

# OBCIĄŻENIE DRÓG LEŚNYCH WYNIKAJĄCE Z TRANSPORTU SUROWCA DRZEWNEGO

Streszczenie

Określenie charakterystyki obciążenia drogi wiąże się z analizą ilościową i jakościową poruszających się po niej pojazdów. Celem pracy było określenie rzeczywistych obciążeń powstałych na osiach zestawu przy transporcie drewna. W pracy przedstawiono wyniki analizy parametrów zestawów do wywozu drewna: masy całkowitej zestawu (GVW), obciążenia poszczególnych osi, jednostkowych ładunków mas drewna. Badania przeprowadzono na 230 samochodach transportujących drewno wielkowymiarowe WC0 i średniowymiarowe S2 w zestawach wywozowych pięciosiowych i sześćsiowych. Samochody jednorazowo przewoziły ładunki drewna o wielkości od 20,1 do 43,4 m<sup>3</sup>. Samochody transportujące drewno sosnowe miały masę całkowitą zestawu GVW na poziomie 42,3-60,2 Mg (WC0) oraz 39,7-58,5 Mg (S2). Średnie naciski na poszczególnych osiach zestawu pięciosiowego z S2 wynosiły 72-106 kN oraz 83-119 kN dla WC0, a w zestawach sześćsiowych 73-93 kN dla samochodów z S2 i 83-106 kN dla samochodów z WC0.

## Wstęp

Wagę problemu zorganizowania prawidłowego transportu leśnego, a przede wszystkim odpowiedniej sieci drogowej podkreślano już od końca XIX wieku [4, 17].

Koszty, jakie ponosi gospodarstwo leśne na budowę i utrzymanie sieci dróg, stanowią znaczący udział. Niejednokrotnie, przy uwzględnieniu wszystkich kosztów pozyskania drewna, są to największe koszty funkcjonowania gospodarstwa leśnego [15, 16]. Z wielu czynników mających wpływ na rozwiązania elementów konstrukcji nawierzchni największe znaczenie mają warunki podłoża drogowego (gruntowo-wodne) i obciążenie drogi wynikające z ruchu pojazdów określone obciążeniem standardowym lub osi równoważnej. Pojazdy o większej liczbie równoważnej osi standardowych charakteryzują się zwiększonym (bardziej agresywnym) oddziaływaniem na nawierzchnię [7]. Określeniem natężenia ruchu i struktury wynikającej z celu jazdy i typów pojazdów na drogach leśnych zajmowało się wielu badaczy [10, 11]. Autorzy Dobre [3] i Trzciniński [18] wykazują znaczący 30-58% udział pojazdów stosowanych do wywozu drewna w ruchu pojazdów po drogach w leśnej sieci komunikacyjnej nadleśnictwa.

Optymalizacją transportu drewna i wynikającej z tego masy całkowitej zestawu wywozowego GVW (*gross vehicle weight*) zajmowali się między innymi McDonnella [9], Hamsley [6], Devlin i McDonnell [2]. Przeładowanie samochodów transportowych ponad dopuszczalną masę całkowitą (DMC) ma wpływ na nawierzchnię drogi leśnej i przyspieszoną jej degradację, prowadzącą do braku możliwości realizacji sprawnego transportu drewna [1, 5, 8, 13].

Transport drewna realizowany jest z wykorzystaniem samochodów zakwalifikowanych do grupy N3 (VI-X) zgodnie z PN-89/S-02006 [14], które wraz z przyczepą (naczepą) osiągają DMC 40-42 Mg.

Celem pracy było zbadanie rzeczywistych obciążeń drogi leśnej powstałych od pojazdów do wywozu drewna, wynikających z masy całkowitej zestawu wywozowego (GVW) z jednoczesnym określeniem rozkładu nacisków na osie pojazdu.

## Materiały i metody

Badania przeprowadzono u znaczącego odbiorcy drewna przyjmującego dziennie ok. 800-1000 m<sup>3</sup> surowca wielko-

wymiarowego sosnowego (WC0) i u nabywcy odbierającego ok. 2000-4000 m<sup>3</sup> surowca średniowymiarowego (S2) różnych gatunków przywożonych samochodami wysokotonazowymi.

Na terenie odbiorcy drewna, za pomocą wagi stacjonarnej, dokonywano pomiarów masy samochodów transportowych z ładunkiem (GVW) oraz pustego zestawu po rozładunku. Ilość transportowanego drewna w m<sup>3</sup> określano na podstawie kwitu wystawionego przez sprzedającego (nadleśnictwo) z jednoczesną weryfikacją przez brakarza odbiorcy. Pomiar nacisku na poszczególnej osi zestawu wysokotonazowego dokonano przy wykorzystaniu przenośnej platformowej wagi drogowej, gdzie ważono poszczególne osie kół samochodu i przyczepy.

Opracowanie statystyczne wyników wykonano testem *Anova* i *Multiple Range Tests*. Sprawdzano hipotezę, czy różnice w wynikach masy całkowitej zestawu wywozowego z ładunkiem (GVW) i ilość drewna przewożonego przez poszczególne typy samochodów oraz wartość nacisków na daną oś zestawu są statystycznie istotne.

## Wyniki

### Charakterystyka zestawów wywozowych do drewna wielkowymiarowego i średniowymiarowego

W czasie badań drewno dostarczały samochody marki: Mercedes, Man, Iveco, Scania, Volvo, Steyer, Daf, Sisu różnych modeli. Podczas czterodniowych badań łącznie przebadano 140 pojazdów przystosowanych do wywozu wielkowymiarowego drewna sosnowego, które dostarczyły 4253 m<sup>3</sup> drewna WC0. W czasie badań u odbiorcy drewna średniowymiarowego zważono 90 pojazdów, które dostarczyły 3172 m<sup>3</sup> S2 gatunków sosny, brzozy, świerka i olchy. Drewno WC0 dostarczały zestawy transportowe składające się z samochodu trzyosiowego, na którym było zamontowane urządzenie załadowcze, i przyczepy z regulacją lub bez regulacji długości, naczepy, wózka - przyczepy samosterujące. Drewno S2 w większości dostarczane było zestawem składającym się z samochodu trzyosiowego (z urządzeniem załadowczym) i przyczepy (dwuosiowej lub trzyosiowej) do drewna średniowymiarowego, ale również samochodem dwuosiowym (ciągnikiem siodłowym) i naczepą uniwersalną z rozsuwanymi ławami kłonicowymi lub naczepą-platformą.

Średnia masa pustych zestawów wywozowych stosowanych do wywozu drewna wielkowymiarowego (WC0) wyno-

siła 20,0 Mg z zakresem obserwowanych wyników od 17,1 do 23,2 Mg. Masa samochodu i przyczepy do drewna średniowymiarowego (S2) wynosiła średnio 19,8 Mg, wartość minimalna 14,5 Mg, wartość maksymalna 23,0 Mg. Można wnioskować, że średnia masa własna 20,0 Mg pustego zestawu wywozowego dla drewna WC0 i 19,8 Mg dla zestawów woźących S2 nie różnią się statystycznie, a jednocześnie przy tak dużych wartościach ograniczają możliwą masę ładunku transportowanego.

### Miąższość ładunku drewna w pojedynczym transporcie

Zestawy wywozowe przewoziły jednorazowo ładunki od minimalnego 20,1 m<sup>3</sup> drewna WC0 do maksymalnego 43,4 m<sup>3</sup> drewna świerkowego S2. Zróżnicowanie miąższości drewna WC0 oraz S2 sosnowego i brzoźowego w pojedynczym ładunku jest duże i wynosi od 17,4 m<sup>3</sup> do 18,3 m<sup>3</sup>, a dla średniowymiarowego świerkowego wynosi 9,5 m<sup>3</sup>. Otrzymano średnie wartości ładunków na poziomie 30,6 m<sup>3</sup> dla drewna wielkowiedniowego, a dla drewna średniowymiarowego w zależności od gatunku: 35,1 m<sup>3</sup> dla sosny, 33,8 m<sup>3</sup> dla brzozy i olchy oraz 38,9 m<sup>3</sup> dla świerka (tab.).

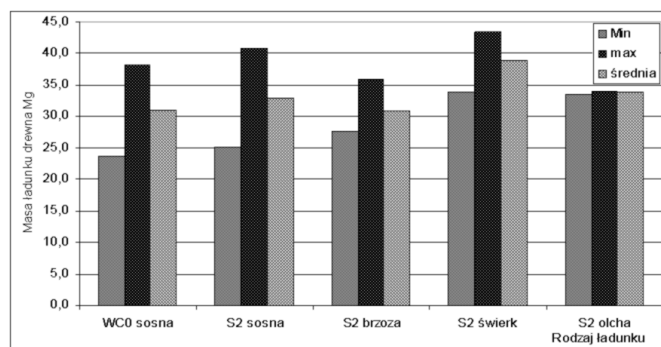
Tab. Miąższość ładunku transportowanego drewna według sortymentów i gatunku drewna

Table. Capacity loads of transported timber by assortments and species

Rodzaj ładunku	Miąższość ładunku drewna m <sup>3</sup>		
	min	maks.	średnia
WC0 sosna	20,1	37,5	30,6
S2 sosna	31,0	39,2	35,1
S2 brzoza	30,6	38,6	33,8
S2 świerk	33,9	43,4	38,9
S2 olcha	33,6	34,0	33,8

### Masa pojedynczego ładunku

Transport drewna o miąższości 20-43 m<sup>3</sup> wiązał się z przewożeniem masy pojedynczego ładunku w zakresie od 20,3 Mg (sosnowe WC0) do 38,1 Mg dla S2 sosnowego. Średnia masa ładunku dla wszystkich samochodów i gatunków drewna przekraczała 30,0 Mg i wynosiła od 30,8 do 32,9 Mg odpowiednio dla ładunku S2 drewna brzoźowego i świerkowego. Minimalne masy pojedynczego ładunku dla większości sortymentów przekraczały 23,5 Mg z największą wartością 28,1 Mg dla S2 brzozy (rys. 1). Maksymalną masę ładunku 40,9 Mg (pojedynczy wynik) otrzymano dla drewna sosnowego



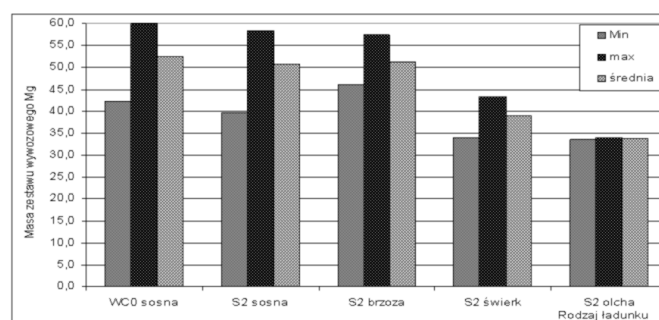
Rys. 1. Masa transportowanego drewna według asortymentów i gatunku drewna

Fig. 1. Characteristic of single timber loads transported by haulage sets by assortments and species

wielkowiedniowego, a dla pozostałych ładunków na poziomie 36,0-38,1 Mg. Mając określoną masę ładunku (Mg) oraz odpowiadającą mu miąższość (m<sup>3</sup>) obliczono masę jednego metra sześciennego transportowanego ładunku dla poszczególnych sortymentów i gatunków. W badaniach otrzymano średnie wartości dla ładunków drewna: WC0 sosny - 1,065 Mg m<sup>-3</sup>, S2 sosny - 0,885 Mg m<sup>-3</sup>, S2 świerka - 0,839 Mg m<sup>-3</sup> i S2 brzozy 0,911 Mg m<sup>-3</sup>. Największe zróżnicowanie wyników, wynoszące 0,450 Mg m<sup>-3</sup>, otrzymano dla ładunków WC0 oraz wynoszące 0,404 Mg m<sup>-3</sup> dla ładunków S2 drewna świerkowego. Pozostałe ładunki charakteryzowały się rozpiętością wyników wynoszącą 0,265 Mg m<sup>-3</sup> dla sortymentu S2 drewna brzoźowego i 0,359 Mg m<sup>-3</sup> dla sortymentu S2 drewna sosnowego.

### GVW - masy całkowite zestawów wywozowych

Zestawy wywozowe z drewnem sosnowym WC0 miały minimalną wartość GVW wynoszącą 42,3 Mg i maksymalną wartość 60,1 Mg. Samochody dostarczające drewno średniowymiarowe S2 różnych gatunków charakteryzowały się masą całkowitą na poziomie 39,7-58,5 Mg (rys. 2). Najmniejszą średnią masę 49,9 Mg całkowitą zestawów wywozowych z drewnem otrzymano dla transportów S2 olchy, a maksymalną 52,6 Mg przy przewożeniu drewna wielkowiedniowego sosnowego. Średnie masy całkowite GVW były bardzo zbliżone dla wszystkich zestawów. Fakt ten potwierdziła analiza wariancji i test *post-hoc*, wykazując różnice masy całkowitej zestawu GVW tylko między drewnem sosnowym WC0 oraz S2.

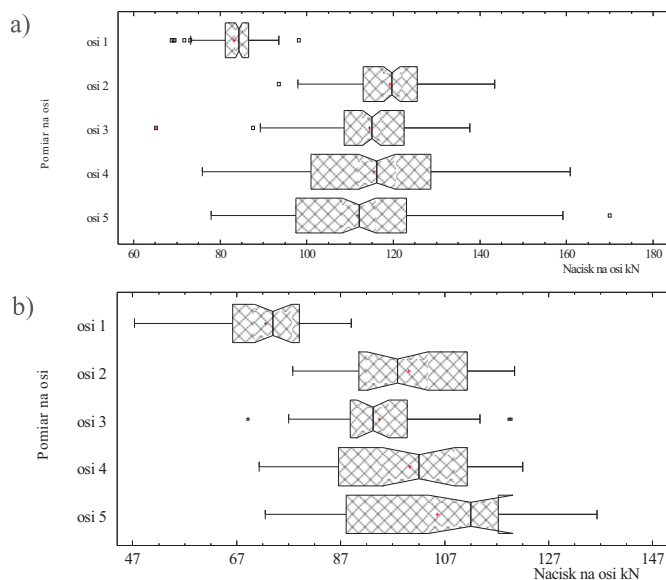


Rys. 2. Otrzymane wartości GVW zestawów wysokotonazowych według sortymentów i gatunku drewna

Fig. 2. GVW of high-tonnage sets by assortments and species

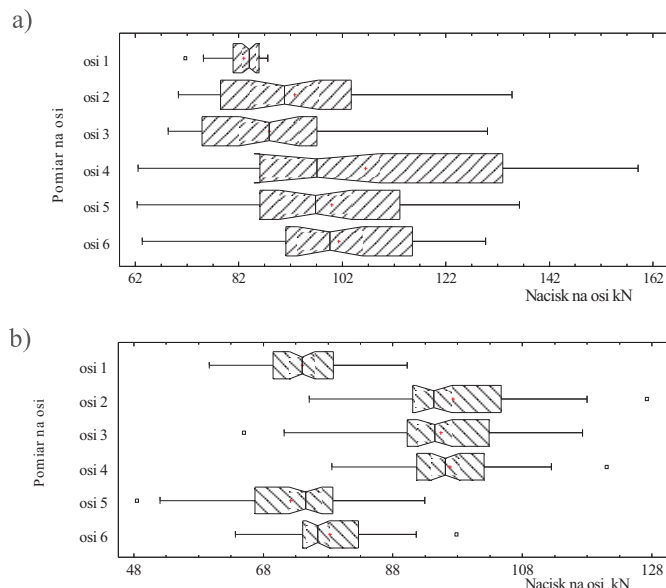
### Naciski na poszczególne osie zestawu wywozowego

Otrzymano średni nacisk dla osi pierwszej 72 kN (zakres od 40 do 81 kN) zestawu pięcioosiowego przystosowanego do transportu drewna S2, a dla pozostałych osi (od drugiej do piątej) średnie wyniki są bardzo zbliżone i wynoszą od 94 do 106 kN, a zakres obserwowanych wartości wynosił od 69 do 136 kN (rys. 3a). Samochody do WC0 przy przewożonej mniejszej średniej masie drewna (30,6 m<sup>3</sup>) i zbliżonej masie pustego zestawu do drewna średniowymiarowego powodują znacząco większe naciski na osie ze średnią dla osi pierwszej od 83,2 do 119,3 kN dla osi drugiej zestawu (rys. 3b). Zakres nacisków poszczególnych osi wynosi od 65,2 kN dla osi trzeciej do 160,9 kN dla osi piątej. W zestawie sześciosiowym przystosowanym do transportu drewna S2 najbardziej obciążone są osie druga i trzecia samochodu od 75 do 127 kN i oś pierwsza przyczepy (czwarta w zestawie) od 79 do 121 kN ze średnimi wartościami w granicach 72,8-96,8 kN (rys. 4a). Zestawy wywozowe sześciosiowe z drewnem WC0 wywierały większe naciski na osie od 62,5 kN (dla osi 4-6) do 159,1 kN dla osi czwartej przy średnich wartościach od 83,0 do 106,5 kN (rys. 4b).



Rys. 3. Obciążenie pojedynczej osi zestawu wywozowego pięcioosiowego stosowanego: a) do drewna S2, b) do drewna WC0

Fig. 3. Single axle load in five-axle transportation set: a) for S2 timber, b) for WC0 timber



Rys. 4. Obciążenie pojedynczej osi zestawu wywozowego sześćoosiowego stosowanego: a) do drewna S2, b) do drewna WC0

Fig. 4. Single axle load in six-axle transportation set: a) for S2 timber, b) for WC0 timber

## Dyskusja i wnioski

Przyjmując zgodnie z przepisami (Rozporządzenie Ministra Transportu Dz.U. 2003 r. nr 32 poz. 262) DMC 40 Mg, zestawy wywozowe z drewnem powinny znacznie ograniczyć GVW średnio o 9,9-12,6 Mg. Jest to sytuacja dotycząca transportu drewna obserwowana także w innych krajach [2, 6, 9, 13]. Osiągnąć to można przez zmniejszenie masy własnej zestawu wywozowego lub masy ładunku drewna. W badaniach otrzymano znaczne wartości masy własnej zestawu, średnio 20 Mg, i są one znacznie większe od wyników otrzymanych przez Hamsley'a i in. (13,83-15,21 Mg [6]). Wynika to z konstrukcji samochodu i przyczepy oraz zamontowania żurawia hydraulicznego do załadunku drewna. Przy bardzo zbliżo-

nych, a czasami takich samych ładunkach drewna, na przykład w zakresie 30-31 m<sup>3</sup> otrzymywano wyniki wagi całkowitej zestawu wywozowego różniące się od 6,0 do 8,0 Mg. Duże zróżnicowanie masy ładunku drewna sosnowego sortymentu WC0 wynoszące 0,450 Mg m<sup>-3</sup> i drewna świerkowego sortymentu S2 wynoszące 0,404 Mg m<sup>-3</sup> oraz brak możliwości (lub jego bardzo trudna realizacja) określenia masy drewna przeznaczonego do transportu bezpośrednio w lesie jest jedną z wielu przyczyn przeładowywania samochodów wywozowych. Dopuszczalny ładunek drewna zapewniający maksymalne GVW wynoszące 40 Mg przy średniej masie 20 Mg pustego zestawu wywozowego, wynosi dla drewna wielkowymiarowego sosnowego WC0 średnio 19 m<sup>3</sup>, a dla średniowymiarowego S2 22-24 m<sup>3</sup>, w zależności od gatunku drewna. Oznacza to, że przy stwierdzonych średnich ładunkach 30-38 m<sup>3</sup> drewna redukcja ładunku do 20-24 m<sup>3</sup> skutkować będzie zwiększeniem liczby transportów o 50%. Wiązać się to będzie z większą liczbą samochodów wysokotonazowych na drogach leśnych i publicznych, jak i zwiększoną liczbą odprawianych przez leśniczych, a przez odbiorców odbieranych transportów drewna.

Otrzymane średnie naciski osi na poziomie 73-106 kN w zestawie sześćoosiowym i 72-119 kN w konfiguracji 3 + 2 osie mogą przyczynić się do uszkodzeń nawierzchni dróg leśnych [8]. Drogi leśne o nawierzchniach gruntowych, nawet przy małym natężeniu ruchu (1-3 pojazdy na dobę), ale o dużych naciskach osi samochodów wysokotonazowych na nawierzchnię, ulegają przyspieszonym uszkodzeniom. Przy tak dużych naciskach, powyżej 80 kN, zestawy wywozowe są równoważne większej liczbie osi standardowych, a przez to bardziej agresywnie oddziałują na nawierzchnię drogi [7].

Ograniczona nośność nawierzchni dróg leśnych w różnych warunkach glebowo-siedliskowych i tendencja do zwiększania jednorazowego ładunku drewna wskazują na konieczność poszukiwania rozwiązań mających na celu ograniczenia obciążeń jednostkowych osi pojazdu [8, 12, 19]. Powinny to być wspólne działania zapewniające realizację interesów nadleśnictwa, przewoźnika oraz odbiorcy. Przemawiają za tym następujące argumenty:

- wykonanie nawierzchni pochłania największą część (ok. 50-70%) funduszy nadleśnictwa przeznaczonych na inwestycje drogowe,
- kary administracyjne dla przewoźnika za przeciążenie osi są bardzo wysokie i ponosi on przez to zwiększone koszty eksploatacji pojazdu,
- odbiorca ponosi koszty za dostarczenie drewna i musi zapewnić logistykę odbioru drewna.

## Literatura

- [1] Burke D.F.: Transportation Logistics of Timber both within Forests and on Non-national Roads. MEng. Sc. Thesis. National University of Ireland, Dublin, 1995.
- [2] Devlin G., McDonnell: Assessing real time GPS asset tracking for timber haulage. Transportation Journal, 2009, nr 3: 78-86.
- [3] Dobre A.: Traffic loading of forest roads, resulting from forest management. Zbornik Gozdarstva in Lesarstva, 1992, nr 39.
- [4] Fernow B. E.: The forester, an engineer. Journal of the Western Society of Engineers, 1901, VI(5): 402-420.
- [5] Hajek, J. J.: General Axle Load Equivalency Factors, Transportation Research Record, 1482. Ministry of Transportation, Ontario, Canada, 1993.
- [6] Hamsley A.K. i in.: Improving Timber Trucking Performance by Reducing Variability of Log Truck Weights. Center for Forest Business. Warnell School of



- Forestry & Natural Resources University of Georgia, 2005, Research Note # 20.
- [7] Judycki J.: Podstawy określania współczynników równoważności obciążenia osi do projektowania nawierzchni drogowych. *Drogi i Mosty*, 2006, nr 2 : 37-74.
- [8] Martin A.M. i in.: Estimation of the serviceability of Forest Access Roads. *Journal of Forest Engineering*, 1999, nr 10 (2) : 55-61.
- [9] McDonnell K. i in.: Assessment of GPS tracking devices and associated software suitable for real time monitoring of timber haulage trucks. *Forest harvesting and transport, Gpstrack, COFORD* 2008.
- [10] Nevečerel H. i in.: Traffic load of forest road as a criterion for their categorization - GIS analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2007, nr 28 : 27-38.
- [11] Nowakowska-Moryl J.: Badanie ruchu drogowego na wybranych drogach leśnych w Nadleśnictwie Niepołomice. *Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna, Zielonka k. Poznania 31.03. -01.04. 1995.*
- [12] O'Mahony M.J. i in.: Bearing capacity of forest access roads built on peat soils. *Journal of Terramechanics*, 2000, nr 37(3) : 127-138.
- [13] O'Mahony, M.J., Owende, P.M.O.: Safe axle load limits for short-haul forestry vehicles. Department of Agricultural and Food Engineering, University College Dublin, Ireland, 1996.
- [14] PN-89/S-02006. Pojazdy samochodowe, przyczepy i naczepy - Kategorie - Symbole i określenia. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1989.
- [15] Raport 2007. Informacja o PGL Lasy Państwowe 2007. Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych, Warszawa, 2008.
- [16] Pearce J. K.: *Forest Engineering Handbook, a Guide for Logging Planning and Forest Road Engineering*, Bureau of Land Management. Oregon State Office, US Department of the Interior, 1974. Divisions 1000-800, pp. 220.
- [17] Schenck C. A.: *Forest Policy*, 2nd ed. C.F. Winter, Darmstadt, 1911, 168 p.
- [18] Trzeciński G.: Initial analysis of transport means utilisation in selected forest inspectorates. 34. Internationales Symposium Mechanisierung der Waldarbeit Stand und Entwicklung der forstlichen Verfahrenstechnik an der Wende des Jahrhunderts. Publisher SGGW, Warszawa, 2001.
- [19] Trzeciński G., Kaczmarzyk S.: Estimation of the carrying capacity of slag and gravel forest road pavements. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2006, nr 27 : 27-36.

*Praca sfinansowana została przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2008-2010.*

## **LOADING OF FOREST ROADS RESULTING FROM TIMBER TRANSPORTATION**

### *Summary*

*Determination of load acting on a road relates to quantitative and qualitative analysis of travelling vehicles. The objective of this research was to recognize the real loads felt by vehicle's axles during timber transportation. The paper presents the analysis of parameters of vehicles used in timber transport: gross vehicle weight (GVW), load on each axle and unit mass of timber cargo. The research was carried out on 230 vehicles transporting large-size (WC0) and medium-size (S2) timber in five- and six-axle vehicle sets. Single load capacity varied from 20.1 to 43.4 m<sup>3</sup> of timber. Vehicles transporting pine timber had their GVW varying from 42.3 up to 60.2 Mg (WC0) and from 39.7 to 58.5 Mg (S2). With these received high GVW values, average single load on particular axle varied from 72 to 106 kN for the S2 and from 83 to 119 kN for WC0. Smaller loads were observed in six-axle vehicle sets. Anyway values were still higher than official limits that amount 73-93 kN for S2 and 83-106 kN for Wc0.*