

GRZEGORZ TRZCIŃSKI, TADEUSZ MOSKALIK, RAFAŁ WOJTAN, ŁUKASZ TYMENDORF

Zmienność ładunków i masy całkowitej zestawów wywozowych przy transporcie drewna

Variability of loads and gross vehicle weight in timber transportation

ABSTRACT

Trzciniński G., Moskalik T., Wojtan R., Tymendorf Ł. 2017. Zmienność ładunków i masy całkowitej zestawów wywozowych przy transporcie drewna. Sylwan 161 (12): 1026-1034.

Timber hauling from the forest, either directly to the consumer or to the place of transshipment for a rail transport, is carried out by vehicles adapted to the transport of long or short logs and medium-sized wood. In Poland, regulations restrict the total weight of a vehicle traveling on roads, which consists of the weight of the empty vehicle and the weight of the load. When transporting the wood, the variability of the species, assortments, and wood moisture content does not allow for the unambiguous determination of the weight of transported timber, which often contributes to the excessive gross vehicle weight (GVW). In the conducted study, we analyzed Scots pine wood shipments (mainly short logs of length of 3.7-5.0 m) in different seasons of the year: in January (652 shipments), in March/April (1586), in July/August (1324), and in October/November (1914). GVW was calculated, based on the weight of an empty set and a weight of the load. The weight of the load was determined in two ways. In the first one it was calculated as a difference between loaded and unloaded truck. Measurements were carried out on the stationary scales. In the other method the volume of transported wood was taken from a delivery note and multiplied by the conversion rate for Scots pine, which equals 0.74 Mg/m³. The difference between both calculation methods reached 17%. It was found that in 2016 timber loads varied greatly, ranging from 41.3 to 66.9 Mg. The average GVW for the year 2016 was 50.64 Mg and it was on the similar level as in 2009 – 51.12 Mg on average, ranging from 40.06 to 64.20 Mg.

KEY WORDS

volume of timber load, GVW, weight of timber, weight of empty vehicle

ADDRESSES

Grzegorz Trzciniński ⁽¹⁾ – e-mail: grzegorz_trzcinski@sggw.pl

Tadeusz Moskalik ⁽¹⁾ – e-mail: tadeusz_moskalik@sggw.pl

Rafał Wojtan ⁽²⁾ – e-mail: rafal_wojtan@sggw.pl

Łukasz Tymendorf ⁽³⁾ – e-mail: lukasz.tymendorf@ikea.com

⁽¹⁾ Katedra Użytkowania Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

⁽³⁾ IKEA Industry Poland Sp. z o.o, Oddział w Wielbarku; ul. Czarnieckiego 17A, 12-160 Wielbark

Wstęp

Dla większości przedsiębiorców łańcuchy dostaw stają się jednym z elementów składowych strategii logistycznej. Ważną rolę we właściwym funkcjonowaniu każdego systemu gospodarczego odgrywa transport. Sukces przedsiębiorstwa specjalizującego się w transporcie drewna nie zależy wyłącznie od niego, lecz od wszystkich podmiotów z nim współpracujących, takich jak Lasy Państwowe przygotowujące surowiec, podwykonawcy, firmy transportowe, jednostki z grupy przewozów kolejowych biorące udział w spedycji oraz pracownicy współdziałający [Marciniak, Szkoda 2013].

Udział kosztów związanych z transportem surowca drzewnego w stosunku do kosztów całkowitych działalności leśnej jest znaczący. Szacuje się, że stanowi on około 17% i jest zdecydowanie wyższy w porównaniu z innymi sektorami. Największe koszty operacji transportowych związane są z wywozem drewna – od 40 do 60% [Shaffer, Stuart 1998].

W celu podniesienia efektywności działania podmioty działające na rynku wywozu drewna starają się ograniczać koszty transportu (jest to postrzegane jako istotny czynnik podnoszący konkurencyjność). Ważnym elementem w tym zakresie są ustalane prawnie limity związane z dopuszczalną masą całkowitą pojazdów (dmc). W niektórych krajach podejmowane są próby ich zwiększania. Doświadczenia estońskie wskazują, że zwiększenie limitu z obecnych 44 do 60 Mg zmniejszyłoby udział kosztów transportu w cenach drewna okrągłego z 17,7 do 14,2% [Lukason i in. 2011].

W Polsce obowiązują przepisy ograniczające dopuszczalną masę całkowitą zestawów pojazdów poruszających się po drogach, uzależnioną od liczby osi i ich napędu, na którą składa się masa pustego zestawu wywozowego i masa ładunku [Dyrektywa...1996; Trzeciński 2011; Sosa i in. 2015]. Zestaw wywozowy powinien spełniać wymagania określone w § 3 Rozporządzenia... [2002]. Dla zestawów pięćciosiowych lub sześćciosiowych, stosowanych w Polsce najczęściej, limit ten wynosi 40 Mg.

W celu uregulowania transportu drewna wprowadzono nowelizację Ustawy... [1997] zasadę określania masy ładunku drewna jako iloczynu jego objętości i normatywnej gęstości ustalonej dla danego gatunku drewna na podstawie art. 61 ust. 16 Rozporządzenia... [2012]. W przypadku drewna sosnowego wielkość ta została określona na 740 kg/m³.

W rzeczywistości jednak duża zmienność przewożonych sortymentów wyrabianych z różnych gatunków oraz zróżnicowana wilgotność drewna nie pozwalają na jednoznaczne określenie masy transportowanego surowca. Wpływa to bardzo często na nadmierne obciążenie masy zestawu wywozowego [Brown 2008; Sieniawski, Trzeciński 2010; Ghaffariyan i in. 2013; Owusu-Ababio, Schmitt 2015].

Wielkość pozyskania drewna w lasach polskich w ostatnim okresie rośnie systematycznie. W 2015 roku pozyskano w naszym kraju 40,247 mln m³ [Leśnictwo 2016]. Jednostki Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe w 2017 roku planują pozyskać ponad 40 mln m³ drewna (podaż surowca z 430 nadleśnictw dla kilku tysięcy odbiorców). Stanowi to jednocześnie duże wyzwanie transportowe, odnoszące się zarówno do operacji zrywki drewna, jak i jego wywozu. W większości przypadków (około 90%) wywóz realizowany jest środkami kołowymi, z wykorzystaniem zestawów samochodów wysokotonazowych pięć- lub sześćciosiowych [Trzeciński i in. 2013]. Poznanie rzeczywistej masy przewożonego ładunku z okresu sprzed wprowadzenia dopuszczalnych limitów i w trakcie ich obowiązywania pozwoli na ustalenie, czy nastąpiły określone zmiany w wielkości średniego ładunku transportowanego drewna.

Celem badań było przedstawienie zmienności masy całkowitej zestawów wywozowych (GVW) drewna uzależnionej od masy pustego zestawu i transportowanego ładunku drewna, a także analiza zmian GVW oraz jednostkowych ładunków drewna po wprowadzeniu nowelizacji przepisów dotyczących jego transportu. Założono, że masy pustych zestawów wywozowych nie różnią się znacząco, a na wartość GVW duży wpływ ma miąższość ładunku, którego masa uzależniona jest od pory roku (ze względu na różną wilgotność surowca). Szczegółowe analizy wykonano dla dostaw zrealizowanych w 2016 roku. Określenie zmian wynikających z przepisów prawa wymagało porównań z okresu sprzed obowiązywania obecnych limitów. Zdecydowano, że będą nimi objęte dostawy z 2009 roku.

Materiał i metody

Do przeprowadzenia badań oraz wykonania odpowiednich analiz wzięto pod uwagę dostawy surowca do jednego z większych odbiorców drewna w Polsce – tartaku zaopatrującego się w drewno wielkowieściowe, zarówno dłużycowe, jak i kłodowane. Transport realizowany był przez zewnętrzne podmioty gospodarcze działające na zlecenie tartaku. Dane dla roku 2016 zebrane zostały w czterech okresach: styczniu, na przełomie marca i kwietnia, lipca i sierpnia oraz w październiku i listopadzie. Dane z roku 2009 pochodziły z różnych pór roku, bez ich rozróżniania.

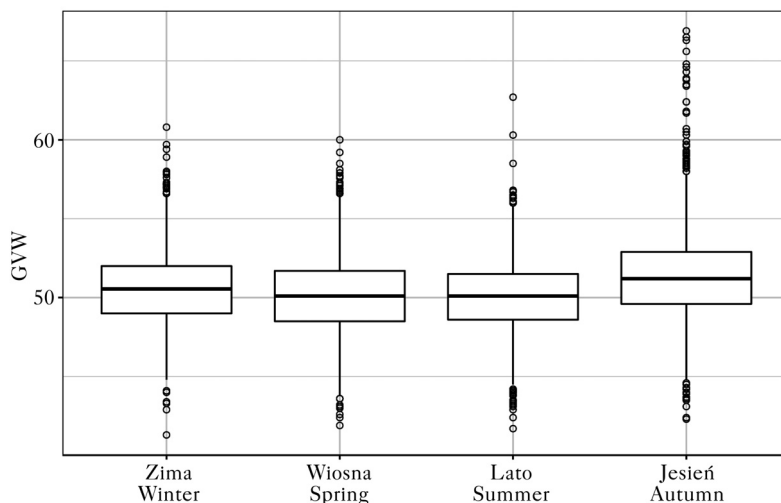
Dla roku 2016 przeanalizowano 5476 dostaw surowca sosnowego, głównie kłodowanego, o długości 3,7-5,0 m. Badania wykonano dla zestawów samochodowych wysokotonazowych, które dostarczały drewno w różnych okresach roku: zimowym – 652 przewozy, wiosennym – 1586, letnim – 1324 i jesiennym – 1914. Do porównania analizowanych parametrów użyto danych z 2009 roku dotyczących 352 dostaw surowca.

Jako masę całkowitą zestawu wywozowego (GVW [Mg]) rozumie się rzeczywistą masę samochodu i przyczepy lub ciągnika siodłowego i naczepy z całym wyposażeniem i kierowcą oraz z ładunkiem drewna. GVW określono na wadze stacjonarnej u odbiorcy w momencie dostarczenia surowca, a następnie po rozładowaniu dokonano powtórnego ważenia pustego zestawu wywozowego. Różnica GVW i pustego zestawu określała rzeczywistą masę każdego ładunku. Miąższość transportowanego drewna określono na podstawie kwitów przewozowych, które stanowią podstawę rozliczenia drewna dostarczonego od dostawcy do odbiorcy (po weryfikacji przez odbiorcę). Całkowitą masę zestawu wywozowego (GVWob), określoną na podstawie Rozporządzenia... [2012], obliczono jako sumę masy pustego zestawu (otrzymaną w dniu ważenia) i miąższości ładunku pomnożonej przez $0,74 \text{ Mg/m}^3$ (normatywny przelicznik dla sosny).

Otrzymane wyniki zostały poddane analizom statystycznym z wykorzystaniem pakietu Statistica 12. We wszystkich analizowanych okresach rozkłady zmiennych dla wszystkich parametrów odbiegają od rozkładu normalnego, dlatego istotność różnic określano głównie z wykorzystaniem testu Kruskala-Wallisa oraz Dunna.

Wyniki

W roku 2016 masę zestawu wywozowego charakteryzowała znaczna zmienność w zależności od okresu dostarczania surowca (ryc. 1). Jej wartości wahały się od 41,3 do 66,9 Mg. Najmniejszą średnią wartość, wynoszącą 50,06 Mg, zanotowano przy dostawach z okresu letniego, najwyższą zaś w okresie jesiennym (51,38 Mg). Średnia arytmetyczna dla całego roku 2016 wyniosła 50,64 Mg. Stwierdzono istotne statystycznie różnice między wartościami GVW w poszczególnych porach roku ($p < 0,0001$). Brak istotnych statystycznie różnic stwierdzono jedynie w przypadku wyników dla wiosny i lata (tab. 1). Zaobserwowane różnice są jednak bardzo małe i nieznaczące w ujęciu praktycznym. Dane z roku 2009 wskazują, że średnia masa całkowita zestawu wywozowego była



Ryc. 1.

Masa całkowita zestawów wywozowych (GVW [Mg]) w roku 2016 w zależności od pory roku
Gross vehicle weight (GVW [Mg]) in 2016 with regard to the season

Tabela 1.

Ocena istotności różnic masy całkowitej zestawów wywozowych (GVW) oraz masy (M) i miąższości (V) pojedynczego ładunku między porami roku w 2016 roku (wartość p w teście Dunna)

Assessment of the differences in gross vehicle weight (GVW) as well as weight (M) and volume (V) of a single timber load between the seasons for the year 2016 (p-value in Dunn test)

		W	L	J
GVW	Z	0,0003	<0,0001	<0,0001
	W		0,1670	0,0000
	L			<0,0001
M	Z	0,0515	<0,0001	<0,0001
	W		0,0001	<0,0001
	L			<0,0001
V	Z	0,0282	0,0002	<0,0001
	W		0,0127	0,0002
	L			0,1510

Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień

Z – winter, W – spring, L – summer, J – autumn

generalnie zbliżona do wyników uzyskanych w roku 2016. Wyniosła 51,12 Mg, a wyniki pomiarów oscyływały w granicach 40,06-64,20 Mg. Stwierdzono istotną statystycznie różnicę w porównaniu z wartością z roku 2016 (tab. 3).

Tabela 2 przedstawia masę pojazdów po rozładunku. Porównanie średnich wartości w analizowanych latach (19,8 Mg w 2009 roku i 20,1 Mg w 2016 roku) wykazuje niewielką różnicę, jednak okazała się ona istotna statystycznie ($p < 0,0001$). W porównaniu do roku 2009 dominują w 2016 roku pojazdy o masie własnej nieco większej, w przedziale 20-21 Mg (ryc. 2).

Różnicę pomiędzy masą całkowitą zestawów wywozowych a masą własną stanowi masa ładunku. Średnia masa ładunku w roku 2016 wynosiła 30,56 Mg (ryc. 4). Zauważalne jest jednak nieznaczne jej zróżnicowanie pomiędzy porami roku (ryc. 3). Najmniejszą średnią wartość (29,93 Mg) zanotowano jesienią, a najwyższą (31,12 Mg) – zimą. Stwierdzono istotne statystycz-

Tabela 2.

Minimum (Min), maksimum (Max), średnia (M), mediana (Me) i odchylenie standardowe (SD) masy pustego zestawu wywozowego [Mg] w roku 2009 i porach roku w 2016 roku

Minimum (Min), maximum (Max), mean (M), median (Me) and standard deviation (SD) of the empty vehicle weight [Mg] in 2009 and seasons of 2016

	2009	2016Z	2016W	2016L	2016J
Min	14,40	13,8	13,65	13,70	13,50
Max	23,52	23,7	23,15	23,30	24,00
M	19,80	20,0	19,85	20,13	20,26
Me	19,66	20,3	20,25	20,20	20,55
SD	1,33	1,4	1,73	1,40	1,77

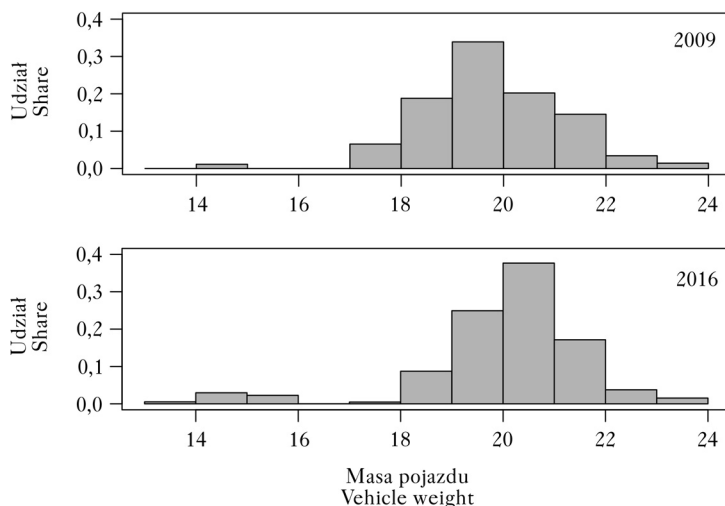
oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

Tabela 3.

Średnia masa całkowita zestawu wywozowego (GVW [Mg]), masa (M [Mg]) i miąższość (V [m³]) pojedynczego ładunku w latach 2009 i 2016 oraz wartość p w teście t-Studenta

Mean gross vehicle weight (GVW [Mg]), weight (M [Mg]) and volume (V [m³]) of a single timber load in 2009 and 2016 as well as p-value in t test

	2009	2016	p
V	30,32	29,54	<0,0001
M	31,31	30,56	0,0001
GVW	51,12	50,64	0,0204

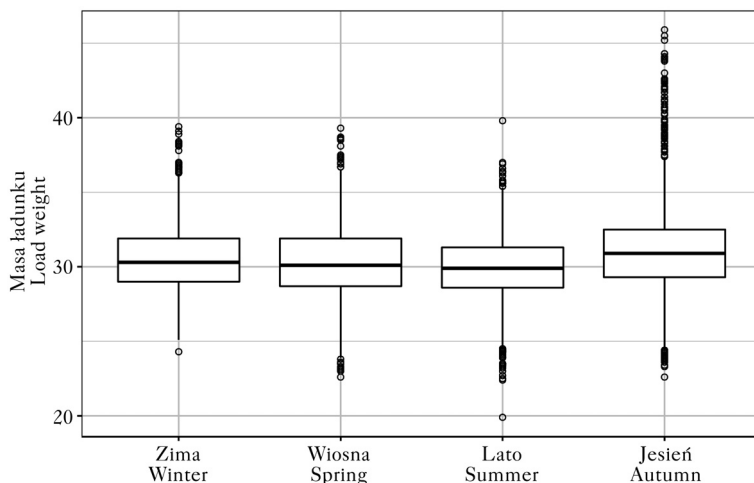


Ryc. 2.

Rozkład masy pojazdów [Mg] w latach 2009 i 2016

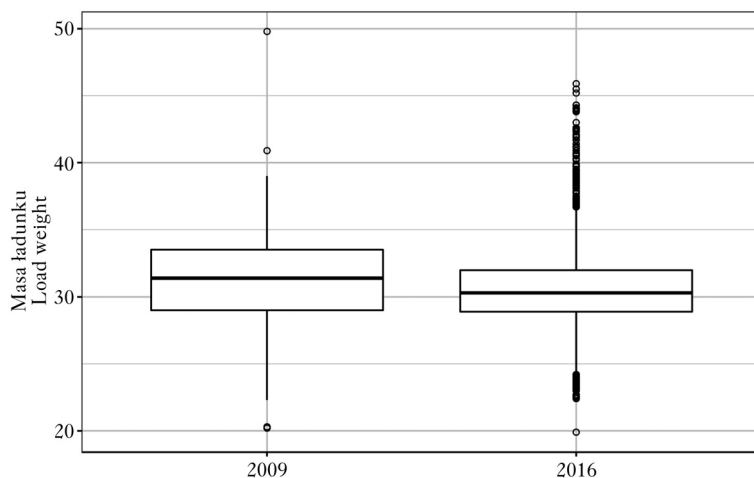
Vehicle weight [Mg] distribution in 2009 and 2016

nie różnice między porami roku ($p < 0,0001$). Brak istotnych różnic wystąpił jedynie w przypadku porównania wiosny i zimy (tab. 1), choć wartość p jest bardzo bliska przyjętego poziomu istotności. Średnia masa ładunku w roku 2009 wyniosła 31,31 Mg i była istotnie wyższa niż w 2016 roku (tab. 3). Masa zestawu wywozowego obliczona z wykorzystaniem przelicznika do określenia masy ładunku z Rozporządzenia... [2012] wahała się od 41,6 do 42,37 Mg (tab. 4) i była mniejsza o około 17% od wartości rzeczywistych.



Ryc. 3.

Masa [Mg] pojedynczego ładunku drewna w roku 2016 w zależności od pory roku
Weight [Mg] of a single timber load in the year 2016 with regard to the season



Ryc. 4.

Masa [Mg] pojedynczego ładunku drewna w latach 2009 i 2016
Weight [Mg] of a single timber load in 2009 and 2016

Średnia miąższość przewożonego ładunku kształtowała się w 2016 roku na poziomie 29,47 m³, wahając się od 29,19 do 29,88 m³ (ryc. 5). Stwierdzono istotne różnice między wartościami w poszczególnych porach roku ($p < 0,0001$). Brak istotnych różnic wystąpił jedynie w przypadku porównania wyników dla jesieni i lata (tab. 1).

Dyskusja

Transport odgrywa istotną rolę w każdej dziedzinie gospodarki, także w branży leśnej. W Polsce, przy wielkości pozyskania drewna na poziomie około 40 mln m³, około 90% tej wielkości przewozi się środkami kołowymi. Efektywność transportu uzależniona jest od szeregu czynników.

Tabela 4.

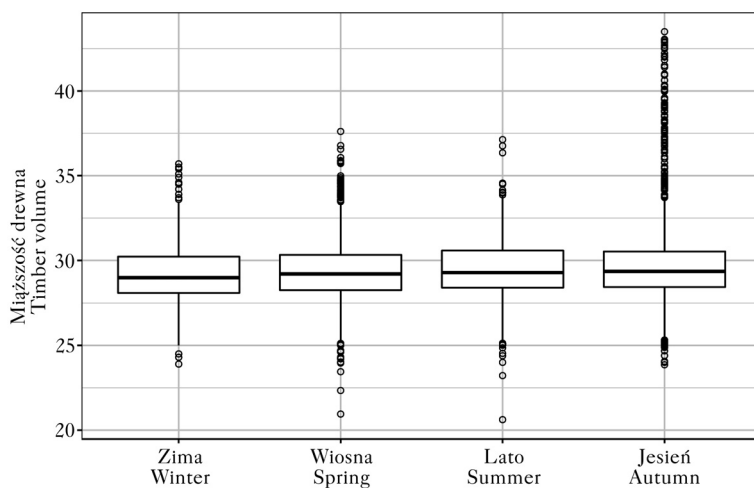
Minimum (Min), maksimum (Max), średnia (M), mediana (Me) i odchylenie standardowe (SD) rzeczywistej (GVW) i obliczonej (GVWob) masy zestawu wywozowego w porach roku w 2016

Minimum (Min), maximum (Max), mean (M), median (Me) and standard deviation (SD) of real (GVW) and calculated (GVWob) gross vehicle weight in seasons of 2016

		Z	W	L	J
GVW	Min	41,30	41,90	41,65	42,30
	Max	60,80	60,00	62,70	66,90
	M	50,60	50,17	50,06	51,38
	Me	50,50	50,10	50,05	51,20
	SD	2,70	2,52	2,41	2,88
GVWob*	Min	35,50	34,89	34,57	33,98
	Max	47,60	47,09	50,20	56,09
	M	41,60	41,56	41,94	42,37
	Me	41,70	41,70	41,87	42,23
	SD	1,90	1,81	1,64	2,07

oznaczenia jak w tabeli 1; denotes as in table 1

* przelicznik 0,74 Mg/m³; conversion rate 0.74 Mg/m³



Ryc. 5.

Miąższość [m³] pojedynczego ładunku drewna w roku 2016 w zależności od pory roku
Volume [m³] of a single timber load in the year 2016 with regard to the season

Zaliczyć do nich należy między innymi ładowność pojazdu, czas jazdy i zużycie paliwa [Acuna i in. 2012; Ghaffariyan i in. 2013]. Pojazdy transportowe powinny być w miarę możliwości wypełnione ładunkiem o masie, która razem z masą pojazdu zbliżona jest do dopuszczalnej w danym kraju masy całkowitej pojazdu. W krajach europejskich parametr ten osiąga różne wartości. W Niemczech i Polsce wynosi 40 Mg, a w Szwecji i Finlandii zdecydowanie więcej – 60 Mg [Permissible... 2010]. Transport większych ładunków drewna jest korzystny dla przewoźników. Przyczynia się on bowiem do zmniejszenia kosztów transportu, co przekłada się na konkurencyjność cenową surowca drzewnego oferowanego odbiorcom [Lukason i in. 2011]. Jak wykazały przeprowadzone badania, całkowite masy pojazdów uzyskane z pomiarów rzeczywistych w 2016 roku znacznie różniły się między sobą, wynosząc od 41,3 do 66,9 Mg, przy średniej wartości 50,6 Mg. Uzyskane wyniki porównano z obliczonymi całkowitymi masami pojazdów, w których masę

ładunku określono na podstawie obowiązującego aktu prawnego. W tym przypadku uzyskano wyniki o około 17% niższe.

Przy transporcie drewna duża zmienność gatunków, jak i sortymentów oraz wilgotności drewna ma wpływ na określenie masy transportowanego drewna i GVW [Brown 2008; Sieniawski, Trzcziński 2010; Trzcziński 2011; Ghaffariyan i in. 2013]. W przeprowadzanych badaniach dla tego samego gatunku drewna sosnowego, jak i sortymentu wielkowieńcowego otrzymano statystycznie istotne różnice dla badanych parametrów w różnych okresach roku, na co wskazują także wyniki badań Owusu-Ababio i Schmitta [2015]. Istotnym czynnikiem wpływającym na masę ładunku drewna jest jego gęstość. W stanie świeżym składowe masy to tkanka drzewna oraz woda występująca w stanie wolnym i nasycająca ściany komórkowe. Głównie ze względu na wodę masa 1 m³ świeżo ściętego drewna sosnowego szacowana jest na 0,750 Mg [Shmulsky, Jones 2011]. Badania przeprowadzone przez Tomczaka i Jelonka [2014] na terenie RDLP w Szczecinku wskazują na duże zróżnicowanie gęstości drewna sosnowego. Gęstość świeżego drewna w przyobwodowej strefie przekroju poprzecznego pnia sosny zwyczajnej wynosiła średnio 0,754 Mg/m³. Na przekroju podłużnym pnia najwyższą gęstością charakteryzowało się drewno pochodzące z poziomu pierśnicy (0,816 Mg/m³), a najniższą pochodzące z sekcji położonej najbliższej wierzchołka (0,707 Mg/m³). Zróżnicowanie to w sposób oczywisty wpływa na zmienność masy przewożonego drewna. Tomczak i in. [2016] określili również masę średniowymiarowego surowca sosnowego w stanie świeżym. W przeliczeniu na 1 m³ oceniono ją na 0,979 Mg. Stosunek gęstości rzeczywistej (0,979 kg/m³) do tabelarycznej (0,740 kg/m³) wyniósł 1,3:1. Rzeczywista masa surowca była więc o około 30% wyższa od masy, którą można oszacować na podstawie tabelarycznej gęstości drewna opracowanej na potrzeby transportu drogowego. Tendencje te są zbieżne z osiągniętymi rezultatami.

Należy jednocześnie zauważyć, że przy sprzedaży drewna w Polsce i później przy jego transporcie podawana miąższość oraz przeliczniki nie dotyczą kory. Udział kory jest znaczny i może wynosić w stosunku do drewna strzał sosnowych nawet do kilkunastu procent [Orzeł i in. 2006], wpływając na masę przewożonego ładunku.

Wnioski

- ✦ Stwierdzono statystycznie istotne różnice masy całkowitej zestawów wywozowych oraz masy ładunków w poszczególnych porach roku. Masa całkowita pojazdów wahała się od 41,3 do 66,9 Mg. W analizowanym okresie średnia masa dostarczanych ładunków drewna wyniosła 30,56 Mg, oscylując w przedziale od 29,93 Mg (jesienią) do 31,12 Mg (zimą).
- ✦ Wprowadzenie przepisów regulujących transport drewna w Polsce przyczyniło się do zmniejszenia masy całkowitej zestawów wywozowych i transportowanych ładunków.
- ✦ Rzeczywista masa całkowita pojazdów transportujących drewno jest o około 17% większa od masy obliczonej zgodnie z obowiązującymi przepisami transportu drogowego.
- ✦ Uzyskane w 2016 roku wyniki wskazują na nieznaczne zwiększenie, w porównaniu do roku 2009, średniej masy pustego zestawu wywozowego – do wartości 20,1 Mg (o 0,3 Mg).

Literatura

- Acuna M., Mirowski L., Ghaffariyan M. R., Brown M. 2012. Optimising transport efficiency and costs in Australian wood chipping operations. *Biomass and Bioenergy* 46: 291-300.
- Brown M. 2008. The impact of tare weight on transportation efficiency in Australian forest operations. *CRC for Forestry* 3: 1-4.
- Dyrektywa Rady 96/53/WE z dnia 25 lipca 1996 r. ustanawiająca dla niektórych pojazdów drogowych poruszających się na terytorium Wspólnoty maksymalne dopuszczalne wymiary w ruchu krajowym i międzynarodowym oraz maksymalne dopuszczalne obciążenia w ruchu międzynarodowym. 1996. Dz. U. L 235, 17/09/1996 P. 0059-0075.

- Ghaffariyan M. R., Acuna M., Brown M. 2013. Analysing the effect of five operational factors on forest residue supply chain costs: A case study in Western Australia. *Biomass and Bioenergy* 59: 486-493.
- Leśnictwo. 2016. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Lukason O., Ukrainski K., Varblane U. 2011. Economic benefit of maximum truck weight regulation change for Estonian forest sector. *Discussions on Estonian Economic Policy* 2: 87-100.
- Marciniec T., Szkoda M. 2013. Analiza łańcucha dostaw surowca drzewnego. *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe* 3: 1497-1506.
- Orzel S., Forgiel M., Ochał W., Socha J. 2006. Nadziemna biomasa i roczna produkcja drzewostanów sosnowych Puszczy Niepołomickiej. *Sylvan* 150 (9): 16-32.
- Owusu-Ababio S., Schmitt R. 2015. Analysis of Data on Heavier Truck Weights. Case Study of Logging Trucks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2478 (2): 82-92.
- Permissible maximum weights in Europe. 2010. OECD International Transport Forum. 2 p.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. 2002. Dz. U., poz. 2022.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska oraz Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie określenia gęstości drewna. 2012. Dz. U., poz. 536.
- Schmulsky R., Jones P. D. 2011. *Forest Products and Wood Science. An Introduction Sixth Edition*. Willey-Blackwell A John Wiley and Sons Inc.
- Shaffer R. M., Stuart W. B. 1998. A checklist for efficient log trucking. Virginia Cooperative Extension publication 420-094.
- Sieniawski, W., Trzciński G. 2010. Analysis of large-size and medium-size wood supply. W: Belbo H. [red.]. *Forest operations research in the Nordic Baltic region. Materiały konferencji: The 2010 Nordic-Baltic conference on forest operations*. Honne, Norway, 20-22 października 2010 r. 56-57.
- Sosa A., Klvac R., Coates E., Kent T., Devlin G. 2015. Improving Log Loading Efficiency for Improved Sustainable Transport within the Irish Forest and Biomass Sectors. *Sustainability* 7: 3017-3030.
- Tomczak A., Jakubowski M., Jelonek T., Wąsik R., Grzywiński W. 2016. Mass and density of pine pulpwood harvested in selected stands from the Forest Experimental Station in Murowana Goślina. *Acta Scientiarum Polonorum Seria Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 15 (2): 105-112.
- Tomczak A., Jelonek T. 2014. Gęstość drewna z bielastej części przekroju poprzecznego pnia sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej z wybranych drzewostanów północno-zachodniej Polski. *Forestry Letters* 107: 5-9.
- Trzciński G. 2011. Analiza parametrów technicznych dróg leśnych w aspekcie wywozu drewna samochodami wysokotonażowymi. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Trzciński G., Sieniawski W., Moskalik T. 2013. Effects of timber loads on Gross Vehicle Weight. *Folia Forestalia Polonica* A 55 (4): 159-167.
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym. 1997. Dz. U., poz. 1137 i 1448 z późn. zm.