenia pionowego koła.

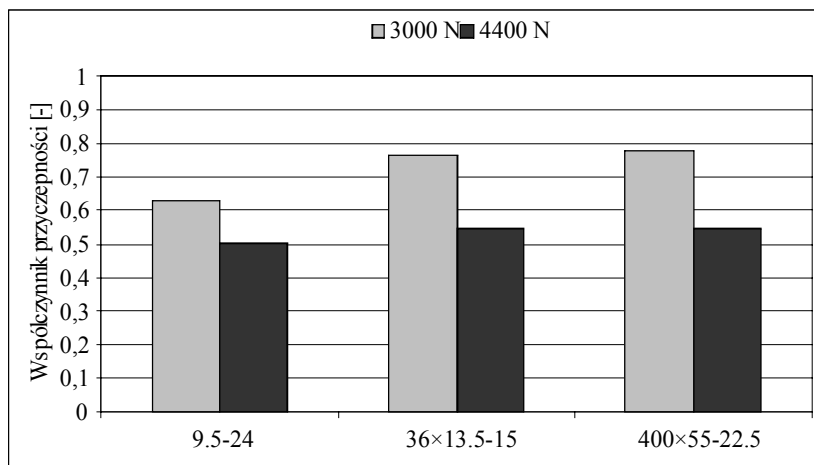
Analizując dane przedstawione na rysunku 5, zauważyć można, że przy obciążeniu równym 3000 N w przypadku opon 36x13.5-15 oraz 400x55-22.5 wartości analizowanego parametru kształtowały się na poziomie 0,77, natomiast najmniejszą przyczepnością (współczynnik równy 0,63) charakteryzowała się opona 9.5-24. Rozbieżność w uzyskanych wynikach jest skutkiem różnych wymiarów opon oraz odmiennej rzeźby ich bieżników. Dociążenie analizowanych opon przejawiało się spadkiem wartości współczynników przyczepności o 20% w przypadku opony 9.5-24 i o 30% dla pozostałych opon.

Na rysunku 6 i 7 przedstawiono przebiegi sił oraz sprawności trakcyjnych opon o odmiennych konstrukcjach: diagonalnej i radialnej, o zbliżonych wymiarach zewnętrznych.



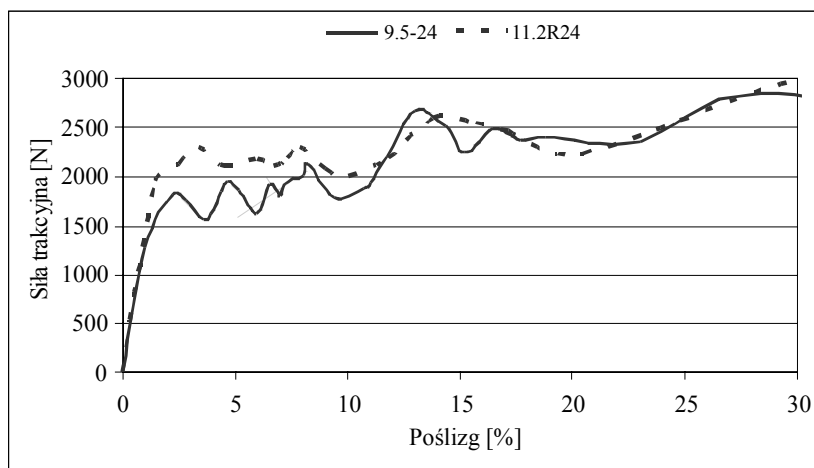
Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Wartości maksymalnych sprawności trakcyjnych wyznaczonych dla badanych opon, przy dwóch obciążeniu prostopadłym koła 3000 N i 4400 N  
Fig. 4. Values of the maximum traction efficiencies determined for the researched tyres for two perpendicular loads of a wheel 3000 N and 4400 N



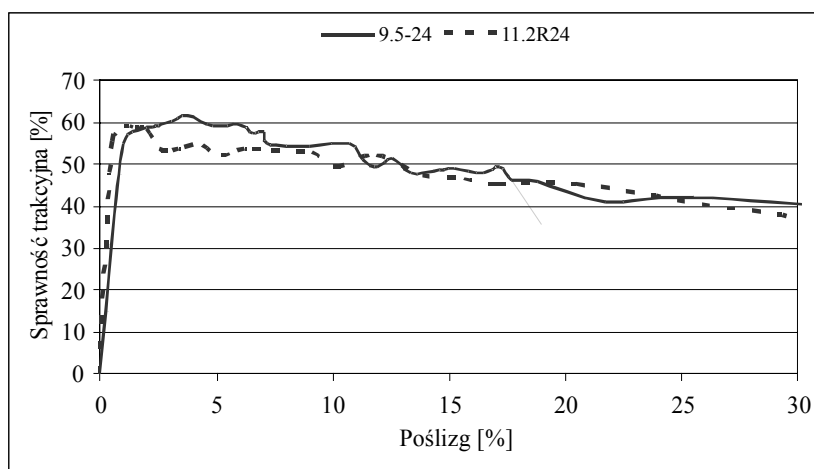
Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Maksymalne wartości współczynników przyczepności badanych opon, przy poślizgu z zakresu 0-15% dla dwóch obciążeń pionowych koła  
Fig. 5. Maximum values of adhesion coefficients of the researched tyres at sliding within the range of 0-15% for two vertical loads of a wheel



Źródło: opracowanie własne

Rys. 6. Przebiegi sił trakcyjnych opony radialnej i diagonalnej w funkcji poślizgu, przy obciążeniu 4400 N  
Fig. 6. Courses of traction forces of a radial and a diagonal tyre as the function of sliding at load of 4400 N



Źródło: opracowanie własne

Rys. 7. Przebiegi sprawności trakcyjnych opony radialnej i diagonalnej w funkcji poślizgu, przy obciążeniu 4400 N  
Fig. 7. Courses of traction efficiencies of a radial and a diagonal tyre as the function of sliding at load of 4400 N



Analiza przebiegów przedstawionych na rysunku 6 pozwala stwierdzić, że przy poślizgach 0-10% opona radialna osiągała o 15% wyższe wartości sił trakcyjnych. Przy wyższych wartościach poślizgu (11-30%) siły trakcyjne opony radialnej i diagonalnej były porównywalne. Z analizy rysunku 7 wynika, że opona diagonalna na badanej drodze charakteryzowała się nieznacznie wyższymi wartościami sprawności przy poślizgu z zakresu 2-12%. Przy większym poślizgu nie stwierdzono różnic w sprawnościach analizowanych opon. Maksymalne wartości sprawności (w granicach 60%) obie opony uzyskały przy poślizgu mniejszym niż 5%. Dalszy wzrost poślizgu skutkował spadkiem sprawności do 40% przy poślizgu na poziomie 30%. Różnice w wartościach sił i sprawności trakcyjnych uzyskiwanych przez badane opony spowodowane mogą być ich odmienną konstrukcją i w konsekwencji różną charakterystyką współpracy z podłożem. Opona diagonalna (9.5-24), z racji większej sztywności barków, cechowała się mniejszym ugięciem niż opona radialna (11.2R24). Opona radialna odznaczała się bardziej powierzchniowym oddziaływaniem na podłoże, lecz większym oporem przetaczania, dlatego też uzyskiwała wyższe wartości siły uciągu, lecz niższą sprawność trakcyjną.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Korzystano z pakietu Statistica 9.0. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 2. Rzeźba bieżnika, konstrukcja badanych opon oraz obciążenie pionowe koła miały istotny wpływ na maksymalne wartości sił trakcyjnych uzyskiwanych przy poślizgu z zakresu 0-15% oraz na maksymalne wartości sprawności trakcyjnych.

Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej

Table 2. Statistic analysis results

Czynnik		Wartości p	
		Siła trakcyjna	Sprawność trakcyjna
Opona	Rzeźba bieżnika	0,000001	0,000247
	Konstrukcja	0,031970	0,012534
Obciążenie pionowe		0,000041	0,004047

Źródło: opracowanie własne

## Wnioski

1. Opony o większej szerokości (36×13.5-15 i 400×55-22.5) w porównaniu do opony najwęższej (9.5-24) odznaczały się wyższymi wartościami siły trakcyjnej, lecz mniejszą sprawnością trakcyjną. Przypuszczalnie ma to związek z większą powierzchnią kontaktu szerokich opon z podłożem oraz ich większym oporem przetaczania.
2. Zwiększenie obciążenia pionowego badanych kół skutkowało wzrostem siły trakcyjnej (przy poślizgach 0-15%) wszystkich badanych opon, przy czym największy wzrost dotyczył opony 9.5-24.
3. Opony 9.5-24 i 400×55-22.5 cechowały się spadkiem maksymalnej sprawności trakcyjnej na skutek zwiększenia obciążenia pionowego koła. W przypadku opony 36×13.5-15 stwierdzono minimalny wzrost wartości rozpatrywanego parametru.

4. Wszystkie badane opony charakteryzowały się spadkiem współczynnika przyczepności na skutek zwiększania obciążenia pionowego. Najmniejszy spadek stwierdzono w przypadku opony 9.5-24.
5. Opona radialna (11.2R24) przy poślizgach nieprzekraczających 15% odznaczała się większymi wartościami siły trakcyjnej, lecz mniejszą sprawnością trakcyjną w porównaniu do opony 9.5-24. Sytuacja taka może mieć związek z większą odkształcalnością tej opony, a w konsekwencji większą powierzchnią kontaktu z podłożem i zwiększonym oporem przetaczania.

## Bibliografia

- Altunel A., Hoop C.** (1998): The Effect of Lowered Tire Pressure on a Log Truck Driver. *Forest Engineering*, Vol. 9, No.2.
- Białczyk W., Cudzik A., Czarnecki J., Pieczarka K.** (2010): Ocena trakcyjności układu koło napędowe – podłoże leśne w aspekcie zmian poślizgu kół. *Inżynieria Rolnicza*, 1(119), 31-38.
- Czarnecki J., Cudzik A., Pieczarka K., Białczyk W.** (2005): Właściwości trakcyjne opon na drogach leśnych. *Inżynieria Rolnicza*, 3(63), 55-62.
- Białczyk W., Pieczarka K., Czarnecki J.**, (2002): Wstępna ocena właściwości trakcyjnych opon na glebach leśnych. *Inżynieria Rolnicza*, 5(38), 161-169.
- Błaszkiwicz Z.** (1998): Badania rozkładu oporu penetracji gleby lekkiej powodowanego oponami ciągników rolniczych. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, 6, 1, 5-14.
- Błaszkiwicz Z.** (2000): Badania wpływu krotkości przejazdów kół standardowych i kół podwójnych wybranych ciągników na zagęszczenie gleby lekkiej w warstwie ornej oraz w podglebiu. *Maszyna-Gleba-Roślina*, Wrocław, ISBN 83-87196-09-6, 33-37.
- Dawidowski B.** (2000): Wpływ wybranych warunków ugniatania gleby średniej na poziom jej zagęszczenia. *Inżynieria Rolnicza*, 6(17), 193-196.
- Gerdsen G.** (1997): The effect of filling forest tyres with water. *Forsttechnische Informationen*, (9), 103-106.
- Kormanek M., Walczykova M.** (2005): Characteristics of horizontal deformation of some forest soils. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Forestry*, Vol. 8, Issue 4.
- Soltyński A.** (1966): *Mechanika układu pojazd-teren*. Wydawnictwo Ministra Obrony Narodowej, Warszawa. Maszynopis.
- Tobisch R.** (2001): Less pressure is better: lower pressure inside the tyre increases the power of forestry machinery and reduced soil compaction. *Forsttechnische Informationen*, 1, 5-7.
- Vechinski C., Johnson C., Raper R., MacDonald T.** (1999): Forestry tire tractive performance; new, worn, and witch chains. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(4), 263-266.
- Walczyk M.** (1987): Niektóre problemy uprawy i ugniatania gleby w świetle badań światowych. *Maszyny i ciągniki rolnicze*, 7, 3-5.
- Walczyk M.** (1995): Wybrane techniczne i technologiczne aspekty ugniatania gleb rolniczych agregatami ciągnikowymi. *Rozprawa. Akademia Rolnicza Kraków*, 202, Maszynopis.

## **ASSESSMENT OF TRACTION PROPERTIES OF A TRACTOR EQUIPPED WITH DIFFERENT TYPES OF TYRES**

**Abstract.** The study presents the research results concerning traction properties of tyres on a forest track. The purpose of the work was to assess four tyres differing with the structure, tread and geometric dimensions. For the selected tyres, traction properties research was carried out with the use of a specialist stand for traction research in field conditions. The accepted tyres were assessed in relation to traction forces, traction efficiency and adhesion coefficient which they obtained. The research proved that both the structure as well as outer dimensions influence the values of the analysed parameters. Higher values of traction forces were obtained for tyres of greater width. Maximum values of traction efficiency of the researched tyres were on the level 60-80%. The influence of vertical load of a wheel on the values of traction forces and adhesion coefficient was reported.

**Key words:** tyres, traction force, traction efficiency, load, adhesion coefficient

**Adres do korespondencji:**

Anna Cudzik: e-mail: [anna.cudzik@up.wroc.pl](mailto:anna.cudzik@up.wroc.pl)  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
ul. Chelmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław