

# Wpływ położenia tylnej kanapy samochodu na stan obciążenia dziecka w czasie zderzenia

## The influence of rear car seat position on the child's load condition during collision

JERZY JACKOWSKI  
OLGA MICHNIKOWSKA \*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.2.34>

W artykule zaprezentowano wyniki zderzeniowych badań stanowiskowych, mających na celu określenie stanu obciążeń manekina, reprezentującego dziecko w wieku trzech lat, posadzonego w foteliku samochodowym przy różnym położeniu kątowym tylnej kanapy samochodowej. Badania wykonywano podczas symulowanego zderzenia czołowego z prędkością ok. 15 km/h. Do badań wybrano foteliki dla dzieci II-III kategorii wagowej (15÷36 kg) według Regulaminu nr 44 EKG ONZ. Na podstawie uzyskanych wyników porównano na przykładach wpływ kąta nachylenia kanapy samochodowej i sposobu zamocowania do niej fotelika samochodowego na poziom obciążenia.

**SŁOWA KLUCZOWE:** transport, bezpieczeństwo dzieci, foteliki dla dzieci

*The paper presents the results of the crash test aimed at observe level of acceleration of the dummy representing a child at the age of 3 years, seated in the car seat with various angle position of the rear seat of car. The research was carried out during simulated frontal collision at a speed of about 15 km/h. Selected for the child seats II-III (15÷36 kg) weight category according to Regulation No. 44 of UNECE. Presented results of stand tests are aimed at compare dependence effect inclination angle the car seat and method of fixing it on car seat on examples.*

**KEYWORDS:** transport, safety of children, child seats

Ze względu na dużą liczbę zderzeń czołowych i ich tragiczne skutki przy dużej prędkości jazdy badania homologacyjne oraz zdecydowana większość prowadzonych na świecie testów zderzeniowych [17–19] dotyczą oceny bezpieczeństwa uczestników ruchu w czasie zderzenia czołowego z prędkością równą 50 km/h lub większą. Okazuje się jednak, że aż 9% odnotowanych w ubiegłym stuleciu wypadków z udziałem dzieci zdarzało się przy prędkości samochodu mniejszej od 50 km/h, a kierunki uderzeń były różne [3]. Warto podkreślić, że badania homologacyjne, jakim poddawane są foteliki samochodowe, prowadzi się w warunkach jednokierunkowego i symetrycznego obciążenia, tymczasem w rzeczywistości podczas wypadku mamy do czynienia z oddziaływaniem sił i przyspieszeń w różnych kierunkach [16]. Ponadto położenie, kształt oraz sztywność kanapy, na której umieszczony jest fotelik, są różne w zależności od marki i typu samochodu.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dynamicznych wykonanych w warunkach odbiegających od tych, w jakich prowadzi się badania homologacyjne. Pod-

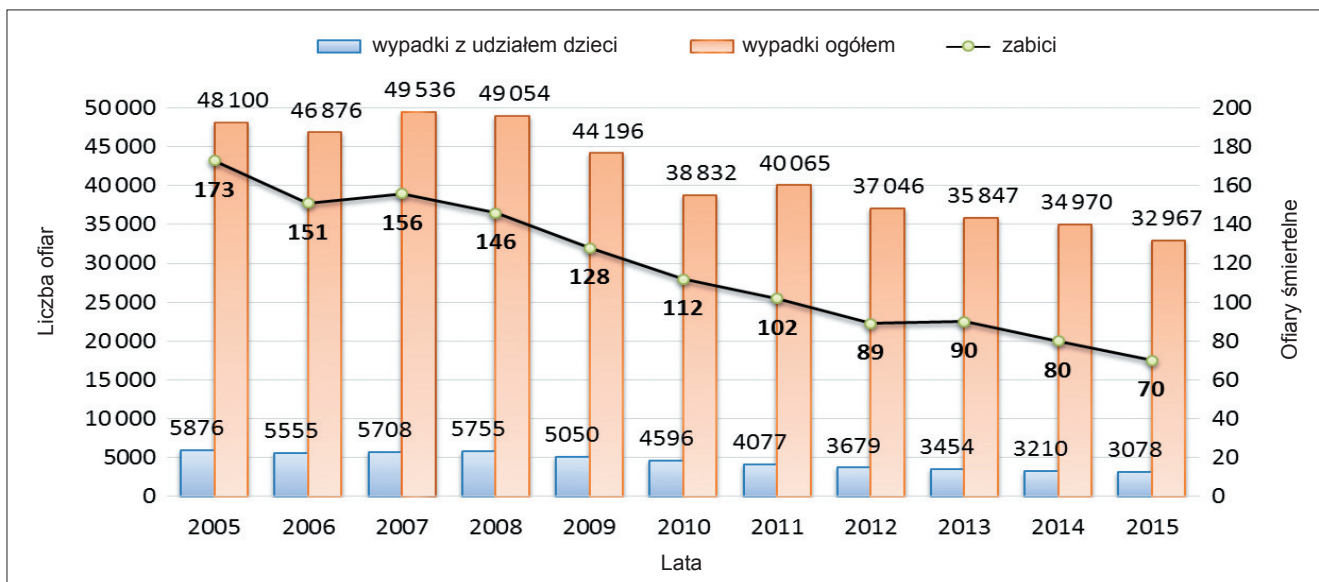
czas tych badań skoncentrowano się na stanie obciążeń i zabezpieczeniu manekina (reprezentującego trzyletnie dziecko) w przypadku różnych sposobów ustawienia kanapy samochodowej oraz połączenia fotelika z tą kanapą.

### Przewożenie dziecka w samochodzie

Konstrukcje samochodów oraz bezpieczeństwo pasażerów nimi podróżujących bada się już od lat 50. i 60. poprzedniego stulecia [1], jednak rozważania dotyczące bezpieczeństwa dzieci przewożonych samochodami pojawiły się znacznie później. W Europie do 1973 r. praktycznie nie było rozwiązań konstrukcyjnych, które chroniłyby dzieci w sposób porównywalny z zabezpieczeniem osoby dorosłej, np. przez pasy bezpieczeństwa [3]. Obecnie niemal w całym rozwiniętym motoryzacyjnie świecie istnieje obowiązek przewożenia dziecka w specjalnym urządzeniu ochronnym, jakim jest fotelik samochodowy. Nowe przepisy unijne dotyczące bezpieczeństwa dzieci, obowiązujące w Polsce od 15 maja 2015 r., zamiast granicy wieku (12 lat) wprowadziły inny parametr decydujący o konieczności przewożenia dziecka w foteliku lub na podstawce podwyższającej – jest nim mianowicie wzrost dziecka. Pasażerowie samochodów osobowych lub dostawczych, którzy nie ukończyli trzech lat, muszą być przewożeni wyłącznie w fotelikach dziecięcych. W przypadku dzieci trzyletnich lub starszych, które mają poniżej 150 cm wzrostu i masę mniejszą niż 36 kg, konieczne jest używanie odpowiednich fotelików lub podstawek podwyższających.

Ciało dziecka jest inaczej ukształtowane i ma inną biomechaniczną wytrzymałość niż ciało dorosłych osób, dlatego sposób jego zabezpieczenia w samochodzie przed skutkami zdarzeń drogowych musi się wiązać z zastosowaniem specjalnie skonstruowanego urządzenia, przytrzymującego dziecko podczas wypadku [21]. Żadne urządzenie nie zagwarantuje pełnego bezpieczeństwa w bardzo zróżnicowanych warunkach ruchu samochodu. Dane statystyczne Komendy Policji z 2015 r. wskazują, że w Polsce podczas 2820 zdarzeń drogowych z udziałem dzieci rany odniosło 3078, a 70 poniosło śmierć (rys. 1). W opracowaniu [16] zauważono, że stan obrażeń dzieci przewożonych w odpowiednio zamontowanym foteliku samochodowym zależy od zastosowanych w nim materiałów konstrukcyjnych. Co więcej, zła konstrukcja fotelika może prowadzić do trwałych uszkodzeń ciała, a nawet zgonu dziecka. W praktyce najmłodszy pasażerowie są przygotowywani do podróży przez osoby dorosłe i zazwyczaj są lepiej zabezpieczeni przed skutkami wypadków. Starsze dzieci, które samodzielnie lub tylko z niewielką pomocą sadowią się w foteliku, nie zawsze są prawidłowo zabezpieczone pasami [19, 20].

\* Dr hab. inż. Jerzy Jackowski (jerzy.jackowski@wat.edu.pl), mgr inż. Olga Michnikowska (olga.michnikowska@wat.edu.pl) – Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, Wojskowa Akademia Techniczna



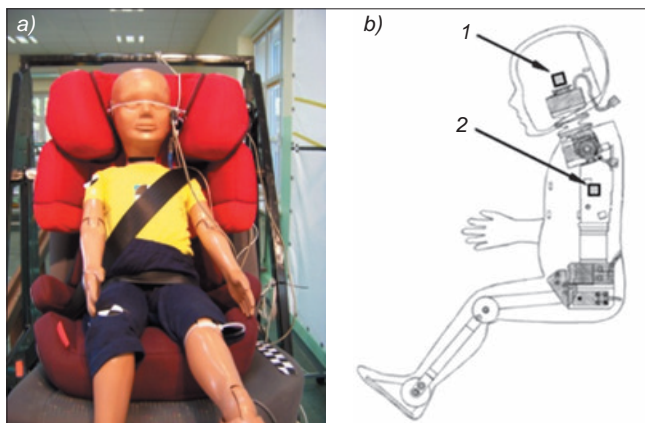
Rys. 1. Wypadki z udziałem dzieci i liczba ofiar w latach 2005–2015 [4–14]

### Badania stanowiskowe

W testach stanowiskowych podjęto próbę zbadania zachowania się manekina dziecka, umieszczonego w foteliku samochodowym, podczas zderzenia czołowego z małą prędkością (ok. 15 km/h), z uwzględnieniem różnych położenia kanapy samochodowej (fotela samochodowego). Badania prowadzono na stanowisku opisanych w pracy [2]. Do badań posłużył manekin o masie 15 kg (co odpowiada wadze dziecka w wieku ok. trzech lat), który w głowie i na torsie miał umieszczone czujniki przyspieszeń (rys. 2). Czujniki znajdowały się także w podstawach fotelika oraz kanapy samochodowej.

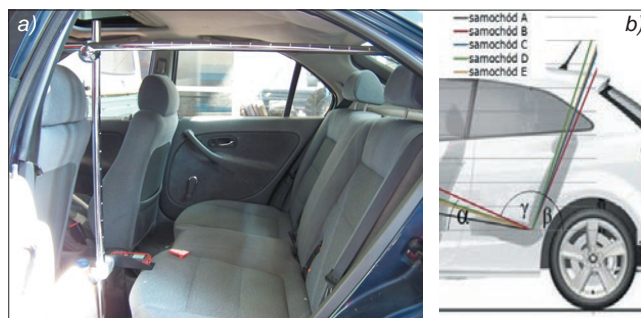
Mała prędkość przedzderzeniowa wynikała z ograniczeń stanowiska badawczego, przy czym jest to realna prędkość występująca podczas zdarzeń drogowych, biorąc pod uwagę stosunkowo wysoki odsetek zderzeń tylnych (ok. 12% wszystkich wypadków) czy przypadków najechania na nieruchomy pojazd (ok. 1%), w których 1% uczestników ponosi śmierć [4–14].

Na podstawie rankingów popularności samochodów różnych marek wytypowano pięć pojazdów, w których wykonano pomiary położenia i zarysu profilu siedziska i oparcia tylnej kanapy. Na podstawie tych pomiarów (rys. 3) stwierdzono istotne różnice (sięgające kilkunastu stopni) dotyczące kąta nachylenia oparcia i siedziska



Rys. 2. Fotelik z manekinem przygotowany do badań (a) oraz umieszczenie czujników (1 i 2) na manekinie (b). Opracowanie własne na podstawie [15]

kanapy tylnej (patrz tablica). Dalej zaprezentowano wyniki testów dla samochodów oznaczonych jako E i B, reprezentujących odpowiednio pośrednie (najczęściej spotykane) i skrajne ustawienie kanapy (o największym kącie nachylenia siedziska).



Rys. 3. Zobrazowanie pomiarów kątów nachylenia siedziska i oparcia kanapy w wybranych samochodach

**TABLICA. Wartości kątów siedziska i oparcia kanapy tylnej (według rys. 3b) w wybranych samochodach**

	Siedzisko $\alpha, ^\circ$	Oparcie $\beta, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$
Samochód A	11	68	101
Samochód B	22	63	95
Samochód C	17	64	99
Samochód D	17	70	93
Samochód E	14	68	98
Min.	11	63	93
Maks.	22	70	101

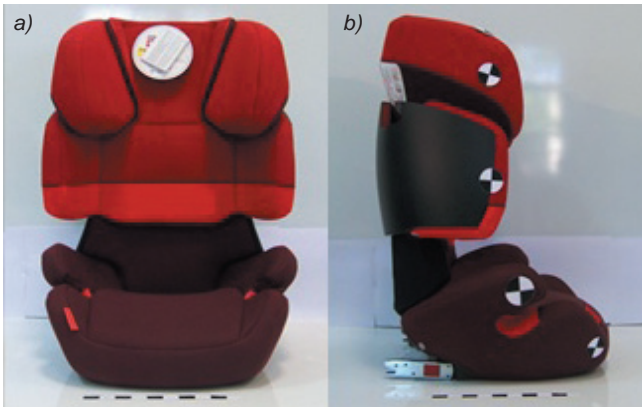
### Wybór fotelików samochodowych do badań

Do badań wykorzystano popularne na rynku foteliki kategorii II÷III (15÷36 kg), z możliwością mocowania tylko za pomocą pasa samochodowego lub z wykorzystaniem dodatkowo systemu ISOFIX. Wytypowane foteliki uzyskały wysoką ocenę w testach ADAC [17].

Badane foteliki oznaczono odpowiednio: FOTELIK 1 (rys. 4a) i FOTELIK 2 (rys. 4b). Posadowione w nich manekiny podczas każdego doświadczenia były zabezpieczone za pomocą pasa samochodowego (rys. 2a) o takim samym napięciu wstępnym.

FOTELIK 1 ma dwuczęściową, sztywną konstrukcję części nośnej (skorupy) bez możliwości regulacji kąta pochylenia oparcia. Zaletą tej konstrukcji są głęboko wyprofilowane elementy stabilizujące ciało w czasie podróży oraz możliwość regulacji wysokości położenia zagłówka. W tym przypadku manekin wraz z fotelikiem był przytrzymywany za pomocą pasa samochodowego.

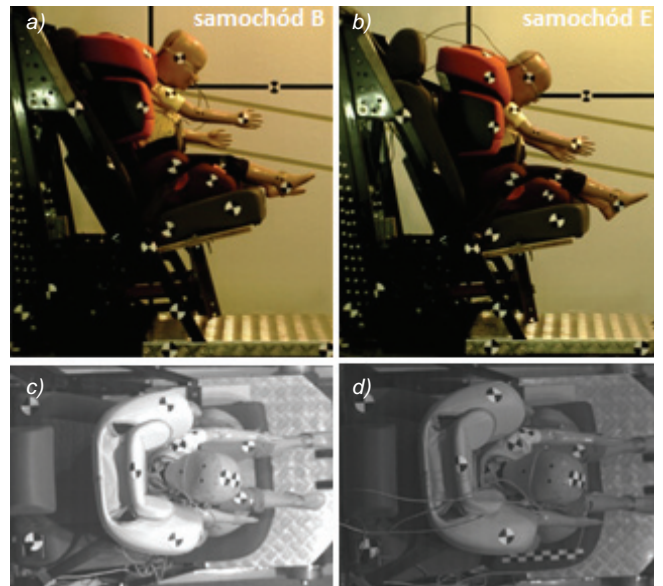
FOTELIK 2 to fotelik tego samego typu, lecz jest dodatkowo połączony z konstrukcją nośną podstawy kanapy za pomocą uchwytu typu ISOFIX (rys. 4b). Manekin posadowiony w tym foteliku również był przypięty tylko pasem samochodowym.



Rys. 4. FOTELIK 1 (a) i FOTELIK 2 (b)

### Wyniki badań

Badania dynamiczne przeprowadzone na stanowisku dostarczyły wyników w postaci przebiegów sygnałów z czujników przyspieszeń i obrazu z kamery szybkiej. Badania wykonano dla wspomnianych wcześniej dwóch fotelików, przy różnym ustawieniu tej samej kanapy samochodu – w ten sposób wyeliminowano wpływ sztywności fotela na wyniki pomiarów. Przykładowe wyniki w formie ujęć poklatkowych pokazano na rys. 5. Podczas próby zderzeniowej wyraźnie widać dwie fazy ruchu manekina. Pierwsza to ruch manekina do przodu, ograniczony przez taśmę bezpieczeństwa (rys. 6), a druga – ruch powrotny, podczas którego tors uderza w oparcie, a głowa w zagłówek. W materiale filmowym z badania fotelika usytuowanego na kanapie o większym kącie nachylenia (w samochodzie B) dostrzeżono, że fotelik przemieszczał



Rys. 6. Zdjęcia z kamery szybkiej – maksymalne wychylenie manekina w czasie testu dynamicznego: a–b) widok z boku, c–d) widok z góry

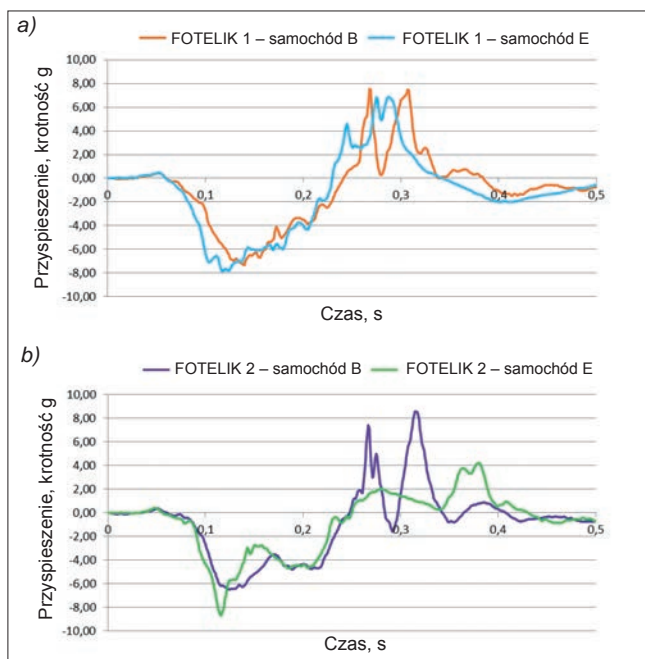
się do przodu w momencie, gdy manekin wracał już do początkowego położenia. Spowodowało to uderzenie głowy manekina w oparcie fotelika w 270 ms (rys. 5), a następnie ruch manekina wraz z fotelikiem i uderzenie w oparcie kanapy samochodowej w ok. 310 ms.

Na rys.7 pokazano przebiegi przyspieszenia głowy manekina przy dwóch ustawieniach kanapy – odpowiednio dla samochodu E i B (rys.3). W obu przypadkach w pierwszej fazie zderzenia (trwającej do ok. 0,15 s) zaznacza się wpływ położenia kanapy samochodowej na charakter obciążenia poszczególnych części ciała manekina. Przy mniejszej wartości kąta pochylenia siedziska kanapy samochodu E zaobserwowano większe ekstremalne wartości wzdłużnego opóźnienia głowy (o ok. 7% dla FOTELIKA 1 i ok. 30% dla FOTELIKA 2) w porównaniu z samochodem B.

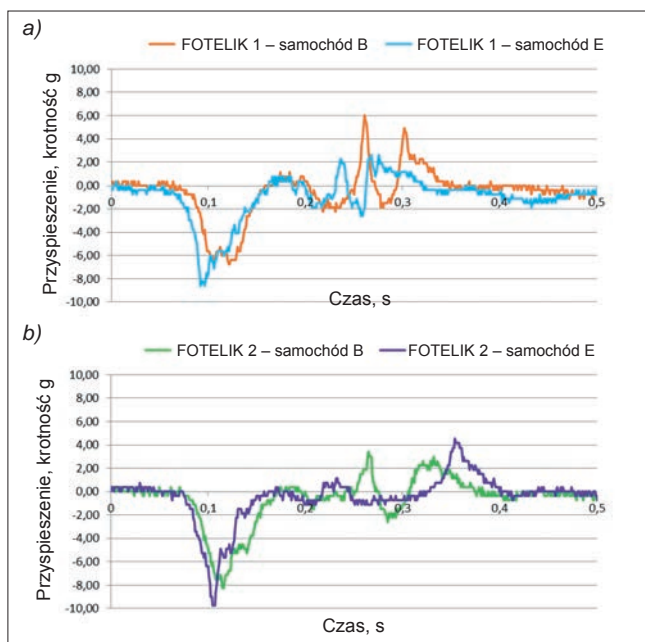
Jeszcze większe różnice zaobserwowano w drugiej fazie ruchu powrotnego manekina (podczas ruchu powrotnego). Widoczne w materiale filmowym kontakt głowy manekina z oparciem fotelika i następujące po nim uderzenie w oparcie kanapy samochodu B (o większym kącie nachylenia siedziska kanapy) widać również na przebiegach zarejestrowanych przyspieszeń głowy.



Rys. 5. Kadry z przebiegu testu stanowiskowego: a) FOTELIK 2, samochód B; b) FOTELIK 2, samochód E



Rys. 7. Przebiegi przyspieszenia głowy manekina w czasie testów: a) FOTELIK 1, b) FOTELIK 2



Rys. 8. Przebiegi przyspieszenia torsu manekina w czasie testów: a) FOTELIK 1, b) FOTELIK 2

Na wykresach występują mianowicie dwa wyraźne, lokalne ekstrema: pierwsze – w momencie, gdy manekin uderza głową w zagłówek fotelika, drugie – gdy fotelik oraz głowa manekina uderzają w oparcie fotela samochodowego. W przypadku powiązania fotelika z kanapą samochodu B poprzez uchwyt ISOFIX odnotowano dwukrotnie większe obciążenia głowy w porównaniu z obciążeniami zarejestrowanymi dla ustawienia kanapy w samochodzie E. Szczegółowa analiza materiału filmowego potwierdziła znacząco różne zachowanie się konstrukcji i przemieszczenia fotelika w zależności od kąta nachylenia kanapy samochodowej.

Na rys. 8 zestawiono przebiegi obciążeń torsu manekina. W przypadku kanapy o większym kącie nachylenia odnotowano również dwa lokalne ekstrema przebiegów przyspieszeń torsu, jednak różnice pomiędzy przebiegami otrzymanymi dla różnych ustawień kanapy i mocowań fotelika są znacznie mniejsze niż dla głowy.

## Podsumowanie

Podczas zderzeń, do których dochodzi przy małej prędkości jazdy, nie ma obawy przekroczenia wartości dopuszczalnych wartości przyspieszenia, podanych w regulaminach homologacyjnych i normach dla urządzeń przytrzymujących dla dzieci. Przedstawione wyniki badań zderzeniowych prowadzonych przy małej prędkości jazdy wskazują jednak na istotne zmiany jakościowe oraz ilościowe charakteru współpracy fotelika z kanapą:

- zaobserwowano znaczący wpływ zmiany kąta nachylenia kanapy na stan obciążeń części ciała (a zwłaszcza głowy) manekina dziecka,
- w pierwszej fazie ruchu pozderzeniowego (do przodu) wartości ekstremalne przyspieszenia głowy i torsu manekina są wyższe o ok. 7–30% dla głowy i 18–27% dla torsu w przypadku, gdy fotelik umieszczono na kanapie o mniejszym kącie nachylenia siedziska (samochód E),
- przy większym kącie nachylenia kanapy odnotowano wzrost przeciążeń głowy w jej ruchu powrotnym, co było związane z dwukrotnym uderzeniem – najpierw manekina w fotelik, a następnie fotelika w oparcie fotela samochodowego; stwierdzono, że poziom przeciążeń głowy w ruchu powrotnym przekracza wartości zarejestrowane dla ruchu do przodu – przeciążenia w tej fazie ruchu są znacznie bardziej niebezpieczne ze względu na możliwość uszkodzenia kręgow szyjnych.

Przedstawione wyniki badań autorzy traktują jako wstępne rezultaty do dalszych, bardziej szczegółowych rozważań. Istotne wydaje się sprawdzenie wpływu właściwości sprężysto-tłumiących kanapy samochodu oraz innych konstrukcji fotelików i kierunków zderzeń na stan obciążeń w układzie kanapa–fotelik–manekin dziecka.

## LITERATURA

1. „Crash Testy”. *Classicauto*. 37 (2009): s. 40–45.
2. Jackowski J., Radzimierski M., Wieczorek M., Żmuda M. „Stanowisko do symulacji obciążeń ciała człowieka powstających podczas pokonywania umocnień drogowych przez pojazd wojskowy”. *Logistyka*. 6 (2014): s. 4656–4667.
3. Kula J. „Zabezpieczenie dzieci przewożonych w pojazdach samochodowych przed skutkami wypadków”. SRTSiRS, 1991-20, s. 9–16.
4. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2005 roku”. Warszawa, 2006.
5. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2006 roku”. Warszawa, 2007.
6. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2007 roku”. Warszawa, 2008.
7. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2008 roku”. Warszawa, 2009.
8. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2009 roku”. Warszawa, 2010.
9. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2010 roku”. Warszawa, 2011.
10. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2011 roku”. Warszawa, 2012.
11. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2012 roku”. Warszawa, 2013.
12. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2013 roku”. Warszawa, 2014.
13. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2014 roku”. Warszawa, 2015.
14. KGP. „Wypadki drogowe w Polsce w 2015 roku”. Warszawa, 2016.
15. ISO/TR 27957:2008. Road vehicles – Temperature measurement in anthropomorphic test devices – Definition of the temperature sensor locations.
16. Stasiak P., Diupero T. „Możliwości ochronne urządzeń zabezpieczających dla dzieci w świetle badań”. *Materiały X Konferencji: „Problemy Rekonstrukcji Wypadków Drogowych”*, Szczyrk 2006, s. 355–362.
17. www.adac.de (dostęp: 01.11.2016 r.).
18. www.euroncap.com/en (dostęp: 01.11.2016 r.).
19. www.nhtsa.gov (dostęp: 01.11.2016 r.).
20. Zdunek B., Landowski M., Taryma S., Woźniak R., Imielińska K., Muszyński A. „Analiza obciążeń działających na dzieci w fotelikach zamocowanych przodem i tyłem do kierunku jazdy w czasie zderzenia czołowego”. *Autobusy*. 10 (2013): s. 311–314.
21. Żuchowski A. „Ocena porównawcza ryzyka obrażeń dzieci w wieku 3 i 10 lat podczas wypadku drogowego”. *Archiwum Motoryzacji*. 71, 1 (2016): s. 131–151.