

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE AVAILABILITY OF THE MEDIUM FIREFIGHTING VEHICLES CHASSIS

WSTĘPNA ANALIZA GOTOWOŚCI PODWOZI ŚREDNICH SAMOCHODÓW POŻARNICZYCH

Agata Walczak¹, Daniel Pieniak¹, Andrzej Niewczas²,
Wiktor Gawroński¹, Piotr Wiśniowski², Leszek Gil³

¹Main School of Fire Service in Warsaw

²Motor Transport Institute in Warsaw

³University of Economics and Innovation in Lublin

e-mail: awalczak@sgsp.edu.pl, dpieniak@sgsp.edu.pl,
andrzej.niewczas@its.waw.pl, wgawronski@sgsp.edu.pl,
piotr.wisniowski@gmail.com, leszek.gil@wsei.lublin.pl

Abstract: The paper presents analysis of the availability of medium firefighting and rescue vehicles chassis used by State Fire Brigade in Warsaw. For analysis of availability of vehicles chassis the technical availability factor has been used. Additionally, in the paper time to restore of the vehicles chassis regarding causes of unavailability has been presented. In the tests the data obtained from the Decision Support System (DSS) of Warsaw State Fire Brigade were applied. The research included the period from January 2012 to May 2015. Based on the results, it can be statement that the operating mileage is the crucial factor of operating degradation of firefighting vehicles chassis.

Keywords: availability, reliability, firefighting vehicle

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę gotowości podwozi średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych użytkowanych przez Państwową Straż Pożarną na terenie miasta stołecznego Warszawa. Do analizy gotowości podwozi samochodów pożarniczych wykorzystano współczynnik gotowości technicznej. Ponadto w artykule przedstawiono czasy odnowy podwozi samochodów w zależności od przyczyn stanu niezdatności. W badaniach wykorzystano dane pozyskane z Systemu Wspomagania Decyzji ST (SWD-ST) Komendy Miejskiej PSP m. st. Warszawa. Zakres badań obejmował przedział czasu od stycznia 2012 r. do maja 2015 r. Na podstawie wyników badań można stwierdzić, że dominującym czynnikiem degradacji eksploatacyjnej samochodów pożarniczych jest przebieg eksploatacyjny pojazdu.

Słowa kluczowe: gotowość, niezawodność, samochód pożarniczy

PRELIMINARY ANALYSIS OF THE AVAILABILITY OF THE MEDIUM FIREFIGHTING VEHICLES CHASSIS

1. Introduction

A success of fire-fighting actions is determined by several factors. First of all, firefighters should be informed as early as possible about the incident. An appropriate means and measures should be involved, while the time to reach the spot should not be too long. The effectiveness of the fire-fighting actions depends not only on the humans, but also on the availability of firefighting vehicle.

Firefighting vehicles based on the basic usage can be divided into the following groups: rescue – firefighting, technical rescue, medical rescue, chemical rescue, fire command, for people transportation, supply and other specialist vehicles [6]. The vehicles most commonly used by the State Fire Brigade, due to the universal equipment, are the rescue – firefighting ones. These are vehicles with the special equipment, such as firefighting pump, water tank and extinguishing media, as well as with the specialized equipment. A standard equipment of such vehicles is described in the appendix to the requirements of the Fire Chief of Poland with regards to standardization of firefighting vehicles and other means of transportation [10]. Rescue – firefighting vehicles due to their gross laden mass (GLM) are divided into 3 groups: light ($3 < \text{GLM} \leq 7.5$ tons), medium ($7.5 < \text{GLM} \leq 16$ tons) and super ($\text{GLM} > 16$ tons). Due to the type of chassis and a drive, the vehicles are classified as: the city vehicles, the adapted to off-road vehicles and the off-road vehicles. The chassis for firefighting vehicles are the ones of mass-produced vehicles with appropriately selected systems and parameters [1].

a)



b)



*Fig. 1. Medium rescue – firefighting vehicle with chassis manufactured by:
a) the Renault Midlum, b) the Mercedes-Benz*

Firefighting vehicles need to be designed with respect to fulfilling both assumed structural parameters, as well as operational ones. A significant factor is a long-term operation, and high reliability of the vehicle. Reliability of the fire fighting vehicle should be considered as a group of features, such as: failure-free operation, availability, durability and maintainability [8]. The vehicle availability is the derivative of its construction complexity and the variability of the operating load.

The availability of technical objects with respect to the objective and the object itself is defined in various ways [4, 5]. In case of the fire vehicle chassis, the technical availability is of significant importance. It is the situation when the chassis is ready, supported and can fulfill all expected tasks i.e. emergency transport and evacuation as well as energy supply. The availability is an important feature of the rescue systems, especially intended for high risk actions in, e.g. the firefighting rescue systems [3]. Therefore, in this article the emphasis is on the selected reliability factors of the vehicles – the technical availability.

For the analysis of the above defined availability of the firefighting vehicles chassis the technical availability factor has been used. The technical availability factor has been estimated as the ratio of total time of the vehicle chassis availability to the sum of availability and unavailability periods, according to the following equation [7, 9]:

$$K_g = \frac{T_Z}{T_Z + T_N} \quad (1)$$

where:

- TZ – time of vehicles chassis availability periods [hrs],
- TN – time of vehicles chassis unavailability periods [hrs].

The period when a vehicle chassis is in the availability state is considered as a sum of operating and waiting time for realization of the assigned task [2]. The time when a vehicle chassis is unavailable is considered as a sum of duration of all activities related to its unavailability (e.g. repairs, supplies, servicing).

2. Objectives and study methods

The studies were carried out on the group of 22 medium rescue – firefighting vehicles used by State Fire Brigade in 18 rescue – firefighting units located in Warsaw. In the tests the data obtained from the Decision Support System (DSS) of Warsaw State Fire Brigade were applied. The research included the period from January 2012 to May 2015.

The objective of this paper is the analysis of the firefighting vehicles chassis availability.

3. Results and study analysis

The recorded quantitative data concerning availability and unavailability time of firefighting vehicles chassis are presented in a box plot (fig. 2, fig. 3, fig. 4). Additionally, technical availability factor values with regarding the vehicle brand are listed in the table (tab. 1).

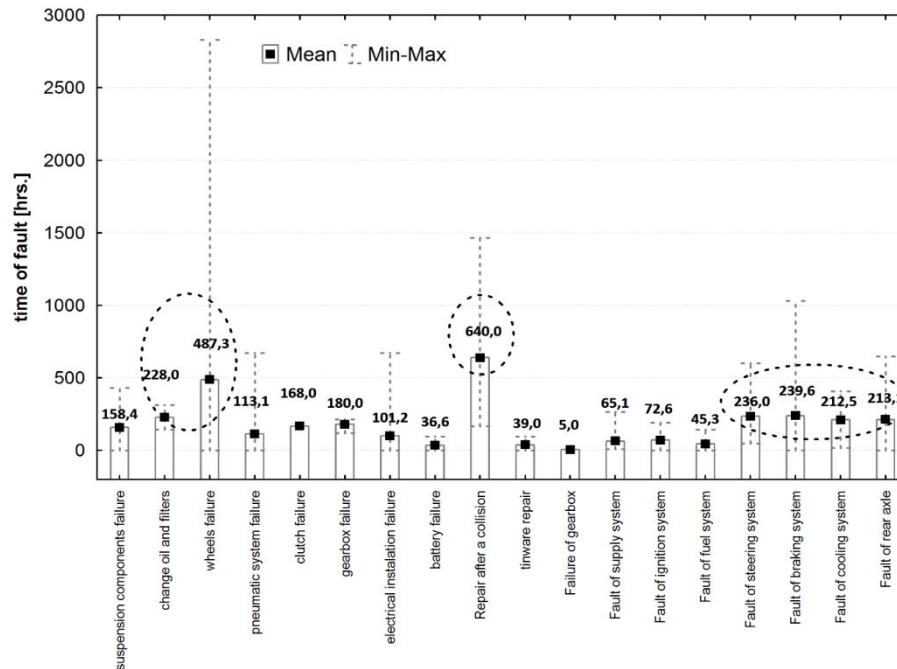


Fig.2. Descriptive statistics of time to restore the vehicle chassis availability regarding the chassis malfunction

The graph in figure 2 presents descriptive statistics of time to restore firefighting vehicles chassis availability regarding the chassis malfunction. The highest average time to restore chassis malfunction was obtained for the unavailability caused by the road accident and it was 640 hours. There is a visible significant difference between maximum and minimum values observed for such type of unavailability. The DSS makes more detailed analysis of the incident impossible, as it does not include cause of collision (human's error, bad weather conditions, damage and failure of vehicle's components). High average time to restore the availability - 487.3 hrs, has been observed for the unavailability due to wheels damages. The obtained results indicate overestimation of the average repair time of such type of repair by the single outlier value. The excessive value of the repair time in this particular case most probably indicates the probable impact of logistic factors (insufficient spare parts supplies).

Figure (fig. 3) presents descriptive statistics of unavailability time of vehicles chassis regarding their year of production. There is a visible hypothetical dependency which shows that the older vehicles are, being over 10 years in operation, the higher frequency failure is. However this regularity is not the same. It is also worth mentioning that a high value of unavailability of the vehicles produced in 2012 was mainly influenced by the gearbox failures and the bodywork repairs of the Renault vehicles.

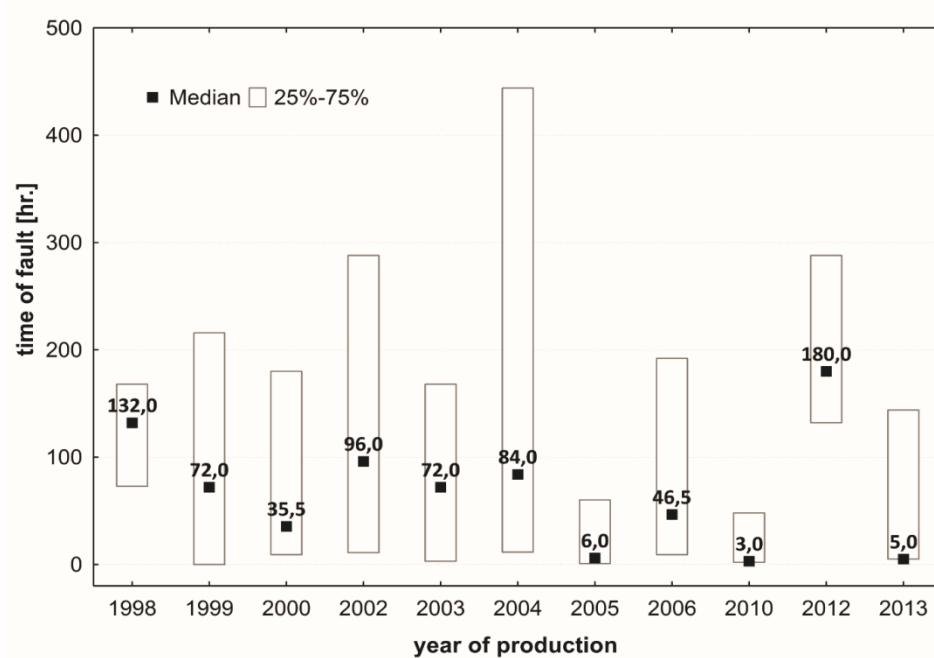


Fig. 3 Descriptive statistics of the vehicles chassis unavailability regarding year of its production

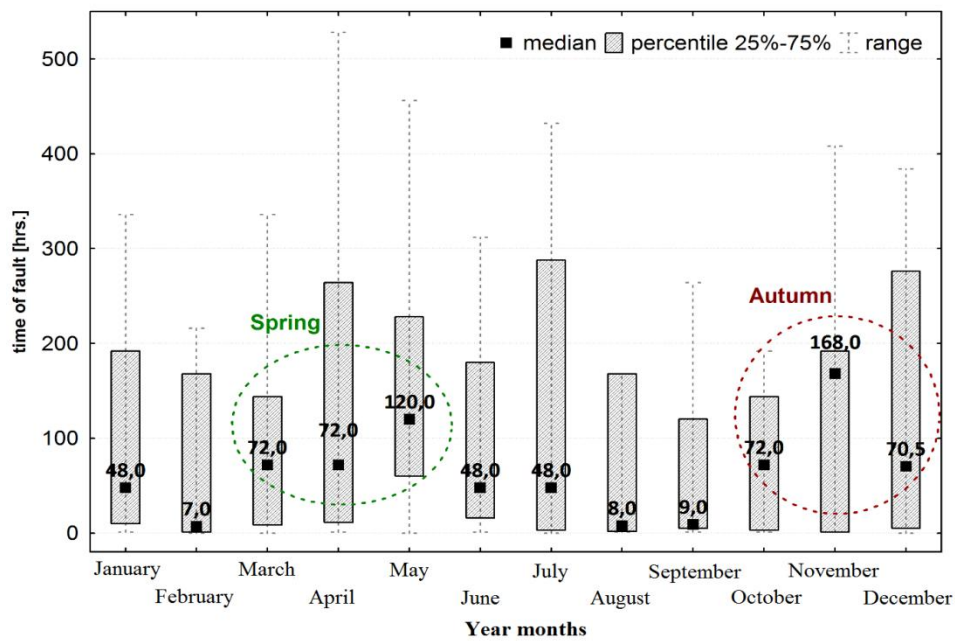


Fig. 4. Descriptive statistics of the vehicle chassis unavailability regarding the month

The graph (fig. 4) shows the descriptive statistics of the unavailability time of firefighting vehicles regarding the month of the year. The highest values of the average vehicle unavailability times were observed during spring and autumn. Table 1 presents the technical availability factors of the given vehicle brand. Higher value of the factor indicates higher reliability of the vehicles of the given brand.

Tab.1. Technical availability factor of vehicles

No.	Brand and type of chassis	K_g [-]
1.	MAN L75	0,9612
2.	Renault Midliner	0,9695
3.	Renault Midlum	0,9695
4.	Star (6x6 i 4x4)	0,9372

The average production years of the Renault Midliner and of the Renault Midlum vehicles, for which the highest availability factor was obtained, were respectively the year 2000 and the year 2007. For the Star and the Man vehicles the average production year was respectively the year 2003 and the year 2007. Thus, it can be concluded that the year of production does not, significantly, influence the vehicle reliability. This is in contrary to the results presented in fig. 3. Therefore, it seems that the value of technical availability factor is most probably influenced by the mileage. It was observed that one of two studied MAN vehicles and two of three Renault Midliner, were mainly used in case of unavailability of other medium rescue – firefighting vehicles, operating in the observed rescue – firefighting units. It means that the vehicles, characterized by the high availability factor, have relatively low operating mileage.

3. Conclusion

- 1) Reliability of firefighting vehicles chassis should be considered separately from the specialized equipment of vehicle body.
- 2) The conducted studies have shown that the longest unavailability periods were due to the repairs after road accidents. The lack of detailed data during the rescue – firefighting actions in the DSS, makes the evaluation, if the accidents were caused by human error or other factors, impossible.
- 3) The studies have indicated excessively long unavailability time of vehicles chassis related to the wheel damage. It can indicate poor logistic preparation of rescue – firefighting units for performing quick repairs.
- 4) The crucial factor of operating degradation of firefighting vehicles chassis is the operating mileage (operating time in rescue – firefighting action) not a year of the vehicles production (their age).

4. Literature

- [1] Gontarz A. Nowoczesne podwozia i kabiny stosowane w samochodach pożarniczych – wady i zalety. *Technika i Technologia* 3/2007, pp. 155-170.
- [2] Kowalski K. Nieuszkodzalność, gotowość i obsługiwalność systemów uzbrojenia. *Postępy Nauki i Techniki* 12/2012, pp. 61-71.
- [3] Kruk Z., Kupicz W. Przykład kwantyfikacji gotowości operacyjnej środków transportowych używanych akcyjnie. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 2/2014, pp. 85-91.
- [4] Lorenc A.K., Szkoda M. Rezerwowanie jako metoda zwiększenia gotowości i niezawodności floty pojazdów. *Logistyka* 3/2014, pp. 3845-3853.
- [5] Macha E. Niezawodność maszyn. Oficyna Wydawnictwa Politechniki Opolskiej. Opole 2001.
- [6] PN-EN 1846-1:2011. Samochody pożarnicze. Część 1. Podział i oznaczenia.
- [7] Różański H., Jabłoński K. Ocena niezawodności złożonego obiektu technicznego na przykładzie rozdrabniarki MSJ-2,5 DTG. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leżna* 2/2014, pp. 24-27.
- [8] Szkoda M. Wskaźniki niezawodności środków transportu szynowego. *Logistyka* 3/2012, pp. 2195-2202.
- [9] Szkoda M., Lorenc A.K. Analiza gotowości i niezawodności taboru kolejowego z uwzględnieniem rezerwy eksploatacyjnej. *Pojazdy Szynowe* 3/2014, pp. 59-61.
- [10] Wytyczne standaryzacji pojazdów pożarniczych i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej z dnia 14 kwietnia 2011 r.



Cpt. Agata Walczak, MSc. Eng. – graduated from the Faculty of Firefighting Safety Engineering of Main School of Fire Services in Warsaw. Since 2011 she is employed as a teaching assistant at the Division of Applied Mechanics of Main School of Fire Services in Warsaw (Share 25%).



Daniel Pieniak, PhD. Eng. – graduated from the Faculty of Mechanics of Lublin University of Technology. In 2010 he earned a doctorate in technical sciences in the field of construction and operation of machines. Since 2006 he is an employee of the Division of Applied Mechanics of Main School of Fire Services in Warsaw (Share 20%).



Prof. Andrzej Niewczas, PhD. Eng. – is an employee of the Motor Transport Institute in Warsaw. Additionally he is a President of the Board of the Polish Maintenance Society (Share 15%).



Maj. Wiktor Gawroński, MSc. Eng. - graduated from the Faculty of Firefighting Safety Engineering of Main School of Fire Services in Warsaw. Since 2003 he is employed as a teaching assistant and since 2008 as a head of section, currently the Crisis Situation Simulation Section of Main School of Fire Services in Warsaw (Share 15%).



Piotr Wiśniowski, MSc. Eng. – graduated from the Faculty of Automotive and Construction Machinery Engineering of Warsaw University of Technology. Since 2008 employed as a Specialist Engineer at the Motor Transport Institute in Warsaw (Share 15%).



Leszek Gil, PhD. Eng. – graduated from the Faculty of Mechanics of Lublin University of Technology. In 2011 he earned a doctorate in technical sciences in the field of construction and operation of machines. Since 2011 he is and employee of the Faculty of Transport and Informatics of University of Economics and Innovation in Lublin (Share 10%).

WSTĘPNA ANALIZA GOTOWOŚCI PODWOZI ŚREDNICH SAMOCHODÓW POŻARNICZYCH

1. Wstęp

Powodzenie działań ratowniczo-gaśniczych uwarunkowane jest wieloma czynnikami. Przede wszystkim strażacy muszą być odpowiednio wcześniej poinformowani o zdarzeniu. Muszą być zadysponowane właściwe siły i środki, a czas dojazdu do miejsca akcji nie może być zbyt długi. Skuteczność działań ratowniczo-gaśniczych zależy więc nie tylko od człowieka, ale również od gotowości pojazdu pożarniczego.

Pojazdy pożarnicze ze względu na podstawowe zastosowanie dzielone są na samochody: ratowniczo-gaśnicze, ratownictwa technicznego, ratownictwa medycznego, ratownictwa chemicznego, dowodzenia, do przewozu osób, zaopatrzeniowe oraz inne specjalistyczne pojazdy samochodowe [6]. Najczęściej użytkowymi samochodami przez Państwową Straż Pożarną (PSP), ze względu na uniwersalne wyposażenie, są samochody ratowniczo-gaśnicze. Są to pojazdy o specjalistycznej zabudowie, wyposażone w pompę pożarniczą, w zbiornik na wodę oraz środki gaśnicze, a także w specjalistyczny sprzęt. Standard wyposażenia tych samochodów określony jest w załączniku do wytycznych Komendanta Głównego PSP w sprawie standaryzacji pojazdów pożarniczych i innych środków transportu [10]. Samochody ratowniczo-gaśnicze ze względu na maksymalną masę rzeczywistą (MMR) dzielone są na 3 klasy: lekkie ($3 > \text{MMR} \geq 7,5$ ton), średnie ($7,5 > \text{MMR} \geq 16$ ton) i ciężkie ($\text{MMR} > 16$ ton). Ze względu na rodzaj podwozia i napędu samochodu określana jest kategoria pojazdu: miejska, uterenowiona, terenowa. Jako podwozia pojazdów pożarniczych stosowane są podwozia pojazdów produkowanych seryjnie o odpowiednio dobranych zespołach i parametrach [1].



Rys. 1. Średni samochód ratowniczo-gaśniczy na podwoziu producenta marki:
a) Renault Midlum, b) Mercedes-Benz

Pojazdy pożarnicze muszą być projektowane pod kątem spełnienia zarówno zakładanych parametrów konstrukcyjnych, jak i eksploatacyjnych. Istotnym wymaganiem jest wysoka żywotność i niezawodność pojazdu. Niezawodność pojazdu pożarniczego należy rozumieć jako zespół cech pojazdu takich jak: nieuszkodzalność, gotowość, trwałość i obsługiwalność [8]. Zawodność pojazdów jest pochodną ich złożoności konstrukcyjnej i zmienności obciążeń eksploatacyjnych.

Gotowość obiektów technicznych w zależności od celu i obiektu badań jest różnie definiowana [4, 5]. W przypadku podwozi samochodów pożarniczych zastosowanie może mieć gotowość techniczna. Jest to stan, w którym podwozie jest zdadne i dostateczne, zaopatrzone oraz może realizować przewidziane dla niego zadania, m.in.: interwencyjny transport i ewakuacja oraz zasilanie odbiorników energii. Gotowość jest ważną cechą systemów ratownictwa, zwłaszcza przeznaczonych do działania w sytuacji dużego zagrożenia, np. systemów ratownictwa przeciwpożarowego [3]. W związku z niniejszym w artykule położono nacisk na wybrany wskaźnik niezawodności pojazdów – gotowość techniczną.

Do analizy zdefiniowanej powyżej gotowości podwozi pojazdów pożarniczych wykorzystano współczynnik gotowości technicznej. Współczynnik gotowości technicznej został określony jako stosunek łącznego czasu przebywania podwozi pojazdów w stanie zdadności do sumy czasu przebywania podwozi pojazdów w stanie zdadności i niezdadności według następującego równania [7, 9]:

$$K_g = \frac{T_z}{T_z + T_N} \quad (1)$$

gdzie:

T_z – czas przebywania podwozi pojazdów w stanie zdadności [godz.],

T_N – czas przebywania podwozi pojazdów w stanie niezdadności [godz.].

Czas przebywania podwozia pojazdu w stanie zdadności traktowany jest jako suma czasu pracy i czasu oczekiwania na realizację zleconego zadania [2]. Czas przebywania podwozia samochodu w stanie niezdadności traktowany jest natomiast jako suma czasów wszystkich czynności związanych z niezdadnością podwozia pojazdu pożarniczego (np. naprawa, zaopatrywanie, przegląd pojazdu).

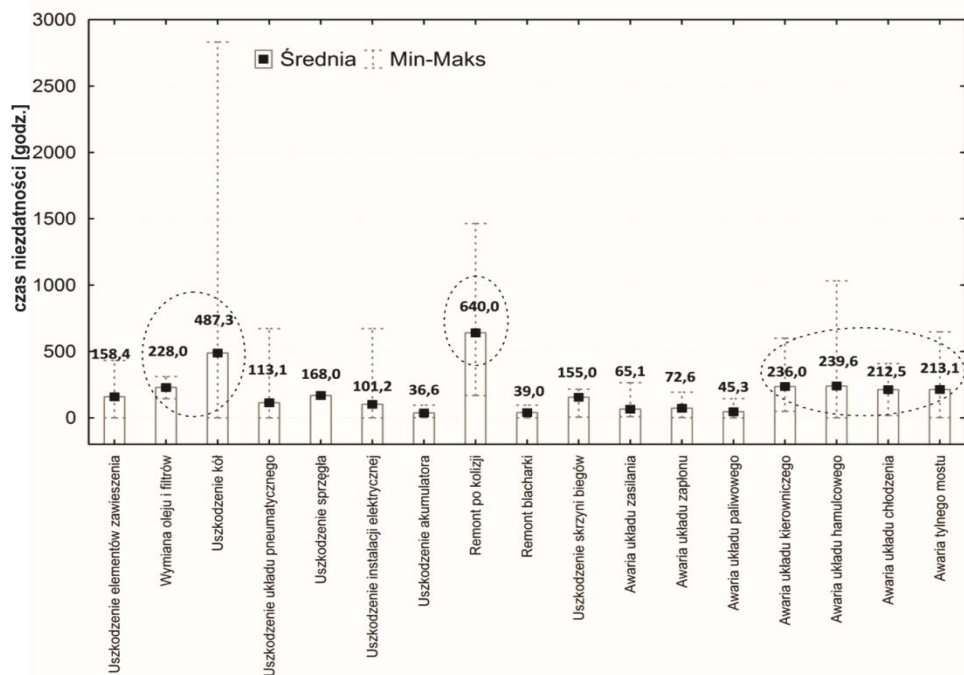
2. Cel i metoda badań

Badania prowadzono na próbie 22 średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych użytkowanych przez Państwową Straż Pożarną w 18 jednostkach ratowniczo-gaśniczych (jrg) na terenie miasta stołecznego Warszawy. W badaniach wykorzystano dane pozyskane z Systemu Wspomagania Decyzji - ST (SWD-ST) Komendy Miejskiej PSP m. st. Warszawa. Zakres badań obejmował okres czasu od stycznia 2012 r. do maja 2015 r.

Celem artykułu jest analiza gotowości wybranych marek podwozi pojazdów pożarniczych.

3. Wyniki i analiza badań

Zarejestrowane dane ilościowe dotyczące czasu przebywania w stanie niezdadności podwozi samochodów pożarniczych przedstawiono na wykresach ramkowych (rys. 2, rys. 3, rys. 4). Ponadto w tabeli (tab. 1) przedstawiono wartości współczynnika gotowości technicznej w zależności od marki samochodu.

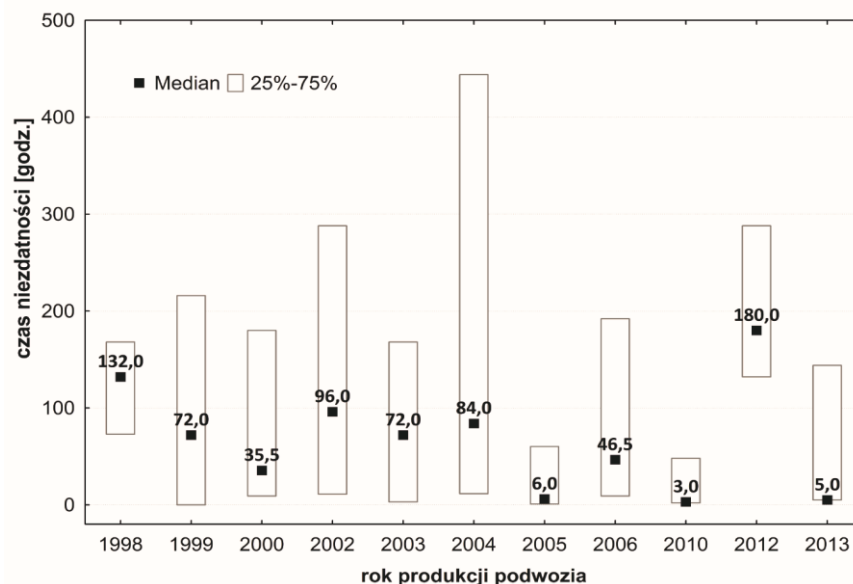


Rys.2. Statystyki opisowe czasu odnowienia podwozia pojazdu (przebywania w stanie niezdadności) do zdadności w zależności od przyczyn stanu niezdadności

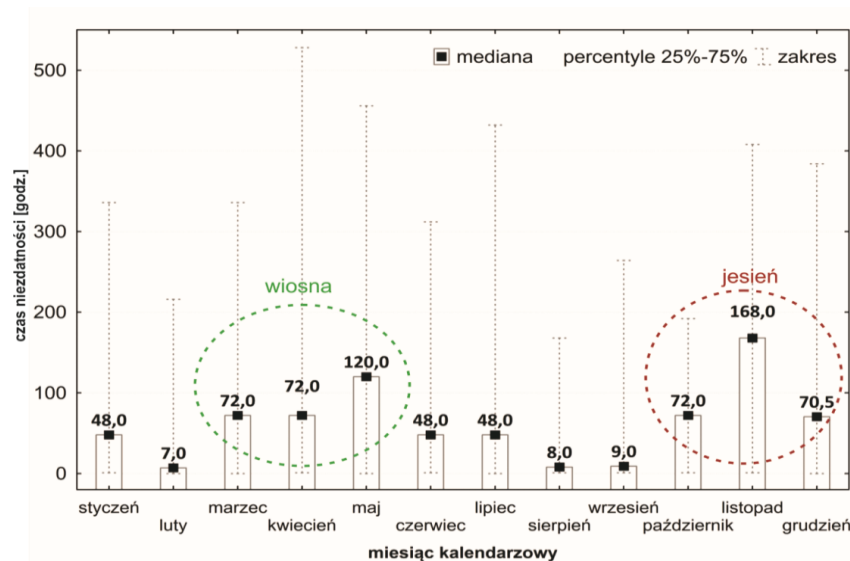
Wykres na rys. 2 przedstawia statystyki opisowe czasu odnowienia podwozi rozumianego jako czas przebywania w stanie niezdadności w zależności od przyczyn stanu niezdadności. Najwyższy średni czas odnowienia uzyskano dla niezdadności spowodowanej kolizją drogową i wynosił on 640 godzin. Widoczna jest duża różnica między maksymalną a minimalną wartością uzyskaną dla tego rodzaju uszkodzenia. SWD-ST uniemożliwia dokonanie dokładniejszej analizy tego zdarzenia, gdyż nie wyszczególnia się tu przyczyn kolizji pojazdu (np. błąd ludzki, złe warunki pogodowe, awarie i uszkodzenia elementów pojazdu). Wysoki średni czas przywrócenia zdadności, 487,3 godz., stwierdzono w przypadku niezdadności spowodowanych uszkodzeniem kół. Uzyskane wyniki sugerują zawyżenie średniego czasu odnowy tego rodzaju niezdadności przez pojedynczą wartość odstającą.

Nadmierna wartość czasu odnowy w tym przypadku wskazuje na prawdopodobny wpływ czynników logistycznych (niedostatki zaopatrzenia w części zamienne).

Preliminary analysis of the availability of the medium firefighting vehicles chassis
Wstępna analiza gotowości podwozi średnich samochodów pożarniczych



Rys. 3. Statystyki opisowe czasu przebywania w stanie niezdatności podwozia pojazdu w zależności od roku jego produkcji



Rys. 4. Statystyki opisowe czasu przebywania w stanie niezdatności podwozia pojazdu w zależności od miesiąca kalendarzowego

Na wykresie (rys. 3) przedstawiono statystyki opisowe czasu przebywania w stanie niezdatności podwozi samochodów w zależności od roku produkcji pojazdów. Widoczna jest tu hipotetyczna prawidłowość polegająca na tym, że pojazdy starsze, których czas służby wynosi ponad 10 lat są bardziej awaryjne.

Prawidłowość ta nie jest jednak jednoznaczna. Warto również dodać, że na dużą wartość czasu niezdatności pojazdów wyprodukowanych w 2012 roku wpłynęły głównie awarie skrzyń biegów i remonty blacharskie samochodów marki Renault. Na wykresie (rys. 4) przedstawiono statystyki opisowe czasu przebywania w stanie niezdatności podwozi pojazdów pożarniczych w zależności od miesiąca kalendarzowego okresu użytkowania. Najwyższe wartości średnich czasów niezdatności zaobserwowano w okresie wiosny i jesieni.

W tabeli 1 przedstawiono współczynniki gotowości technicznej z podziałem na marki podwozi pojazdów. Wyższa wartość współczynnika wskazuje na wyższą niezawodność pojazdów danej marki podwozia.

Tab.1. Współczynnik gotowości technicznej pojazdów

Lp.	Marka i typ Podwozia	K_g [-]
1.	<i>MAN L75</i>	0,9612
2.	<i>Renault Midliner</i>	0,9695
3.	<i>Renault Midlum</i>	0,9695
4.	<i>Star (6x6 i 4x4)</i>	0,9372

Średni rok produkcji samochodów Renault Midliner i Renault Midlum, dla których osiągnięto najwyższą wartość współczynnika gotowości, to odpowiednio 2000 i 2007 r. Średni rok produkcji samochodów marki Star i Man wynosił odpowiednio 2003 r. i 2007 r. Wnioskować można więc, że rok produkcji pojazdu nie wpływa istotnie na jego niezawodność, inaczej niż sugerują wyniki przedstawione na rys. 3. Wydaje się zatem, że na wartość współczynnika gotowości technicznej wpływa przede wszystkim przebieg pojazdu. Zauważono, że jeden z dwóch badanych pojazdów marki MAN oraz dwa z trzech pojazdów marki Renault Midliner wykorzystywane były głównie zastępczo, w przypadku niezdatności pozostałych średnich samochodów ratowniczo-gaśniczych będących na wyposażeniu obserwowanych jednostek ratowniczo-gaśniczych. Oznaczać to może, że samochody charakteryzujące się dużym współczynnikiem gotowości mają względnie mały przebieg eksploatacyjny.

3. Wnioski

- 1) Niezawodność podwozi samochodów pożarniczych powinna być rozpatrywana odrębnie od zabudowanych urządzeń specjalistycznych (nadwozi).
- 2) Przeprowadzone badania wykazały, że przyczyną najdłuższych okresów przebywania w stanie niezdatności były naprawy po kolizji drogowej. Brak szczegółowych danych zaistniałych w trakcie działań ratowniczo-gaśniczych w SWD-ST uniemożliwia ocenę, czy kolizje pojazdów spowodowane były błędem ludzkim, czy też innymi czynnikami.
- 3) Przeprowadzone badania wykazały nadmiernie długi czas przebywania w stanie niezdatności podwozi pojazdów w związku z uszkodzeniem kół. Może to wskazywać na złe przygotowanie logistyczne jednostek ratowniczo-gaśniczych do wykonywania szybkich napraw.

- 4) Dominującym czynnikiem degradacji eksploatacyjnej podwozi pojazdów pożarniczych jest przebieg eksploatacyjny pojazdu (czasu użytkowania w warunkach działań ratowniczo-gaśniczych), a nie rok produkcji pojazdu (wiek).

4. Literatura

- [1] Gontarz A. Nowoczesne podwozia i kabiny stosowane w samochodach pożarniczych – wady i zalety. *Technika i Technologia* 3/2007, pp. 155-170.
- [2] Kowalski K. Nieuszkodzalność, gotowość i obsługi walność systemów uzbrojenia. *Postępy Nauki i Techniki* 12/2012, pp. 61-71.
- [3] Kruk Z., Kupicz W. Przykład kwantyfikacji gotowości operacyjnej środków transportowych używanych akcyjnie. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* 2/2014, pp. 85-91.
- [4] Lorenc A.K., Szkoda M. Rezerwowanie jako metoda zwiększenia gotowości i niezawodności floty pojazdów. *Logistyka* 3/2014, pp. 3845-3853.
- [5] Macha E. Niezawodność maszyn. Oficyna Wydawnictwa Politechniki Opolskiej. Opole 2001.
- [6] PN-EN 1846-1:2011. Samochody pożarnicze. Część 1. Podział i oznaczenia.
- [7] Różański H., Jabłoński K. Ocena niezawodności złożonego obiektu technicznego na przykładzie rozdrabniarki MSJ-2,5 DTG. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leżna* 2/2014, pp. 24-27.
- [8] Szkoda M. Wskaźniki niezawodności środków transportu szynowego. *Logistyka* 3/2012, pp. 2195-2202.
- [9] Szkoda M., Lorenc A.K. Analiza gotowości i niezawodności taboru kolejowego z uwzględnieniem rezerwy eksploatacyjnej. *Pojazdy Szynowe* 3/2014, pp. 59-61.
- [10] Wytyczne standaryzacji pojazdów pożarniczych i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej z dnia 14 kwietnia 2011 r.



Kpt. mgr inż. Agata Walczak – ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od 2011 roku jest zatrudniona na stanowisku asystenta w Zakładzie Mechaniki Stosowanej w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (Udział 25%).



Dr inż. Daniel Pieniak – ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. W 2010 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej budowa i eksploatacja maszyn. Od 2006 roku jest pracownikiem Zakładu Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (Udział 20%).



Prof. dr hab. inż. Andrzej Niewczas – jest pracownikiem Instytutu Transportu Samochodowego w Warszawie. Ponadto jest Prezesem Zarządu Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego (Udział 15%).



Mł. bryg. mgr inż. Wiktor Gawroński - absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od roku 2003 zatrudniony na stanowisku asystenta, a od roku 2003 kierownika pracowni, obecnie Pracowni Symulacji Sytuacji Kryzysowych SGSP (Udział 15%).



Mgr inż. Piotr Wiśniowski – ukończył studia na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Od 2008 roku zatrudniony na stanowisku specjalisty inżynieryjno – technicznego w Instytucie Transportu Samochodowego (Udział 15%).



Dr inż. Leszek Gil - ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej. W 2011 roku uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej budowa i eksploatacja maszyn. Od 2011 roku jest pracownikiem Wydziału Transportu i Informatyki Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie (Udział 10%).

