



**Włodzimierz  
Treter**

## Niektóre aspekty analizy ruchu pojazdu na podstawie zapisów EDR – przegląd literatury

### Streszczenie

Istotnym elementem analizy dotyczącej zdarzeń drogowych jest ustalenie zmian prędkości pojazdu przed i po kolizji. Coraz częściej i coraz chętniej wykorzystywane są dane zapisane w modułach EDR. Parametry ruchu pojazdu odczytane z zapisów EDR nie mogą być jednak zawsze traktowane bez zastrzeżeń jako parametry rzeczywiste, ponieważ występują ograniczenia wynikające m.in. ze sposobu zapisywania danych w module EDR, niesprawności pojazdu oraz specyfiki konkretnego zdarzenia. Konieczna jest świadomość tych ograniczeń przy korzystaniu z tych danych.

### Słowa kluczowe

EDR, prędkość przedzderzeniowa,  $\Delta V$ .

\* \* \*

### 1. Sposób zapisywania danych

Dane są zapisywane „w pętli” w pamięci RAM modułu EDR. Każda wartość jest przechowywana przez 5 sekund. Kiedy sterownik poduszek gazowych uruchamia algorytm aktywacji, to dalsze odświeżanie danych przechowywanych w buforze RAM ulega zawieszeniu.

Jak podaje A. Chidester i in. [1] w pierwszych konstrukcjach EDR po upływie 150 ms od uruchomienia algorytmu aktywacji poduszek gazowych dane przechowywane w pamięci RAM były transmitowane do pamięci EEPROM modułu EDR w czasie ok. 0,7 s. Zapisane dane są „zamrażane” w pamięci EEPROM. Czas transmisji we współczesnych konstrukcjach EDR jest już zdecydowanie krótszy – można szacować, że o jeden rząd wielkości, ale transmisja nadal nie odbywa się w czasie nieskończenie krótkim.

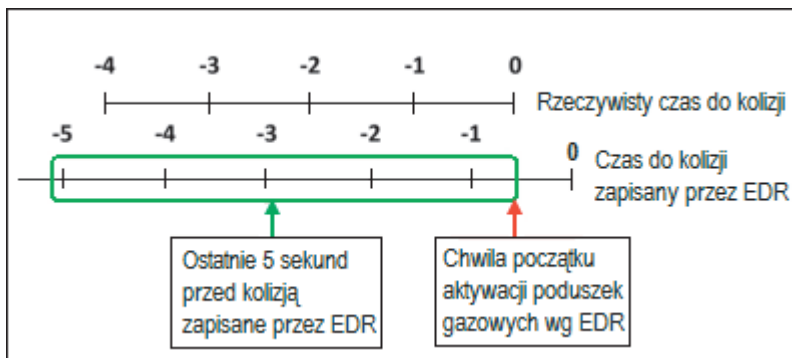
Dane typu *nondeployment*, dotyczące zdarzeń niedetonacyjnych są zapisywane wtedy, gdy opóźnienie przekracza  $8 \text{ m/s}^2$  w ciągu 150 ms lub gdy aktualna wartość  $\Delta V$  jest większa, niż  $\Delta V$  zapisane w trakcie zdarzenia poprzedniego.

A. Tsoi i in. [2] podają, że EDR zaczyna zapisywanie (w chwili T0), jeśli spełniony jest jeden z następujących warunków:

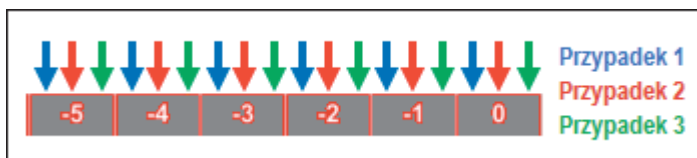
- a) zmiana prędkości wzdłużnej pojazdu, rozpoznana przez sterownik poduszek gazowych wynosi co najmniej 0,8 km/h w ciągu 20 ms;
- b) zmiana prędkości poprzecznej, rozpoznana przez sterownik poduszek gazowych wynosi co najmniej 0,8 km/h w ciągu 5 ms;
- c) ma miejsce aktywacja poduszek gazowych i/lub napinaczy pasów bezpieczeństwa.

W nowszych konstrukcjach coraz częściej pojawiają się alternatywne sposoby uruchamiania zapisu, pochodzące od zewnętrznych sygnałów pobudzających z aktywnych systemów wspomagających, jak również wynikające z uaktywnienia systemu ochrony pieszych.

Algorytm aktywacji poduszek gazowych nie jest zsynchronizowany z transmisją danych, np. prędkości pojazdu, stopnia nacisku na pedał hamulca, itp. Dane zapisane w module EDR mogą więc być przesunięte w czasie względem chwili zderzenia. Jeżeli dane rejestrowane są co pół sekundy, to przesunięcie może sięgać 0,5 s, co pokazuje schemat na ryc. 1.



Ryc. 1. Przesunięcie zapisanych przez EDR ostatnich 5 sekund przed kolizji względem czasu rzeczywistego [3].

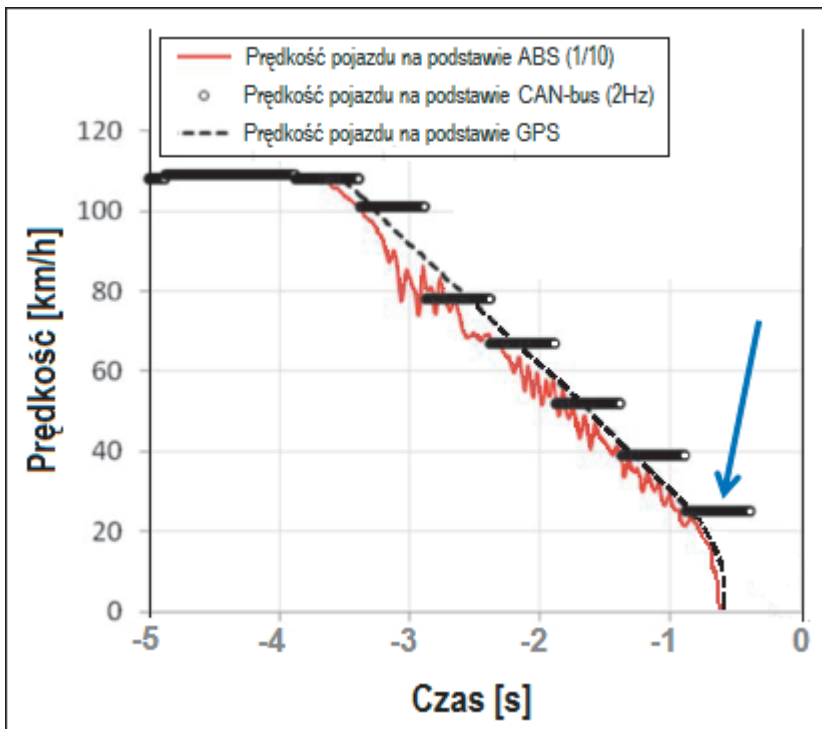


Ryc. 2. Przykład rozmieszczenia punktów pomiarowych w obrębie poszczególnych przedziałów czasowych [4].

Thomson i in. [4] wskazują, że dodatkową niedogodnością, która pojawia się przy próbkowaniu jest brak możliwości ustalenia położenia punktów pomiarowych w obrębie poszczególnych przedziałów czasowych. Zmiana prędkości między

przypadkiem 1 i 3 (oddzielonych przedziałem czasowym wynoszącym do 1 sekundy) przy intensywnym hamowaniu na suchym asfalcie może sięgać ok. 29 km/h.

Brown [5] wskazuje, że istotne znaczenie ma fakt, iż wartość prędkości podawana jest przez sieć HS-CAN np. co 0,5 sekundy. W przypadku kolizji ze sztywną przeszkodą czas zmniejszania prędkości do wartości zerowej (faza kompresji) może być krótszy od okresu pomiarowego i zawierać się w granicach od 50 do 100 ms [6]. Wtedy ostatnią zapisaną wartością prędkości może być wartość zapisana we wcześniejszym przedziale czasowym – poprzedzającym ten przedział czasowy, w którym nastąpiło zderzenie – tak, jak to pokazano na ryc. 3.



Ryc. 3. Przykład zapisu prędkości w ostatnim pełnym przedziale czasowym przed zderzeniem (na podstawie [5]).

Sytuacja ta ulega na szczęście ciągłej poprawie. Aktualnie większość nowoczesnych systemów (od 2010 r.) wysyła na magistralę próbki prędkości co kilkadziesiąt milisekund, a w najnowszych konstrukcjach (np. BMW serii G) czas ten wynosi kilka milisekund.

### 2. Źródła błędów i niedokładności w zapisach EDR

Z analizy, jaką przeprowadzili A. Chidester in. [1] wynika, że występują dwa główne źródła błędów, które dotyczą zapisów  $\Delta V$ , a wynikają z cech systemu. Pierwsze źródło to tolerancje wykonania czujników pomiarowych oraz mikrokontrolerów. Należą do nich m.in. akcelerometr, konwerter sygnałów z analogowych na cyfrowe, filtr dolnoprzepustowy oraz kondycjonowanie sygnałów. Największy udział w generowaniu błędów w tej ich grupie ma akcelerometr i konwerter sygnału z analogowego na cyfrowy. Drugie źródło błędów  $\Delta V$  wynika z obliczeń (całkowania) tej wielkości na podstawie chwilowych przyspieszeń. Przy pełnej skali zapisywania  $\Delta V$  (90 km/h) błąd może sięgnąć wartości 0,7 km/h.

Osobną przyczyną wystąpienia błędu  $\Delta V$  jest zanik zasilania. Energia zgromadzona w sterowniku poduszek gazowych jest zawsze wystarczająca do ich aktywacji, ale może być niewystarczająca, aby zapisać wszystkie dane. Ponadto przy zderzeniach z wąską przeszkodą, wjechaniu pod inny pojazd, a także przy multikolizjach zapisana w module EDR wartość  $\Delta V$  może być niemiarodajna.

N. Rose i in. [7] wskazują, że na dokładność wskazywanej w zapisie EDR wartości  $\Delta V$  względem rzeczywistej zmiany prędkości wpływają następujące czynniki:

- a) uderzenie rozpoczyna się zanim przyrost przyspieszenia (opóźnienie) osiągnie wartość progową dla rozpoczęcia zapisu. Prowadzi to do zaniżenia wartości  $\Delta V$ . Dla większości samochodów osobowych próg rozpoczęcia zapisu zawiera się w granicach od 1g do 2g. W tym przypadku relatywny (procentowy) błąd jest tym większy, im mniejsza jest masa pojazdu uderzającego od masy samochodu uderzonego, z którego pobierane są zapisy EDR. Odnosi się to w szczególności do kolizji samochodów z motocyklami, kiedy często zmiana prędkości samochodu nie jest większa niż ok. 15 km/h.

Wartość przyspieszenia w dowolnej chwili „t” w trakcie zderzenia pojazdów można oszacować na podstawie zależności (1).

$$a = a_{MAX} \cdot \sin^2\left(\frac{\pi t}{\Delta t}\right) \quad (1)$$

gdzie:

$a_{MAX}$  – maksymalna wartość przyspieszenia, zarejestrowana przez EDR,

$\Delta t$  – czas trwania zderzenia,

Po scałkowaniu powyższego wyrażenia otrzymujemy skumulowaną zmianę prędkości  $\Delta V$  w trakcie zderzenia;

- b) zmiana prędkości następuje w przedziale czasowym dłuższym od przedziału czasowego, w którym dokonywana jest rejestracja zmiany prędkości  $\Delta V$ . W tym przypadku rejestrowana wartość  $\Delta V$  jest mniejsza od rzeczywistej. Błąd ten nie

- występuje, jeśli rejestrowana wartość  $\Delta V$  osiąga maksimum i zaczyna się zmniejszać przed zakończeniem pomiarowego odcinka czasowego<sup>1</sup>;
- c) przedział czasu, w którym dokonywana jest rejestracja zmiany prędkości  $\Delta V$  jest zbyt długi. Wtedy na wartość zmiany prędkości samochodu uderzonego wpływa jego przemieszczenie, wynikające z kolizji. Prowadzi to do zawyżenia rejestrowanej wartości  $\Delta V$ . Podobnie, jak poprzednio błąd ten nie występuje, jeśli rejestrowana wartość  $\Delta V$  osiąga maksimum i zaczyna się zmniejszać przed zakończeniem pomiarowego przedziału czasowego. Błąd ten można rozpoznać, jeżeli rejestrowana przez EDR wartość  $\Delta V$  osiąga maksimum, potem się zmniejsza, a następnie znowu zaczyna wzrastać;
  - d) maksymalna wartość przyspieszenia może wykraczać poza zakres pomiarowy akcelerometru, w jaki wyposażony jest sterownik poduszek gazowych. W tym przypadku rejestrowana wartość  $\Delta V$  jest zaniżona względem wartości rzeczywistej. Błąd ten charakteryzuje się płaskim fragmentem przebiegu  $\Delta V$  lub przyspieszenia. Warto jednak wspomnieć, że niektóre systemy informują o przekroczeniu maksymalnej wartości przyspieszenia, dlatego jeśli w danych będzie nie tylko  $\Delta V$ , ale również będą wartości przyspieszeń, to wprawny analityk będzie mógł zidentyfikować tą nieprawidłowość;
  - e) najczęściej dochodzi do zaniżenia wartości zmian prędkości ( $\Delta V$ ) rejestrowanych w przypadku centralnych uderzeń w przód samochodu i do zawyżenia w przypadku centralnych uderzeń w jego tył;
  - f) zwykle sterownik poduszek gazowych jest zamontowany w pewnej odległości od środka masy pojazdu;
  - g) fizyczne uszkodzenie sterownika poduszek gazowych lub jego przemieszczenie w trakcie kolizji;
  - h) w obliczeniach rekonstrukcyjnych uwzględniana jest zmiana prędkości „klatki przeżycia”. Zamontowanie sterownika poduszek gazowych w strefie nadwozia, która uległa deformacji wprowadza znaczącą różnicę między wartościami rejestrowanymi przez EDR i rzeczywistymi;
  - i) sterownik poduszek gazowych może utracić zasilanie przed kolizją. Niektóre dane mogą nie zostać zapisane i wtedy wartości  $\Delta V$  mogą być zaniżone<sup>2</sup>;
  - j) dane przesyłane z sieci HS-CAN są zaokrąglane w dół [8]. Na przykład jeżeli prędkość obliczona na podstawie obrotów kół wynosi 52,8 km/h, to do modułu EDR dociera wartość równa 52,0 km/h. Na ten efekt nakłada się rozdzielczość

<sup>1</sup> Zastrzec należy, że jest to uwaga adekwatna dla systemów rejestrujących  $\Delta V$  w czasie 100 lub 150 milisekund. Takich systemów jest już jednak coraz mniej, ponieważ coraz bardziej upowszechniają się systemy rejestrujące  $\Delta V$  w czasie 250 lub nawet 300 milisekund. W nowych systemach bardzo rzadko zdarza się, aby czas spadku prędkości był większy od maksymalnego czasu rejestracji  $\Delta V$  (*przypis Redakcji*).

<sup>2</sup> Praktycznie wszystkie systemy podają informację o kompletności zapisu. Jeśli parametr *Complete File Recorded* ma wartość „yes”, to nie ma powodu, aby podejrzewać zająście tego zjawiska (*przypis Redakcji*).

pobierania wartości prędkości przez moduł EDR. Na przykład dla samochodu Toyota Camry 2010 wynosi ona 2 km/h;

k) nieprawidłowa praca czujników przekazujących dane do modułu EDR.

Powyższe zestawienie nie wyczerpuje wszystkich możliwych przyczyn występowania rozbieżności między rejestrowanymi i rzeczywistymi wartościami  $\Delta V$ .

### **3. Inne przyczyny występowania różnic między parametrami rzeczywistymi a danymi EDR**

Przed przystąpieniem do analizy należy sprawdzić, czy pojazd uczestniczący w kolizji był wyposażony w ogumienie, przewidziane przez producenta auta. Jeśli nie, to należy wyniki przeliczyć, stosownie do rozmiaru opon, jakie były zamontowane w chwili zdarzenia<sup>3</sup>. Należy również sprawdzić – o ile to jest możliwe – czy ciśnienie w oponach nie było zbyt niskie.

Różnica między zapisami w module EDR a wartościami rzeczywistymi może wynikać także z różnicy między przełożeniami w układzie napędowym, zamontowanym w pojeździe przez jego producenta a przełożeniami w układzie przeniesienia napędu, zamontowanym podczas tuningu pojazdu, jeśli takowy miał miejsce.

### **4. Wartości błędów zawartych w zapisach EDR**

#### 4.1. Błąd $\Delta V$

a) A. Toshi i in. [9] przeprowadzili testy, polegające na uderzeniu w przeszkodę całą szerokością samochodu. Prędkości początkowe pojazdów wynosiły 56 km/h. Średni błąd końcowej wartości wzdłużnej  $\Delta V$  wynosił 4,2 km/h (6,6%), zaś średni błąd maksymalnej wartości  $\Delta V$  wynosił 4,32 km/h (6,6%).

Autorzy cytują także wyniki wcześniejszych badań. W próbach przeprowadzonych w roku 1999 błąd  $\Delta V$  w pojazdach wyprodukowanych przez koncern GM wynosił  $\pm 10\%$ . W roku 2005 prowadzono testy z użyciem pojazdów wyprodukowanych przez koncerny GM, Toyota i Ford. Pojazdy poruszające się z prędkościami od 40 do 64 km/h uderzały w przeszkody całą swoją szerokością. Średni błąd  $\Delta V$  wynosił 5,75% (bez znaku). Błędy zawierały się w granicach od 0,19 do 13,41%. W niemal wszystkich testach wartość  $\Delta V$  zapisana w pamięci modułu EDR była mniejsza od rzeczywistej wartości  $\Delta V$ .

W roku 2008 przeprowadzono 48 testów pojazdów wyprodukowanych przez koncerny GM, Toyota i Ford w latach 2004–2007. Prędkości uderzenia zawierały się w zakresie od 40 do 56 km/h. Zauważono, że niektóre moduły EDR nie zapisywały całego przebiegu  $\Delta V$ . W 32 próbach polegających na uderzeniu w przeszkodę całą szerokością samochodu średni błąd  $\Delta V$  wynosił 3,5% i zawierał się w granicach od 0 do 21,8%. Maksymalny błąd wyniósł –8,2 km/h

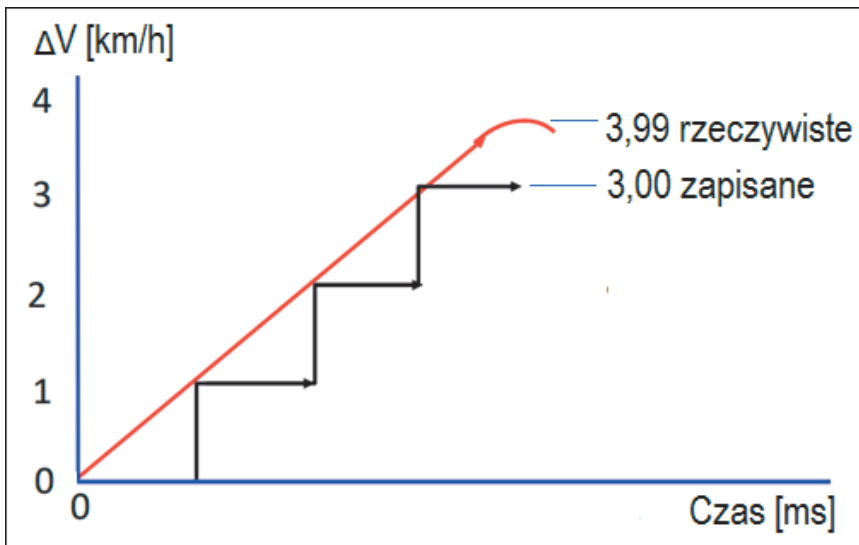
---

<sup>3</sup> Kalkulator do przeliczania obwodu opon można znaleźć np. na stronie [www.1010tire.com](http://www.1010tire.com)

i wystąpił w teście samochodu Toyota Tundra przy prędkości uderzenia równej 56 km/h.

W roku 2011 przeprowadzono 14 prób przy użyciu samochodów marki Toyota. Przebieg prób był taki sam, jak opisany powyżej. Błąd  $\Delta V$  zawierał się w zakresie od +0,47 do -8,84 km/h przy wartości średniej wynoszącej -2,39 km/h (-4,09%).

- b) Jeżeli w module EDR zapisana jest wartość  $\Delta V$  np. 20 km/h, to wartość rzeczywista może się zawierać w zakresie od 20,00 do 20,99 km/h. Wynika to z dyskretnego sposobu zapisywania danych. Ma to szczególne znaczenie przy małych wartościach  $\Delta V$ , gdzie niedokładność może sięgać kilkudziesięciu procent (ryc. 4).



Ryc. 4. Dokładność  $\Delta V$  w zależności od rozdzielczości zapisu [10].

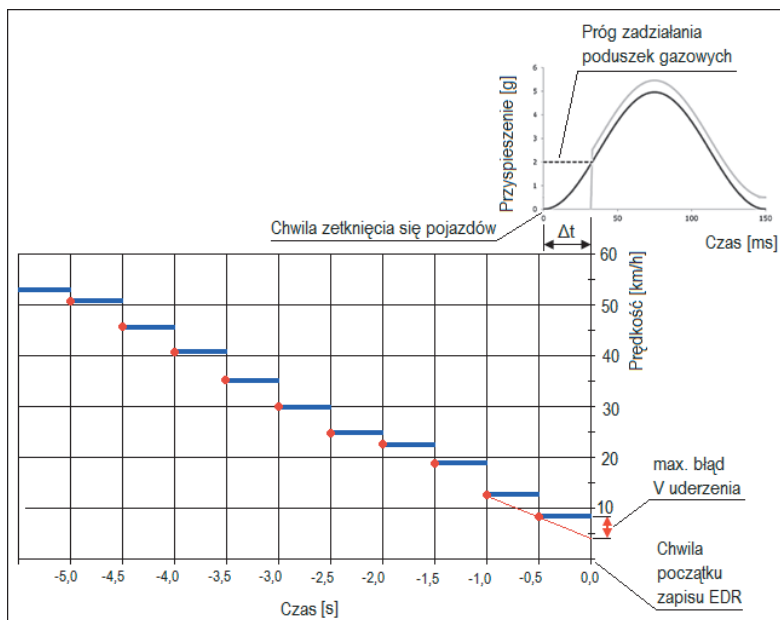
#### 4.2. Błąd prędkości uderzenia

- a) Pierwsze badania, przeprowadzone w roku 1999 przy użyciu pojazdów, wyprodukowanych przez GM, wskazywały, że dokładność prędkości uderzenia zapisywanej w pamięci modułu EDR wynosi  $\pm 4\%$ . Późniejsze testy (z roku 2005 i 2008) wskazywały na dokładność rzędu ok. 1,6 km/h lub mieszczącą się w zakresie 3%.

W roku 2011, na podstawie prób przeprowadzonych z użyciem samochodów marki Toyota, stwierdzono, iż błąd prędkości uderzenia zawiera się w zakresie od -2,4 do +0,2 km/h. Z kolei badania przeprowadzone przez NHTSA przy użyciu pojazdów marki Toyota wskazały, że błąd prędkości uderzenia wynosi  $\pm 2,3$  km/h.

## badania

- b) Największy możliwy błąd prędkości przedzderzeniowej wystąpiłby w przypadku rejestrowania danych na początku poszczególnych przedziałów czasowych. Sposób oszacowania błędu dotyczącego prędkości uderzenia pokazany jest na ryc. 5.



Ryc. 5. Wyznaczenie maksymalnego błędu prędkości uderzenia, wynikającego z dyskretnego zapisywania prędkości w module EDR (rys. autora).

Tabela 1. Zakres prędkości rzeczywistej oszacowany na podstawie prędkości zapisanej w module EDR [11].

	MIN	MAX
Prędkość zapisana w module EDR (zgodna ze wskazaniem prędkościomierza)	65,7 km/h	65,7 km/h
Zmiana prędkości od ostatniego zapisu (0,5 s x 24,14 km/h)	-12,1 km/h	0,0 km/h
Poprawka wynikająca z poślizgu koła przy pracującym układzie ABS +5%	+3,3 km/h	+ 3,3 km/h
Błąd prędkościomierza ±4%	-2,6 km/h	+2,6 km/h
	54,3 km/h	71,60 km/h



### 4.3. Zależność między rzeczywistą prędkością a wskazania GPS i zapis EDR

Z badań, jakie przeprowadził R. Ruth i in. [12] przy użyciu samochodu Ford Flex model 2010 wynikają następujące zależności między rzeczywistą prędkością pojazdu, określoną na podstawie wskazań GPS, a prędkością wynikającą z zapisów EDR:

- pojazd niehamowany

$$V_{GPS} - V_{EDR} = 0,12 + 0,13 \cdot V_{EDR} \quad (2)$$

- pojazd hamowany

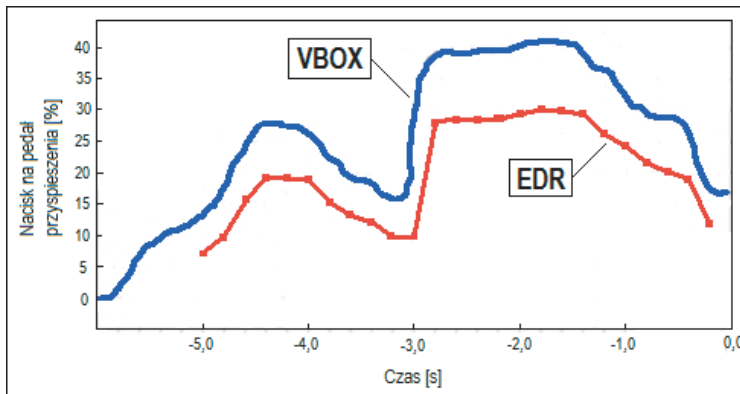
$$V_{GPS} - V_{EDR} = 2,24 + 0,0123 \cdot V_{EDR} \quad (3)$$

### 4.4. Błędy innych wielkości rejestrowanych w module EDR

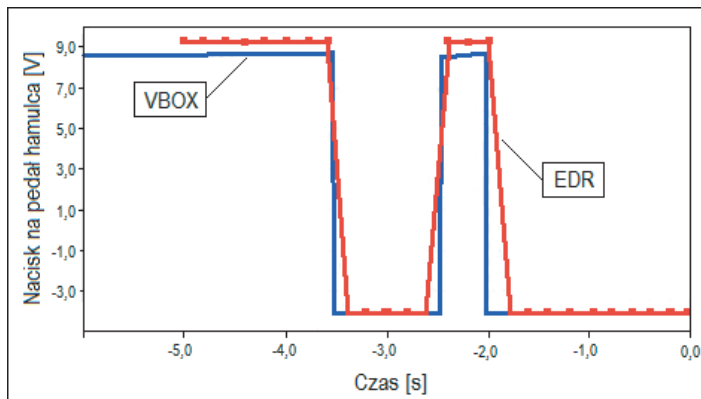
Jak podaje R. Bortolin i in. [13] w samochodzie Dodge Grand Caravan z roku 2008 różnice między rzeczywistym położeniem pedału przyspieszenia a wartościami zapisanymi w module EDR mogą sięgać ok. 10%. Wartości zapisane w module EDR były niedoszacowane.

Maksymalne różnice między rzeczywistym naciskiem na pedał hamulca a wartościami zapisanymi w module EDR również mogą sięgać 10%. Tu z kolei wartości zapisane w module EDR były przeszacowane, ale tylko w niektórych przedziałach czasowych.

Zapisane w module EDR kąty obrotu kierownicy były mniejsze od wartości rzeczywistych o maksymalnie 10° przez część 5-sekundowego przedziału czasowego.



Ryc. 6. Przykładowe różnice między rzeczywistym położeniem pedału przyspieszenia (VBOX) a wartościami zapisanymi w module EDR [13].



Ryc. 7. Przykładowe różnice między rzeczywistym naciskiem na pedał hamulca (VBOX) a wartościami zapisanymi w module EDR [13].

#### 4.5. Odchyłki od wartości rzeczywistych

W tabeli 2 zestawiono podane przez Browna [14] odchyłki różnych parametrów rejestrowanych przez EDR od ich wartości rzeczywistych.

Tabela 2. Odchyłki od wartości rzeczywistych poszczególnych parametrów, rejestrowanych przez EDR.

Parametr	Zakres parametru	Zakres błędu	Rozdzielczość	Uaktualnianie zapisu
$\Delta V$	90 km/h	$\pm 10\%$	0,64 km/h	Zapis co 10 ms, obliczenia co 1,25 ms
Prędkość pojazdu	296 km/h	$\pm 4\%$	0,97 km/h	Przy każdej zmianie prędkości $\geq 0,16$ km/h
Prędkość obrotowa wału korbowego silnika	16383 [obr/min]	$\pm 1$ [obr/min]	$\frac{1}{4}$ [obr/min]	Przy każdej zmianie prędkości $\geq 32$ [obr/min]
Położenie przepustnicy	100%	$\pm 5\%$	0,4%	Przy każdej zmianie położenia $\geq 5\%$

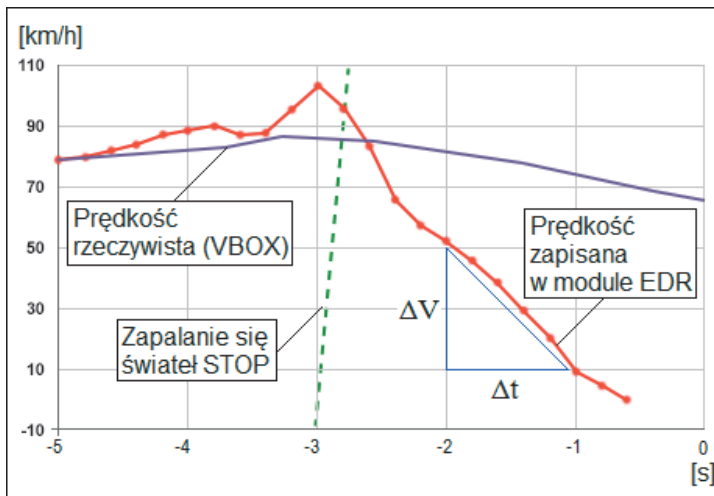
### 5. Dane EDR w przypadku zarzucania pojazdu

R. Ruth i in. [15] zwracają uwagę, że rejestrowana przez EDR prędkość pojazdu jest prędkością podawaną przez sterownik ABS, która nie zawsze jest dokładnie równa prędkości rzeczywistej, co wynika z sygnałów podawanych przez

czujniki ABS. Istotne różnice między prędkością zapisaną w module EDR a prędkością rzeczywistą mogą być spowodowane zablokowaniem kół pojazdu w trakcie jego zarzucania.

- a) Podczas zarzucania samochodu Ford Crown Victoria na mokrej nawierzchni asfaltowej wartość opóźnienia, zapisanego w module EDR, wyniosła  $11,1 \text{ m/s}^2$  i była większa od opóźnienia możliwego do uzyskania w warunkach, w których prowadzono badanie. Wskazuje to, że pojazd wpadł w poślizg, a koła zostały zablokowane.

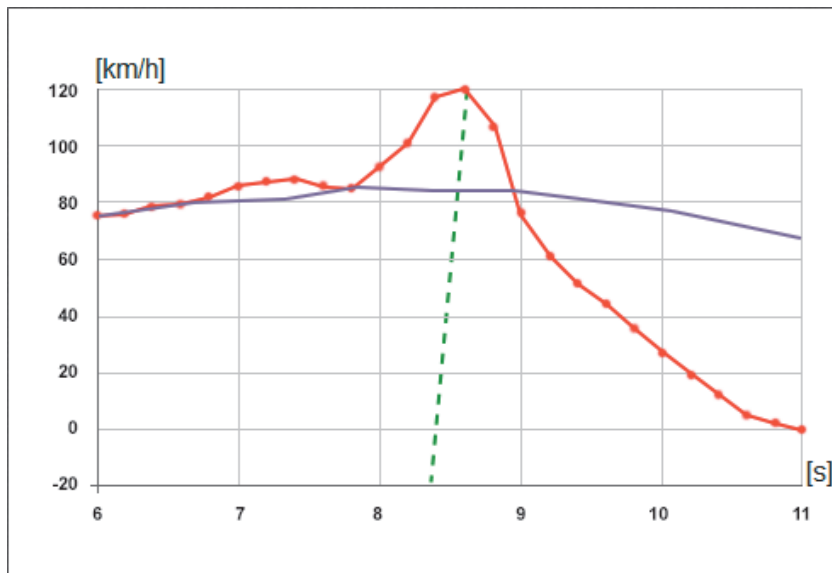
Przebiegi prędkości zapisane w module EDR wskazują, że przy gwałtownym przyspieszaniu w początkowej fazie zarzucania dochodzi do zwiększenia prędkości obrotowej kół. Odzwierciedleniem tego jest wyraźny wzrost prędkości rejestrowanej przez moduł EDR (ryc. 8). Te nagłe przyrosty prędkości, trwające od ok. 0,2 do ok. 1 s, zawierają się w granicach od ok. 10 do ok. 40 km/h;



Ryc. 8. Przebieg zmian prędkości rzeczywistej i prędkości zapisanej w module EDR podczas zarzucania pojazdu na mokrej nawierzchni asfaltowej przy gwałtownym przyspieszaniu [15].

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{40 \text{ km/h}}{1 \text{ s}} = \frac{11,11 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 11,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (4)$$

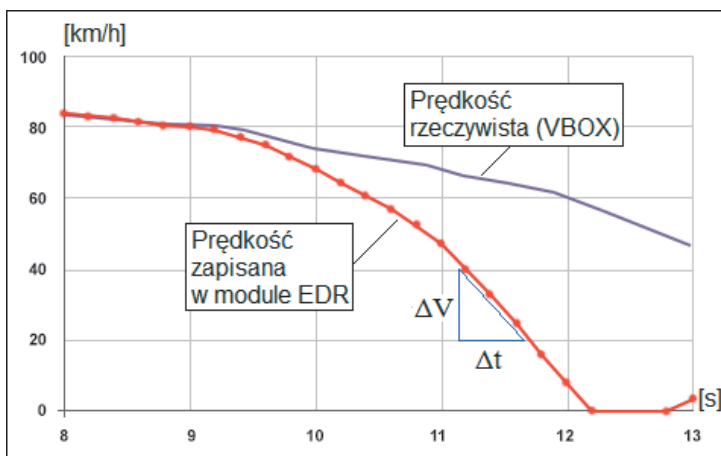
- b) Podobny pozorny wzrost prędkości pojazdu stwierdzono po zerwaniu przyczepności podczas hamowania w przypadku niesprawności układu ABS (ryc. 9);



Ryc. 9. Przebieg zmian prędkości rzeczywistej i prędkości zapisanej w module EDR podczas zarzucania pojazdu na mokrej nawierzchni asfaltowej przy hamowaniu [15].

c) po zerwaniu przyczepności, przy braku hamowania i przyspieszenia zmniejszenie prędkości rejestrowanej przez moduł EDR może przekraczać granice wynikające z warunków drogowych, tak np. jak wynika to z wykresu na ryc. 10.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{20 \text{ km/h}}{0,5 \text{ s}} = \frac{5,56 \text{ m/s}}{0,5 \text{ s}} = 11,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad (5)$$



Ryc. 10. Przebieg zmian prędkości rzeczywistej i prędkości zapisanej w module EDR podczas zarzucania pojazdu na mokrej nawierzchni asfaltowej przy zerowym nacisku na pedał hamulca [15].

## 6. Podsumowanie

Prędkość przedzderzeniowa zapisana w module EDR jest prędkością obliczaną na podstawie prędkości obrotowej kół napędzanych pojazdu. Jeśli dochodzi do zablokowania kół, których prędkość obrotowa przeliczana jest na prędkość liniową pojazdu, to moduł EDR zarejestruje prędkość równą zero, mimo iż prędkość pojazdu może być jeszcze znaczna. Taki sam efekt wystąpi podczas zarzucenia pojazdu o 90 stopni, kiedy koła przestają się obracać.

Zmiana prędkości zarejestrowana przez moduł EDR może różnić się od rzeczywistej zmiany prędkości w czasie zderzenia, przy czym najczęściej zarejestrowana wartość jest mniejsza od rzeczywistej.

Śledząc rozwój systemów w pojazdach samochodowych widać wyraźnie, że niepewność wyników jest coraz mniejsza. Podkreślić jednak należy, że dane zapisane w module EDR nie mogą samodzielnie stanowić podstawy do wnioskowania na temat przebiegu wypadku. Wykorzystanie tych danych w analizie zdarzeń wymaga ich skonfrontowania z warunkami drogowymi, zakresem uszkodzeń pojazdu oraz jego ruchem przed i po zderzeniu.

## Bibliografia

1. Chidester A. i in. (1999). Recording Automotive Crash Event Data, *International Symposium on Transportation Recorders*, May 3 – 5, Arlington, Virginia.
2. Tsoi, A. Johnson, N., Gabler H. (2014). Validation of Event Data Recorders in Side-Impact Crash Test, *SAE Int. J. Trans. Safety*, 2(1), 130-164, doi: 10.4271/2014-01-0503.
3. Kusano, K. D., Gabler, H. (2011). Method for Estimating Time to Collision at Braking in Real-World, Lead Vehicle Stopped Rear-End Crashes for Use in Pre-Crash System Design, *SAE Papers 2011-01-0576*, doi: 10.4271/2011-01-0576.
4. Thomson, R., Sandin, J., Bagdadi, O., Hjort, M., Augusto, B., Andersson, H. (2013). EDR pre-crash data: potential for applications in active safety testing. *Proceedings of the 23rd ESV Conference*, Seoul, Korea. 27-30 May. Paper number 13-0414.
5. Brown, R. White S., Evaluation of Camry HS-CAN Pre-crash Data, Event Data Recorder Interpretation Volume 7A, *SAE Technical Paper*.
6. Prochowski L., i in. (2008). *Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych*, Warszawa: WKiŁ.
7. Rose, N., Bortles, W. Carter, N. (2019). Motorcycle Accident Reconstruction: Applicable Error Rates for Struck Vehicle EDR – Reported Delta V, *Collision Magazine*, Volume 13 Issue 1.
8. Toshi, A., Hinch, J., Ruth, R., Gabler, H. (2013). Validation of Event Data Recorders in High Severity Full Frontal Crash Tests, *SAE 2013-01-1265*.
9. Ruth, R. (2019). Using EDR Delta V in Traffic Crash Reconstruction, *Ruth Consulting LLC 2019*, www.ruthconsulting.com.
10. Ruth, R. (2019). EDR Case Studies, P.E. *IPTM Symposium on Traffic Safety*.

11. Ruth, R., Daily, J. (2010). Accuracy of Event Data Recorder in 2010 Ford Flex During Steady-State and Braking Conditions, Event Data Recorder Interpretation, Volume 7A, *SAE Paper Compilation*.
12. Bortolin R. i in., Chrysler Airbag Control Module (ACM) Data Reliability, Event Data Interpretation, Volume 7A Collision Reconstruction Methodologies, *SAE Technical Paper Compilation*.
13. Brown, W. (2018). Using EDR Data to Calculate Non – EDR Equipped Vehicle Speeds, Special problems in Crash Reconstruction, *Symposium on Impaired Driving Enforcement*, 21-24.05.2018. Orlando Florida.
14. Ruth, R., Brown, T., Lau, J. (2010). Accuracy of EDR During Rotation on Low Friction Surfaces, *SAE Papers*, 2010-01-1001.

\* \* \*

## Some aspects of vehicle motion analysis based on EDR modules records – a review of literature

### **Abstract**

An essential element of a traffic event analysis is to identify the vehicle speed changes prior to and following the collision. This task is increasingly assisted by the data recorded in EDR modules. The vehicle motion quantities obtained from EDR, however, should not always be treated unreservedly as the actual parameters owing to the limitations resulting from the data recording procedure in a EDR module, vehicle defects and the specific nature of the given event. The awareness of these limitations is indispensable when deploying these data.

### **Key words**

EDR, pre-crash speed,  $\Delta V$ .