

Paweł DROŹDZIEL, Leszek KRZYWONOS, Dariusz SIŁUCH

ANALIZA KOSZTÓW NAPRAW POJAZDÓW W FIRMIE TRANSPORTOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono przeprowadzone przez autorów analizy statystyczne kosztów napraw samochodów eksploatowanych w Centrum Logistycznym Poczty Polskiej w Oddziale Regionalnym w Lublinie, poniesionych przez to przedsiębiorstwo w 2009 roku.

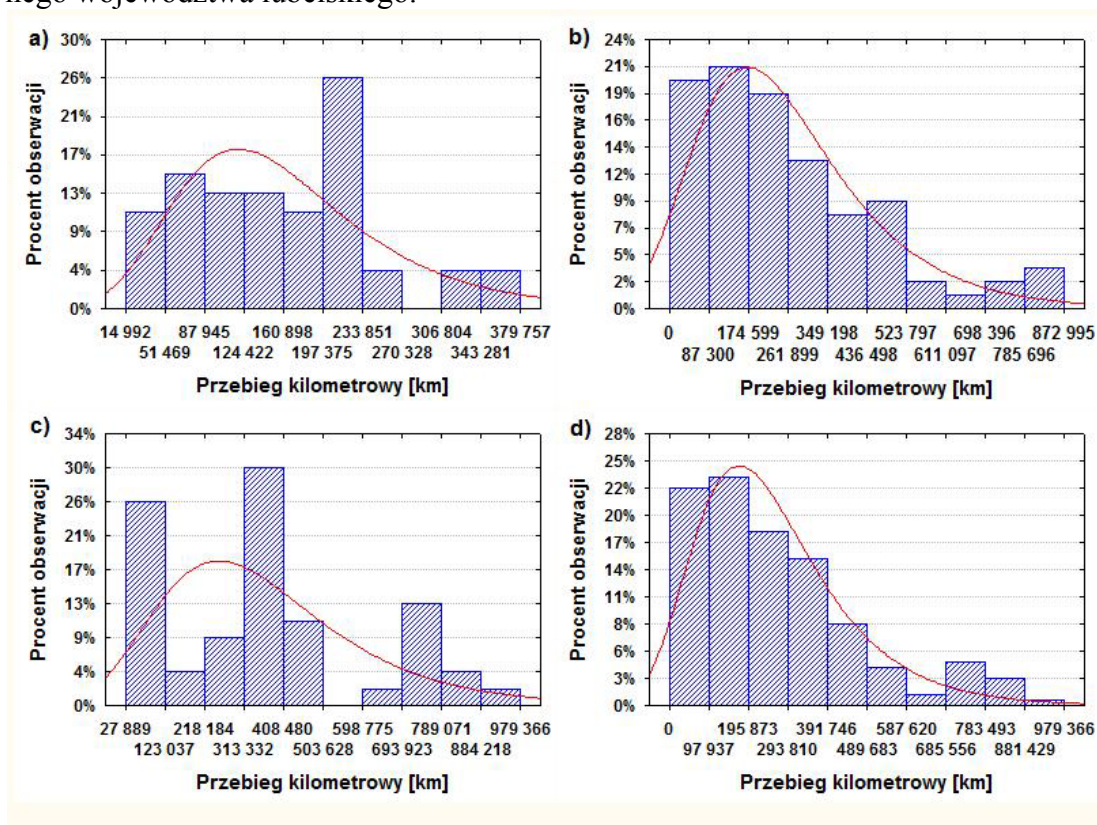
WSTĘP

Jednym z mierników opłacalności prowadzonej działalności przewozowej jest ekonomiczna efektywność eksploatacji środków transportu [3, 5]. W transporcie samochodowym dochód uzyskiwany z usługi przewozowej zależy od wielu czynników: rodzaju, stanu technicznego i intensywności użytkowania pojazdów, stawek przewozowych, stanu infrastruktury drogowej, kosztów materiałów eksploatacyjnych (paliwa, olejów, płynów technicznych), kosztów osobowych, kosztów napraw i obsługi samochodów, podatków i opłat administracyjnych [1, 7]. Koszty napraw samochodów ponoszone w trakcie ich eksploatacji są istotnym elementem wpływającym na ekonomiczną efektywność usług transportowych [6, 8]. Analiza tych kosztów dostarcza informacji potrzebnych przy planowaniu i podejmowaniu takich decyzji, jak likwidacja środka transportu, zakup nowego, określenie stawki przewozowej, wybór trasy przejazdu itp. Z tego względu problematyka analizy kosztów napraw pojazdów eksploatowanych w firmach transportowych jest bardzo ważna w praktyce [4, 9]. W niniejszym artykule autorzy przedstawili wyniki własnych analiz statystycznych kosztów napraw samochodów eksploatowanych w firmie transportowej, przeprowadzonych na podstawie danych eksploatacyjnych z 2009 roku, udostępnionych przez Centrum Logistyczne Poczty Polskiej, dotyczących Oddziału Regionalnego w Lublinie.

1. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

W 2009 roku w lubelskim oddziale Centrum Logistycznego Poczty Polskiej eksploatowano łącznie 179 samochodów, przy czym były to samochody różnych typów i marek. Pojazdy te wykonywały zróżnicowane zadania przewozowe, wynikające ze specyfiki przedsiębiorstwa. W celu przeprowadzenia analiz statystycznych dokonano podziału populacji pojazdów na trzy grupy (I, II i III), przyjmując jako kryterium klasyfikacji pojemność przestrzeni ładunkowej samochodu. Do grupy I zaliczono samochody osobowe o małej pojemności przestrzeni ładunkowej (FIAT Seicento, CITROËN Xsara, RENAULT Kangoo, ŠKODA Fabia, DAEWOO Matiz), które wykorzystywano do opróżniania skrzynek pocztowych na listy umiejscowionych na terenie miasta Lublin oraz do rozwożenia przesyłek pocztowych do pla-

cówek w Lublinie i okolicach. Grupa I liczyła 47 pojazdów. W skład pojazdów grupy II weszły samochody dostawcze o średniej pojemności przestrzeni ładunkowej (LUBLIN III, MERCEDES Sprinter, VOLKSWAGEN LT, FORD Transit, CITROËN Jumper). Pojazdy te kursowały pomiędzy placówkami pocztowymi na terenie Lublina oraz dawnego województwa lubelskiego. Grupa II liczyła 85 samochodów. Grupę III utworzyło 47 samochodów o dużej pojemności przestrzeni ładunkowej (IVECO Stralis, VOLVO FM12, MAN, MERCEDES Vario). Pojazdy te przewoziły przesyłki pocztowe pomiędzy lubelskim węzłem dystrybucyjno-rozdzielczym a węzłami logistycznymi Poczty Polskiej zlokalizowanymi poza obszarem dawnego województwa lubelskiego.



Rys. 1. Rozkłady empiryczne przebiegu kilometrowego samochodów Oddziału Regionalnego CL PP w Lublinie, z początku stycznia 2009 roku; a) grupa I, b) grupa II, c) grupa III, d) wszystkie pojazdy

Źródło: Obliczenia własne.

Samochody należące do badanej populacji różniły się przebiegiem. Histogramy na rys. 1 pokazują empiryczne rozkłady przebiegu kilometrowego z początku analizowanego okresu (styczeń 2009) samochodów grup I, II i III oraz całej populacji. Dla rozkładów empirycznych wyznaczono rozkłady teoretyczne, najlepiej dopasowane na poziomie istotności $p < 0,01$. We wszystkich czterech przypadkach były to rozkłady wartości ekstremalnych. Dla rozkładu empirycznego przebiegu kilometrowego samochodów grupy I najlepsze dopasowanie otrzymano dla parametru położenia równego 118 519,7 km i parametru skali równego 76 058,02 km. Dla samochodów grupy II uzyskano odpowiednio 171 814,9 km i 152 282,7 km, dla grupy III – 251 481,1 km i 193 415,3 km, zaś dla całej populacji – 172 656,2 km i 146 529 km. Średnie przebiegi na początku analizowanego okresu wykazywały więc tendencję zgodną z przyjętym kryterium podziału badanej populacji.

2. WYNIKI ANALIZ STATYSTYCZNYCH KOSZTÓW NAPRAW BADAANYCH POJAZDÓW

Koszty napraw pojazdów eksploatowanych w przedsiębiorstwie Poczta Polska generuje wymiana tzw. rzeczowych czynników eksploatacji, do których zalicza się całe podzespoły, pojedyncze części zamienne oraz płyny eksploatacyjne (olej silnikowy, płyn hamulcowy itp.). Kosztów napraw nie obciążają natomiast koszty osobowe ponoszone przez przedsiębiorstwo na utrzymanie pracowników zatrudnionych w stacjach serwisowych Poczty. W analizowanym okresie (rok 2009) w lubelskim oddziale zarejestrowano ponad 16 tys. przypadków wymiany rzeczowych czynników eksploatacji. Najczęściej wymieniano: olej silnikowy (2281 litrów), żarówki (2555 sztuk), uszczelki (350 sztuk), opony (226 sztuk), filtry oleju (217 sztuk), filtry paliwa (192 sztuki), filtry powietrza (105 sztuk) i klimatyzacji (47 sztuk), amortyzatory (56 sztuk), akumulatory 51 (sztuk).

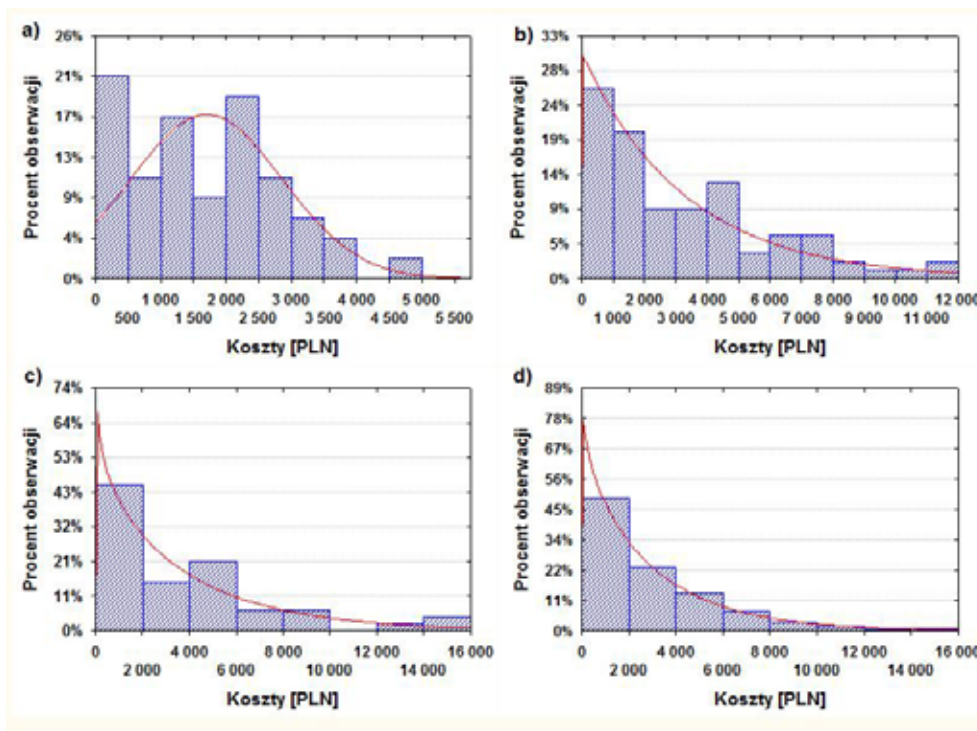
Informacje na temat kosztów napraw poddano analizom statystycznym przy pomocy komputerowego oprogramowania STATISTICA[®]. W tabeli 1 zestawiono wyniki tzw. statystyki opisowej. Wartości średnie rocznych kosztów napraw w poszczególnych grupach wykazują tendencję zgodną z przyjętym kryterium podziału populacji.

Tab. 1. Statystyka opisowa rocznych kosztów napraw pojazdów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku

Grupa	Wartość średnia [PLN]	Mediana [PLN]	Wartość min. [PLN]	Wartość max. [PLN]	Wariancja [PLN ²]	Odchylenie standardowe [PLN]	Błąd standardowy [PLN]
Grupa I	1694,25	1551,27	48,76	4875,72	1341381,00	1158,18	168,94
Grupa II	3264,24	2372,45	5,34	11771,18	8371098,00	2893,29	313,82
Grupa III	3832,93	2427,37	38,92	15246,44	14738435,00	3839,07	559,99
Grupy I, II i III	3001,33	2077,82	5,34	15246,44	8772587,00	2961,86	221,38

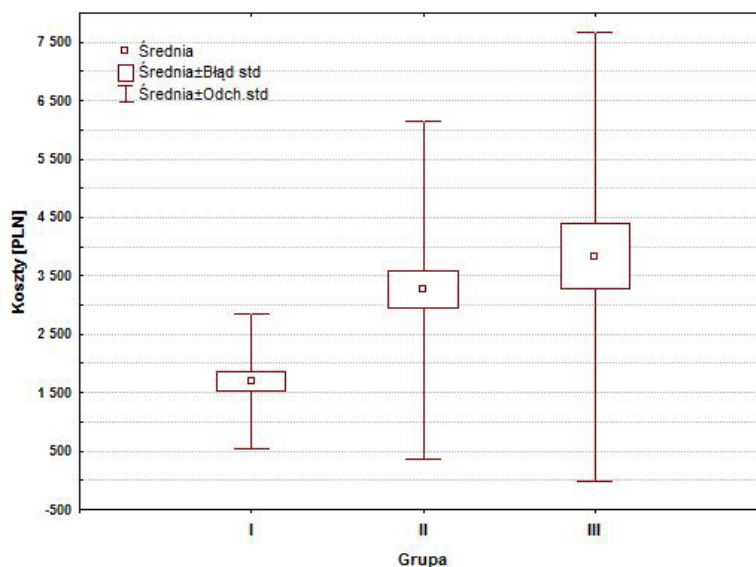
Źródło: Obliczenia własne

Na rys. 2 są pokazane rozkłady statystyczne rocznych kosztów napraw dla badanych grup pojazdów oraz całej populacji. Z analizy histogramów wynika, że roczne koszty napraw dla grupy I samochodów są w 21,3% przypadków niższe niż 500 PLN. Koszty napraw w tej grupie w 57,6% przypadków nie przekroczyły 2000 PLN. Dla pojazdów grupy II kwota ta nie została przekroczona w 45,2% obserwacji, podobny wynik (44,1%) odnotowuje się w grupie III. Analizując wyniki statystyki opisowej (tabela 1) należy sprawdzić czy obserwowane różnice pomiędzy wartościami średnich rocznych kosztów napraw w wyróżnionych grupach samochodów są statystycznie istotne. W tym celu przeprowadzono analizę wariancji. Pierwszym jej krokiem było sprawdzenie zgodności rozkładu danych empirycznych z rozkładem normalnym oraz jednorodności wariancji. Ponieważ rozkładów empirycznych pokazanych na rys. 2 nie udało się we wszystkich przypadkach przybliżyć rozkładem normalnym, należało się liczyć z ich brakiem normalności. Potwierdził to również test chi-kwadrat (χ^2) przy założonym poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dla pojazdów grupy II otrzymano wartość statystyki $\chi^2 = 52,038$, odpowiadającą poziomowi istotności $p < 0,001$, zaś dla grupy III – $\chi^2 = 35,419$ ($p < 0,001$). Dodatkowo wykazano niejednorodność wariancji w poszczególnych grupach pojazdów, stosując (ze względu na niejednakową liczbę wyników w analizowanych grupach) test Bartletta B [2]. Wartość statystyki testowej wyniosła $B = 54,082$, co odpowiadało poziomowi istotności $p = 0,000$ ($p < 0,05$). Wyniki te wykluczyły możliwość zastosowania klasycznej metody analizy wariancji dla wartości średniej rocznych kosztów napraw samochodów. Z tego względu w dalszych obliczeniach wykorzystano metodę nieparametryczną – test Kruskala-Wallisa KW [2]. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że wartość statystyki testowej wynosi $KW = 8,294$, i odpowiada poziomowi istotności $p = 0,0158$. Potwierdza to występowanie istotnych różnic pomiędzy wartością średnią rocznych kosztów napraw pojazdów w wyróżnionych trzech grupach, co jest widoczne również na rys. 3.



Rys. 2. Rozkład statystyczny rocznych kosztów napraw pojazdów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 r.: a) grupa I, dopasowanie do danych empirycznych funkcją gęstości rozkładu normalnego (poziom istotności $p < 0,01$), b) grupa II, dopasowanie do danych empirycznych funkcją gęstości rozkładu wykładniczego (poziom istotności $p < 0,01$) o parametrze skali 3264,24, c) grupa III, dopasowanie do danych empirycznych funkcją gęstości rozkładu Gamma (poziom istotności $p < 0,01$) o parametrach skali: 4349,37 i kształtu: 0,881, d) wszystkie pojazdy, dopasowanie do danych empirycznych funkcją gęstości rozkładu Gamma (poziom istotności $p < 0,01$) o parametrach skali: 3285,88 i kształtu: 0,913.

Źródło: Obliczenia własne.



Rys. 3. Skategoryzowany wykres ramkowy dla czynnika niezależnego – numeru grupy pojazdów, oraz zmiennej zależnej – rocznych kosztów napraw samochodów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku

Źródło: Obliczenia własne.

W dalszych analizach sprawdzono czy miesiąc (jako czynnik grupujący) ma istotny wpływ na wartość obserwowanych średnich wartości miesięcznych kosztów napraw pojaz-

dów w poszczególnych grupach oraz w całej populacji pojazdów. Przeprowadzone obliczenia, których wyniki przedstawiono w tabeli 2, przy zastosowaniu testu chi-kwadrat χ^2 , wykazały brak zgodności rozkładów miesięcznych kosztów napraw pojazdów w poszczególnych grupach oraz całej populacji z rozkładem normalnym. Dokonano także sprawdzenia jednorodności wariancji przy użyciu testu Bartletta B [2], którego wyniki pokazano w tabeli 3.

Tab. 2. Wyniki testów zgodności z rozkładem normalnym empirycznych rozkładów miesięcznych kosztów napraw samochodów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku

Miesiąc	Normalność							
	Grupy I, II i III		Grupa I		Grupa II		Grupa III	
	χ^2	<i>p</i>	χ^2	<i>p</i>	χ^2	<i>p</i>	χ^2	<i>p</i>
Styczeń	119,05	0,000	35,91	0,000	80,92	0,000	35,97	0,000
Luty	35,23	0,000	46,88	0,000	82,93	0,000	23,13	0,000
Marzec	40,47	0,000	81,97	0,000	23,70	0,000	19,33	0,000
Kwiecień	22,90	0,000	14,60	0,000	3,97	0,046	19,78	0,000
Maj	173,66	0,000	57,53	0,000	19,33	0,000	78,85	0,000
Czerwiec	170,48	0,000	77,99	0,000	70,48	0,000	55,12	0,000
Lipiec	79,85	0,000	79,72	0,000	69,52	0,000	39,32	0,000
Sierpień	124,66	0,000	36,64	0,000	94,13	0,000	45,16	0,000
Wrzesień	34,31	0,000	53,83	0,000	55,20	0,000	25,70	0,000
Październik	95,83	0,000	12,45	0,001	73,54	0,000	51,57	0,000
Listopad	25,76	0,000	22,60	0,000	54,01	0,000	25,63	0,000
Grudzień	28,58	0,000	42,89	0,000	18,45	0,000	128,54	0,000

Zródło: Obliczenia własne

Tab. 3. Wyniki testu Bartletta jednorodności wariancji miesięcznych kosztów napraw samochodów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku dla miesiąca eksploatacji jako czynnika grupującego

Grupa	Statystyka B	Wartość <i>p</i>
I	93,8	0,000
II	150,9	0,000
III	138,3	0,000
I, II i III	265,2	0,000

Zródło: Obliczenia własne.

Wyniki dotyczące normalności rozkładów oraz jednorodności wariancji dla miesięcznych kosztów napraw w poszczególnych grupach oraz całej populacji pojazdów zaprezentowane w tab. 2 i tab. 3 wskazują, że przy porównaniu wartości średnich nie można zastosować klasycznej metody analizy wariancji. Zastosowano więc ponownie nieparametryczną metodę analizy wariancji przy użyciu testu Kruskala-Wallisa KW, której wyniki pokazano w tabeli 4.

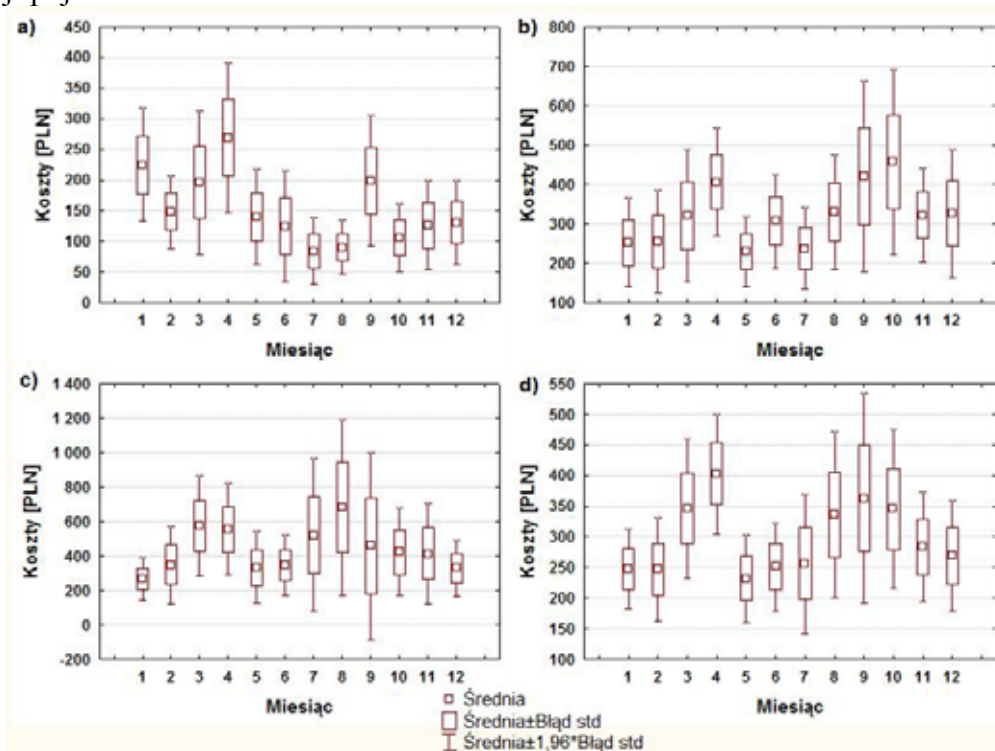
Tab. 4. Wyniki testu Kruskala-Wallisa analizy wariancji miesięcznych kosztów napraw samochodów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku dla miesiąca eksploatacji jako czynnika grupującego

Grupa	Statystyka KW	Wartość <i>p</i>
I	23,77	0,014
II	19,74	0,049
III	10,41	0,491
I, II i III	26,84	0,005

Zródło: obliczenia własne.

Wyniki dotyczące normalności rozkładów oraz jednorodności wariancji dla miesięcznych kosztów napraw w poszczególnych grupach oraz całej populacji pojazdów zaprezentowane w tabelach 2 i 3 wskazują, że przy porównaniu wartości średnich nie można zastosować klasycznej metody analizy wariancji. Zastosowano więc ponownie nieparametryczną metodę analizy wariancji przy użyciu testu Kruskala-Wallisa KW, której wyniki pokazano w tabeli 4.

Na podstawie wyników zaprezentowanych w tabeli 4 należy stwierdzić, że miesiąc eksploatacji ma istotny wpływ na wartość średnią miesięcznych kosztów napraw całej populacji oraz wyróżnionych grup I i II pojazdów. Nie występuje zaś istotna różnica wartości średniej kosztów napraw samochodów należących do grupy III. Na rys. 4 przedstawiono skategoryzowane wykresy ramkowe miesięcznych kosztów napraw dla poszczególnych grup oraz całej populacji pojazdów.



Rys. 4. Skategoryzowany wykres ramkowy dla miesiąca roku 2009 jako czynnika niezależnego oraz zmiennej zależnej – miesięcznych kosztów napraw samochodów w Oddziale Regionalnym CL PP w Lublinie w 2009 roku: a) grupa I, b) grupa II, c) grupa III, d) cała populacja samochodów

Źródło: Obliczenia własne.

Analizując wykresy pokazane na rys. 4 można zauważyć dużą zmienność wartości średnich miesięcznych kosztów napraw pojazdów w poszczególnych grupach. W grupie I różnice sięgały 31%, w grupie II – 50%, zaś w grupie III – jedynie 25%. Dodatkowo widoczny jest wzrost wartości średnich kosztów napraw w marcu i kwietniu 2009 roku. Spowodowane to jest prawdopodobnie faktem, że jest to okres poprzedzający Wielkanoc. Natomiast wzrost średnich kosztów napraw w okresie sierpnia, września oraz października mógł być wywołany kilkoma czynnikami. W okresie wakacyjnym (sezon urlopowy) samochód może być użytkowany przez różnych kierowców, przez co zmniejsza się dbałość o dany obiekt techniczny. W okresie jesiennym występują natomiast nagle zmiany warunków drogowych, co może odbijać się wzrostem kosztów napraw.

WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych wyników analiz statystycznych kosztów napraw samochodów eksploatowanych w lubelskim oddziale regionalnym Centrum Logistycznego Poczty Polskiej w 2009 roku można pokusić się o następujące stwierdzenia:

1. Zastosowany podział analizowanej populacji pojazdów na trzy grupy w oparciu o kryterium wielkości przestrzeni ładunkowej był poprawny. Wartości średnie kosztów napraw (zarówno rocznych jak i miesięcznych) dla poszczególnych grup samochodów istotnie różniły się między sobą.

2. Koszty napraw rosną wraz ze wzrostem przestrzeni ładunkowej. W badanym okresie wartości średnie rocznych kosztów napraw samochodów grupy III były 1,2 razy większe od wartości uzyskanych w grupie II oraz 2,2 razy większe od wartości uzyskanych w grupie I.
3. Istotny wpływ na wartości średnie kosztów napraw pojazdów ma miesiąc eksploatacji. Większe koszty napraw samochodów obserwuje się w miesiącach, w których występuje zwiększone zapotrzebowanie na usługi transportowe, na przykład w okresach przedświątecznych.

Ponieważ przeanalizowane dane dotyczyły eksploatacji samochodów w ciągu tylko jednego roku kalendarzowego, więc na ich podstawie nie była możliwa ocena powtarzalności otrzymanych wyników. Do tego celu konieczne jest przeprowadzenie analizy danych eksploatacyjnych pochodzących z okresu przynajmniej kilku lat. Autorzy artykułu zamierzają dokończyć tego w przyszłości.

AN ANALYSIS OF VEHICLE REPAIRS COSTS IN A TRANSPORT COMPANY

Abstract

In the paper one describes the results of complex statistical analyses of real-life data concerning the costs of the repair of delivery trucks used by the Poczta Polska company in Lublin during 2009.

BIBLIOGRAFIA

1. Bachmann R., Langevin A., *A vehicle cost evaluation algorithm for the strategic analysis of radial distribution networks*. Transportation Research, 2009, Part E, No. 45.
2. Dobosz M., *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*. Wydawnictwo EXIT, Warszawa, 2004.
3. Drożdziel P., Krzywonos L., *A model of the economic effectiveness of the truck transportation services*. Transport Problems, 2010, vol. 5 issue 4.
4. Hebda M., *Eksploatacja samochodów*. Wyd. ITE-PIB, Radom, 2005.
5. Mendyk E., *Ekonomika transportu*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań, 2009.
6. Redmer A., *Optimisation of exploitation period of individual vehicles in freight transportation companies*. Transportation Research, 2009, Part E, No 45.
7. Rydzikowski W., Wojewódzka-Król K., *Transport*. PWN, Warszawa, 2009.
8. Sahin B., Yilmaz H., Ust Y., Guneri A. F., Gulsun B., *An approach for analyzing transportation costs and a case study*. European Journal of Operational Research, 2007, No. 193.
9. Smalko Z., *Podstawy eksploatacji technicznej pojazdów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1998.

Autorzy:

dr hab. inż. **Paweł Drożdziel**, prof. PL – Politechnika Lubelska

dr inż. **Leszek Krzywonos** – Politechnika Lubelska

inż. **Dariusz Siłuch** – Politechnika Lubelska