

ZATWIERDZAM

.....
Kierownik Projektu

SPRAWOZDANIE Z REALIZACJI ZADANIA NR 1

**pt.: Prowadzenie działalności centrum
wiedzy o dostępności
za okres od I.2023. do IV.2023.**

**Tytuł opracowania:
Systemy monitorowania ciśnienia powietrza w oponach
samochodów (TPSM)**

Autor opracowania: dr inż. Adam Wilczek

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)

Spis treści:

1. Wprowadzenie.....	str. 2
2. Rodzaje i ocena metod pomiaru ciśnienia w oponach kół samochodu.....	str. 3
3. Systemy TPMS i ich elementy dostępne na rynku.....	str. 5
4. Podsumowanie.....	str. 8
Literatura.....	str. 9

1. Wprowadzenie

Prawidłowe ciśnienie powietrza w oponach kół samochodów to nie tylko mniejsze zużycie energii do napędu i samych opon, ale też i przede wszystkim optymalne zachowanie się samochodu w różnych warunkach i sytuacjach ekstremalnych na drodze decydujące o bezpieczeństwie podczas jazdy [1].

Z tych powodów Unia Europejska w 2019 wprowadziła rozporządzenie (UE) 2019/2144 [2] (w formie załącznika), które jest aktualizacją dyrektywy Komisji Europejskiej (UC) nr 661/2009.

Dyrektywa ta weszła w życie w 2012 roku. Zobowiązuje ona producentów pojazdów do wyposażania samochodów w systemy bezpieczeństwa czynnego w tym również w system monitorowania ciśnienia w oponach kół samochodu określany anglojęzycznym skrótem **TPMS** (Tyre Pressure Monitoring System). Po 01.11.2012 roku nowo homologowane samochody kategorii M1 muszą mieć już ten system, a od 01.11.2014 roku również nowo zarejestrowane samochody z tej grupy. Od 01.07.2022 roku TPMS jest obowiązkowy dla wszystkich nowych homologacji kategorii M2, M3, N1, N2, N3, O3, O4, a po 01.07.2024 roku dla wszystkich nowych rejestracji.

Według założeń system TPMS musi zapewnić możliwość wykrycia i przekazania kierowcy alertu o obniżeniu ciśnienia w oponie o 20% lub do wartości 1,5 bar w określonym czasie (w ciągu 10 minut dla jednego koła oraz w ciągu 60 minut dla 4 kół [3, 6].

Starsze samochody zwykle nie były fabrycznie wyposażone w ten system. W 2020 roku został opublikowany raport opracowany dla Komisji Europejskiej dotyczący dodawania nowych technologii związanych z bezpieczeństwem do starszych samochodów w ramach znanej już w różnych krajach akcji określanej w języku angielskim jako **retrofitting** [4]. Głównym jego celem było zbadanie technicznej wykonalności, a także kosztów i korzyści wykorzystania znanych systemów bezpieczeństwa w starszych pojazdach.

Celem tego opracowania jest dostarczenie zainteresowanym informacji ułatwiających podjęcie decyzji o wyposażeniu starszych samochodów w system **TPSM**.

2. Rodzaje i ocena metod pomiaru ciśnienia w oponach kół samochodu

Do pomiaru ciśnienia w oponie samochodu stosowane są dwie metody: pośrednia lub bezpośrednia [5, 6, 7].

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)

W metodzie pośredniej ustala się stan awaryjny koła spowodowany zbyt niskim ciśnieniem powietrza w ogumieniu na podstawie pomiaru prędkości obrotowej kół samochodu lub na podstawie pomiaru wibracji przy kołach. W pierwszym przypadku wykorzystuje się fakt, że koło samochodu o znacznym ubytku ciśnienia w oponie ma wyraźnie mniejszy od pozostałych promień dynamiczny, a więc i większą prędkość obrotową (mierzoną w systemach ABS i ESP). W drugim przypadku ocenia się zmiany w charakterze obciążeń kół podczas manewrowania pojazdem (przejeżdżanie przez przeszkody, przyspieszanie, hamowanie, skręcanie).

Podstawową zaletą metody pośredniej jest jej stosunkowo mała awaryjność i eksploatacyjna taniość bez konieczności obsługi serwisowej. Poza tym wykazuje szereg wad. Przede wszystkim jest mało dokładna. Ostrzeżenie awaryjne w postaci alertu dźwiękowego i/lub wizualnego wysyłane jest dopiero przy dużej utracie ciśnienia w oponie (około 20%). Brak informacji o powolnym ubytku ciśnienia, bo rzeczywiste ciśnienie nie jest mierzone. Ze względu na złożoną interpretację wyników ostrzeżenie wysyłane jest z dużym opóźnieniem, po którym może nastąpić zupełna utrata ciśnienia w kole. System wymaga ręcznej kalibracji po zmianie opon i po każdym pompowaniu kół. Po naciśnięciu przycisku reset należy podać nowe wartości ciśnień w kołach (po pomiarze manometrem) i zapisać w pamięci komputera samochodu w celu ustalenia nowego stanu odniesienia. Przycisku kalibracji można użyć w dowolnej chwili, którą uznajemy za stosowną, ponieważ system nie sprawdza stanu faktycznego przed kalibracją. **W przypadku utraty powietrza we wszystkich kołach system nie zareaguje, bo straci swój punkt odniesienia. Gdy w jednym z kół rzeczywiste ciśnienie będzie wyraźnie większe od homologowanego to system wyśle alert ostrzegawczy o awarii w jednym z pozostałych kół o poprawnym ciśnieniu.** Metoda wykazuje też dużą wrażliwość na zmiany temperatury i rodzaj opon. Najlepiej jeżeli będą to opony takie, do jakich samochód został dostosowany fabrycznie.

Metoda wymaga odpowiedniego oprogramowania i stosowana jest zwykle jako fabryczne wyposażenie samochodu. Jako uzupełniające wyposażenie samochodu lepsze możliwości stwarza metoda bezpośredniego pomiaru.

W metodzie bezpośredniej czujnik, jako zespół pomiarowy zawierający sensor ciśnienia i często również temperatury, montowany jest zwykle przy zaworze felgi wewnątrz (Rys. 1a) [8] lub na zewnątrz opony (rys. 1b) [8]. Każdy czujnik zawiera charakterystyczny kod identyfikacyjny ID (identification number) [9] w celu wyróżnienia jego pozycji w pojeździe.

a)	b)	c)
----	----	----

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**



Sygnały z czujników zamontowanych w każdym kole (Rys. 1c) [10] przekazywane są do odbiornika w kabinie kierowcy. Odbiornik może być fabrycznym elementem systemu pokładowego samochodu lub oddzielnym elementem. Transmisja odbywa się bezprzewodowo w czasie rzeczywistym sposób ciągły (pomiar w pewnych odstępach czasu zwykle mniejszych od 1min) z częstotliwością radiową (RF) około 434 MHz (315 MHz w przypadku aut amerykańskich) lub poprzez Bluetooth z częstotliwością 2.4 GHz.

W systemach montowanych przez producentów samochodów informacja o wartości ciśnień w kołach wyświetlana jest zwykle na fabrycznym monitorze samochodu. W innych wykonaniach na wyświetlaczu odbiornika dodatkowego, innego urządzenia zamontowanego w samochodzie lub opcjonalnie na ekranie telefonu komórkowego z odpowiednią aplikacją. W przypadku wartości ciśnienia w oponie koła wychodzącej poza wcześniej ustalony zakres kierowca informowany jest alertem w postaci sygnału wizualnego i/lub dźwiękowego. Istnieje też możliwość bezpośredniego monitorowania ciśnienia za pomocą wskaźnika bez nadajnika (kołpaka, nasadki na zawór) z wizualnym sygnałem awaryjnym zamontowanego przy zaworze koła na zewnątrz [11].



Informacja o poziomie ciśnienia w oponie przekazywana jest za pomocą wizualnego wskaźnika w postaci trzech kolorów: zielonego, żółtego i czerwonego. Kolor zielony oznacza ciśnienie normalne, żółty pokazuje, że ciśnienie jest o 10% niższe od normalnego, a czerwony ostrzega, że ciśnienie jest niższe o 25% od normalnego.

Metoda bezpośrednia zapewnia znacznie krótszy czas reakcji na zaistniałe zdarzenie, dużo większą dokładność pomiaru, możliwość monitorowania powolnych ubytków powietrza i ewentualnie pomiar temperatury w oponie koła. Czas eksploatacji czujnika wewnętrznego wynosi zwykle około 7 lat lub 150 tys. km przebiegu (decyduje żywotność baterii i możliwość

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

pozyskiwania informacji o temperaturze). System wymaga zwykle stosunkowo drogiej obsługi serwisowej. Wymiana samej opony wiąże się z diagnostyką w celu wykrycia ewentualnej usterki lub nieprawidłowości. Obsługa ta niesie ryzyko uszkodzenia czujnika, co przekłada się na zwiększony koszt usługi (50 do 100%). Uszkodzony czujnik (koszt zwykle 120 do 250 zł) trzeba wymienić, a system na nowo skalibrować względem samochodu oraz posiadanych opon i homologowanego poziomu ciśnienia. Takie elementy jak niepoprawnie skalibrowany system, wyczerpana bateria, korozja czujnika, duże wahania temperatury zewnętrznej, uszkodzenia przy najechaniu na krawężnik mogą spowodować powtarzające się fałszywe alarmy. Dlatego część producentów przewidziała ewentualność czasowego wyłączenia systemu. Opona i felga stanowi przeszkodę dla fal radiowych co może zakłócić przekaz informacji. Wady tej nie ma czujnik zewnętrzny. Wymiana czujnika zewnętrznego nie wymaga kontaktu z serwisem, jest znacznie tańszy od wewnętrznych (ok. 70 zł/komplet) ale dużo mniej dokładny, podatny na uszkodzenia mechaniczne (spowodowane np. siłą odśrodkową) i surowe warunki środowiskowe. Jego żywotność jest też mniejsza niż w przypadku czujnika wewnętrznego. Podczas uzupełniania ciśnienia w oponie wymaga demontażu i ponownego montażu co nie tylko jest kłopotliwe, ale wiąże się z uszkodzeniem uszczelki przy zaworze.

Problemem w przypadku bezpośredniego systemu TPMS, jak również i innych systemów wspomagania kierowcy korzystających z radiowej technologii bezprzewodowej, może się okazać jej podatność na ataki hakerów. W pracach [12, 13] wykazano, że w przypadku rozszyfrowania protokołu komunikacyjnego pomiędzy odbiornikiem a nadajnikiem możliwe jest śledzenie ruchu pojazdu za pomocą identyfikatorów czujników ciśnienia, a w przypadku wysłania z dużą częstotliwością spreparowanych sygnałów można wywołać fałszywy alert o zaniżonym lub zawyżonym ciśnieniu w kole. W reakcji kierowca może zjechać z drogi w odludnym miejscu w celu weryfikacji sytuacji, a to może być wykorzystane do przestępstwa. Prace nad sposobami zabezpieczeń jednak trwają, a technologia jest ciągle udoskonalana [14].

Obie metody pomiaru mają szereg wad. Korzyści z bezpośredniego systemu pomiaru wydają się przeważać. W przypadku opon twardych np. Run Flat ten system jest prawie niezbędny. Jakość czujników wewnętrznych rośnie, a ich ceny oraz ceny usług serwisowych maleją. Wcześniej wymiana opony z czujnikiem wewnętrznym to zwiększony koszt o około 50 do 100% a obecnie o około 20%. System bezpośredni z czujnikiem wewnętrznym można też wykorzystać do wyposażania uzupełniającego samochodu (retrofittingu).

3. Systemy TPMS i ich elementy dostępne na rynku

Wprowadzenie obligatoryjnych przepisów UE dla producentów samochodów spowodowało pojawienie się na rynku wiele systemów i ich elementów związanych z bezpieczeństwem pojazdów. Dotyczy to także monitorowania ciśnienia w oponach, które można wykorzystać do dodania tej nowej technologii do starszych systemów samochodu.

3.1. czujniki jako nadajniki

Najczęściej stosowane są wewnętrzne czujniki TPMS. Istnieją dwa ich rodzaje [6,7,15, 16]:

CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)

- **czujniki dedykowane**
 - czujniki dedykowane OEM (Original Equipment Manufacturer) od producenta
 - Czujniki dedykowane OE (Original Equipment) są czujnikami do pierwszego montażu, z logiem producenta aut
 - czujniki dedykowane OE-R (Original Equipment Replacement) z innego źródła
- **czujniki uniwersalne**

Czujniki dedykowane OEM, OE pochodzą od producenta samochodów i są zaprogramowane do danego samochodu lub grupy jego samochodów. Czujniki OE-R jako zamienniki pochodzą od innego producenta i są tańsze ale zwykle gorszej jakości.

Czujniki uniwersalne pasują natomiast do większości samochodów na rynku. Należy je tylko zaprogramować do konkretnej marki, modelu i rocznika pojazdu przy pomocy ogólnie dostępnych na rynku programatorów.

Rozróżnia się trzy typy czujników uniwersalnych [6]:

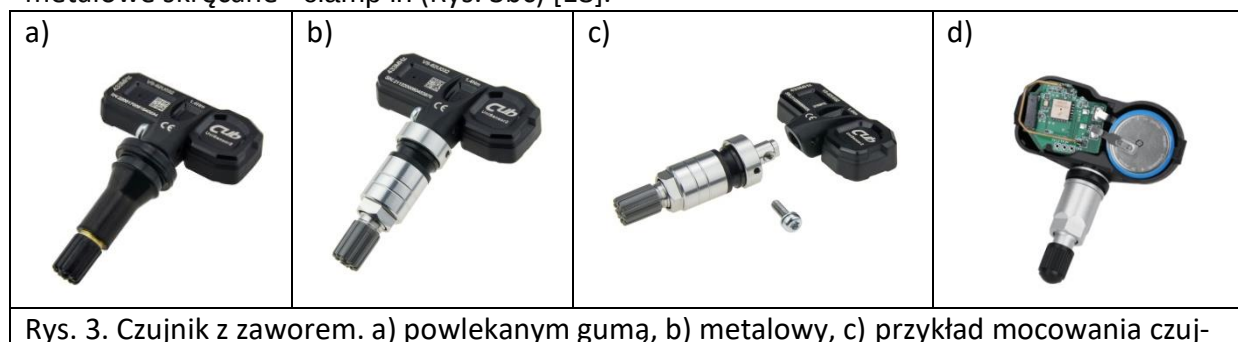
czujniki programowalne, („puste”- najpopularniejsze) które dają się zaprogramować pod wybrane bazy danych aut lub umożliwiają stworzenie tzw. klonu (kopii) numeru identyfikacyjnego ID (identification number) czujnika fabrycznego. Czujnik klon musi tylko zająć miejsce czujnika klonowanego. W czujniki klony można na przykład wyposażyć dodatkowy komplet kół samochodu, bez konieczności ponownej aktywacji przy ich wymianie.

czujniki wstępnie zaprogramowane konfigurowalne, z nieaktywnymi protokołami w pamięci umożliwiające ich zastosowanie do kilkudziesięciu modeli samochodów.

czujniki wstępnie zaprogramowane niekonfigurowalne, z aktywowanymi protokołami posiadanej bazy danych samochodów.

Zaletą tych ostatnich jest to, że nie wymagają narzędzia diagnostycznego dla przeprowadzenia aktywacji. Dużą wadą jest natomiast to, że podczas komunikacji czujnik wysyła dane używając na przemian protokołów do wszystkich aut, które posiada w bazie. To powoduje dużo szybsze zużycie baterii niż w innych rodzajach czujników. Alerty ostrzegawcze z takich czujników są opóźnione. Do Retrofittingu najlepiej nadają się czujniki programowalne.

Obudowa czujnika wewnętrznego przykręcana jest do korpusu zaworu. Najczęściej spotyka się dwa ich typy: gumowe (z powłoką gumową) przeciągane - snap in (rys. 3a) [17] i metalowe skręcane - clamp in (Rys. 3bc) [18].



Rys. 3. Czujnik z zaworem. a) powlekany gumą, b) metalowy, c) przykład mocowania czuj-

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

nika, d) moduły elektroniczne

Zawory gumowe mają ograniczenie ciśnienia do 5 barów i ograniczenie związane z prędkością pojazdu. Metalowe, najczęściej aluminiowe z odpowiednim pokryciem powierzchniowym, są zwykle trwalsze i estetyczne, ale droższe. Obie odmiany można montować z określonym korpusem czujnika lub z określoną felgą (Rys. 3c). Niektóre mają bardziej uniwersalne zastosowanie.

W obudowie czujnika znajduje się układ scalony, transponder sygnału, nadajnik radiowy i bateria zasilająca [19]. Czujniki wewnętrzne z homologacją mają obudowy hermetyczne bez możliwości wymiany baterii. Wynika to z dbałości o zachowanie wysokiej odporności na wilgoć. W innych przypadkach baterie można wymieniać, ale ich trwałość jest zwykle znacznie mniejsza (1 do 3 lat).

Podstawą wyboru czujników oprócz parametru transmisji jest podawana dokładność, trwałość, i masa (najlejsze o masie ok. 10 g). Im mniejsza masa tym mniej ewentualnych problemów z niewyważeniem koła.

3.2. Odbiorniki i wyświetlacze

Obecnie na rynku występują same odbiorniki z dołączonymi czujnikami lub odbiorniki zblokowane z wyświetlaczem i czujnikami. Wiele tego typu urządzeń znajduje się na stronach Allegro, Amazon i AliExpress (pl.aliexpress).

a)  Android 0 ~ 8 Bar External Sensors (Optional) Internal Sensors (Optional)	b) 	c)  0-6BAR For Motorcycle (2 sensors) For Car/SUV (4 sensors)
4. Odbiorniki i wyświetlacze TPMS. a) odbiornik do radioodtwarzacza DVD z systemem android, b) kompletny system 434 MHz z wyświetlaczem, c) system 2.4 GHz z Bluetooth.		

Sygnał z czujnika odbierany jest przez odbiornik TPMS a następnie informacja w postaci dźwiękowej i/lub wizualnej przekazywana jest do innych urządzeń często połączonych z odbiornikiem w jedną całość. Niestety nie są to urządzenia całkowicie niezależne. Nawet programowalne czujniki uniwersalne nie mogą być obsługiwane przez dowolny odbiornik przeznaczony do odbioru określonej częstotliwości radiowej.

Na Rys 4a przedstawiono odbiornik z kompletem czujników zewnętrznych lub wewnętrznych (modele MU7J lub MU9F) umożliwiający podłączenie poprzez port USB do samochodowego radioodtwarzacza DVD z Androidem 5.0 lub nowszym w celu komunikacji wizualnej i dźwiękowej z kierowcą. Zakres pomiarowy ciśnienia od 0 do 8 ± 0.1 barów.

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

System umożliwia też pomiar temperatury w oponie. Posiada funkcję wykrywania ruchu w celu oszczędzania baterii. Żywotność baterii systemu MU9F czujnika zewnętrznego wynosi 2 do 3 lata, a wewnętrznego 3 do 5 lat. W pierwszym przypadku bateria jest wymierna, w drugim nie wymierna. Cena zestawu ok. 220 zł na pl.aliexpress.

Rys. 4b przedstawia kompletny system TPMS z transmisją 434 MHz z czujnikami ciśnienia i temperatury. Odbiornik z wyświetlaczem przewidziany jest do montowania na szybie przedniej samochodu w celu zasilania energią słoneczną z możliwością ładowania przez USB. Pomiar ciśnienia w zakresie $0 \text{ do } 3.5 \pm 0.1 \text{ bara}$, bateria nie wymierna o trwałości 2 do 5 lat. Cena zestawu na Allegro ok. 120 zł.

Na rysunku 4c przedstawiono system monitorowania ciśnienia i temperatury z czujnikami zewnętrznymi za pośrednictwem aplikacji mobilnej z Bluetooth Android/iOS. Może współpracować z 2, 3 lub 4 czujnikami (motocykle, samochody). Częstotliwość robocza Bluetooth 2.4GHz, zakres pomiaru ciśnienia od $0 \text{ do } 6 \pm 0.1 \text{ 5 barów}$. Aplikacja na telefon dostępna jest na stronie pl.aliexpress. Aktualna cena ok. 140 zł.

Szczegółowe dane dotyczące przedstawionych przykładowo systemów można znaleźć na podanych portalach internetowych.

4. Podsumowanie

System monitorowania ciśnienia w oponach spełnia dwa główne zadania: zwiększenie bezpieczeństwa w ruchu drogowym i zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdu. Według badań organizacji zajmujących się statystyką wypadków wskazuje na ich związek z nieodpowiednim ciśnieniem powietrza w kołach pojazdów. Przykładowo, w pracy [1] podano oszacowanie National Highway Traffic Safety Administration w USA. według którego dodanie TPMS do wszystkich pojazdów ocali rocznie 660 istnień ludzkich, a także zapobiegnie 33 000 urazom. Wyniki podobnych badań skłoniły UE do wprowadzenia przepisów obligujących producentów pojazdów do wprowadzania technologii TPMS w nowo produkowanych pojazdach. Takich wymogów nie ma dla już eksploatowanych pojazdów. Istnieją jednak zalecenia aby wyposażać starsze pojazdy w ten system ramach retrofitingu w oparciu o systemy dostępne na rynku.

Niestety, ujawniane wady tych systemów, szczególnie pochodzących z pierwszej fazy ich wprowadzania oraz oferty rynkowe nie napawają optymizmem. Podstawowy problem to istotny wzrost kosztów związanych z zakupem tych systemów i ich serwisowaniem. Nadzieją jest jednak to że koszty te maleją. Drugi problem to niska jakość systemów dostępnych na rynku umożliwiających skuteczny retrofitting. Trzeci problem mała kompatybilność i elastyczność dostępnych systemów związana z ich integracją z innymi systemami bezpieczeństwa w samochodzie. Problemem też jest rodzące się przekonanie, że nie wiele czasu już pozostaje do końca przewidywanego okresu eksploatacji zainteresowanego pojazdu. Trzeba też pamiętać, że TPMS nie zastępuje zwykłych, codziennych kontroli ciśnienia i stanu opon przez kierowcę.

Mając na uwadze te problemy i korzyści płynące z dbałości o stan poziomu ciśnienia w oponach można wybrać nawet najprostsze rozwiązanie jakim jest nasadka na wentyl sygnalizująca konieczność interwencji. Rozważając instalowanie systemów bezpieczeństwa w samochodzie należy też brać pod uwagę problem ich integracji żeby nie powodowały

**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

rozproszenia uwagi kierowcy oraz hierarchię ich ważności jeśli chodzi o bezpieczeństwo na drodze.

Literatura

- [1] <https://www.tirebusiness.com/shop-floor-tpms-service/replacement-tpms-sensor-overview>
- [2] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2144>
- [3] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:42021X1463>
- [4] Johan Scholliers, Mikko Tarkiainen, Anne Silla, Michiel Modijefsky, Rick Janse, Guus van den Born: Study on the feasibility, costs, and benefits of retrofitting advanced driver assistance to improve road safety. EC, Directorate-General for Mobility and Transport, February 2020
- [5] <https://www.oponeo.pl/artukul/czujniki-cisnienia-w-oponach-system-tpms>
- [6] <https://www.wszystkodlawarsztatu.pl/pliki/File/wyposazenie/Katalogi/TPMS/Dodatek%20Otechniczny%20-%20CzujnikiTPMS.pdf>
- [7] <https://www.24opony.pl/akt,0,266/czujniki-cisnienia-kol-tpms--jakie-sa-zalety-i-wady-systemu-kontroli-cisnienia-w-oponach--.html>
- [8] <https://magazynauto.pl/porady/czujniki-cisnienia-w-oponach-usterki-i-koszty-napraw,aid,1299>
- [9] <https://www.oponeo.pl/artukul/programowanie-czujnikow-tpms>
- [10] https://allegro.pl/oferta/4x-czujniki-cisnienia-opon-w-kolach-tpms-lcd-11597610216?utm_feed=aa34192d-eee2-4419-9a9a-de66b9dfe24&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=_mtrzcj_opony_i_felgi_pla_pmax&ev_campaign_id=17996349066&gclid=CjwKCAiAy_CcBhBeIwAcoMRHHppmYxSWoZ3CMzYg0REPaSUtz2eUKeUfGrXHOMvBA0SjFYy4J-RxoCEIAQAvD_BwE
- [11] https://shopee.pl/product/549262488/23007689403?gclid=CjwKCAiAnZCdBhBmEiwA8nDQxbRmXBUICIJQV0nS1Ymy-aggO2dLJH_XDHY4HVQB3mnDuB8oZ9Z4xoCdMIQAvD_BwE
- [12] <https://www.cert.orange.pl/aktualnosci/czujniki-cisnienia-w-oponach>
- [13] Ishtiaq Rouf, Rob Miller, Hossen Mustafa, Travis Taylor, Sangho Oh, Wenyan Xu, Marco Gruteser, Wade Trapper, Ivan Seskar; Security and Privacy Vulnerabilities of In-Car Wireless Networks: A Tire Pressure Monitoring System Case Study, Dept. of CSE, Univ. of South Carolina, Columbia, SC USA 2016.
- [14] Daimi Kevin., Saed Mustafa: Securing Tire Pressure Monitoring System. The Fourteenth Advanced International Conference on Telecommunications, AICT 2018
- [15] <https://swistowski.pl/pl/porady/eksperci-radza/przeglاد-czujnikow-cisnienia>
- [16] <https://intercars.com.pl/pl/Czujniki-TPMS/>
- [17] <https://felgeo.pl/product-pol-63780-Czujnik-cisnienia-CUB-TPMS-Uni-sensor-433MHz-Snap-In-zawor-gumowy.html>
- [18] <https://felgeo.pl/product-pol-63774-Czujnik-cisnienia-CUB-TPMS-Uni-Sensor-2-Silver-433MHz.htm> - jam czujniki
- [19] <https://www.amazon.com/A0009050030-Pressure-Monitoring-Compatible-Mercedes/dp/B088DPY741>



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



**CENTRUM WIEDZY O DOSTĘPNOŚCI DO TRANSPORTU I MOBILNOŚCI OSÓB O SZCZEGÓLNYCH POTRZEBACH
(POWR.03.05.00-00-CW07/20)**

.....
Data

.....
Podpis Lidera Zespołu