

Przebieg procesu hamowania prostoliniowego i jego skuteczność

Opracowanie i skład komputerowy

Leszek Chajski

Za miarę skuteczności hamowania przyjmowana jest długość drogi przebytej przez pojazd od chwili pojawienia się przeszkody do jego zatrzymania.

Skuteczność hamowania zależy od trzech zasadniczych czynników [2, 3, 4]:

- psychicznych i fizycznych cech kierowcy,**
- własności konstrukcyjnych i sprawności układu hamulcowego,**
- współczynnika przyczepności opony do jezdni.**

Łączny czas reakcji psychomotorycznej kierowcy

$$t_r = t_{r1} + t_{r2} + t_{r3}$$

(w tym czasie pojazd porusza się w przybliżeniu z taką samą prędkością, jaką miał w chwili podjęcia przez kierowcę decyzji o uruchomieniu hamulców).

Dopiero po tym czasie rozpoczyna się właściwy proces hamowania.

t_{r1} - **czas postrzegania** – od chwili pojawienia się przeszkody w polu widzenia do chwili wyostrenia wzroku i rozpoznania jej;

Czas postrzegania zależy od:

- **położenia przeszkody w stosunku do linii koncentracji wzroku kierowcy** (*przeszkoda jest trudniej zauważalna, jeśli pojawia się na peryferiach obszaru widzenia*),
- **ruchu przeszkody** (*przeszkoda ruchoma jest łatwiej zauważalna niż nieruchoma*),
- **wielkości oraz kontrastowości przeszkody z otoczeniem.**

t_{r2} - **czas zasadniczej reakcji psychicznej** – obejmuje okres związany z rozpoznaniem sytuacji i rozpoczęciem czynności mających na celu wykonanie manewru (*początek przenoszenia stopy z pedału przyspieszania na pedał hamulca*);

t_{r3} - **czas przeniesienia** – od rozpoczęcia zwalniania pedału przyspieszania do położenia stopy na pedale hamulca (*reakcja motoryczna*).

Długość czasu reakcji zależy od następujących czynników:

wieku, doświadczenia, stanu psychofizycznego, charakteru jazdy (np. długotrwała monotonna jazda wydłuża czas reakcji), sytuacji drogowej i elementu zaskoczenia (podczas dojazdu do skrzyżowania lub przejścia dla pieszych czas reakcji jest krótszy niż w przypadku nagłego pojawienia się przeszkody).

Istotny wpływ na czas reakcji kierowcy mogą mieć złe warunki jazdy, pora dnia, hałas, wibracje, nieprawidłowe warunki ergonomiczne (np. złe rozmieszczenie elementów sterowania).

Wszystkie te czynniki powodują, że czas postrzegania i czas reakcji może się zmieniać w dość szerokich granicach.

Na przykład czas reakcji [4]:

- w porze dziennej mieści się w granicach - **(0,35 ÷ 1,2) s**,
- w porze nocnej – **(0,4 ÷ 1,8) s**.

Czas reakcji kierowców wydłuża się z wiekiem kierowcy. Wyraźna zmiana pojawia się po 40. roku życia (*pogorszenie czasu adaptacji wzroku, obniżona zdolność reagowania na bodźce zewnętrzne*).

Największe zmiany występują w wieku 50–60 lat.

Po 75. roku życia czas reakcji może wydłużyć się dwukrotnie. Wartości te dodatkowo powiększają się wraz ze wzrostem zmęczenia lub w przypadku konsumpcji alkoholu.

W zależności od cech fizycznych (np. kierowca jest wypoczęty lub zmęczony), *stanu zdrowia* (np. ból głowy), *złożoności sytuacji drogowej* (zaskoczenie wynikające z nietypowości sytuacji drogowej), *charakteru drogi* (ulica, droga podmiejska, autostrada), *rytmu dobowego*, *zjawisk meteorologicznych* (zmiany ciśnienia atmosferycznego i temperatury otoczenia), *stopnia koncentracji* (np. hałas w kabinie trwający przez dłuższy czas może wydłużyć czas reakcji o ponad 10%), *łączny czas postrzegania i czas reakcji kierowcy może zmieniać się od 1 [s] nawet do 5 [s]*.

Oslabienie czujności objawia się osłabieniem zdolności percepcyjnych kierowcy: następuje pogorszenie zdolności postrzegania, co skutkuje opóźnieniem rozpoczęcia właściwego manewru w sytuacji niebezpiecznej [3,4].

Wartości odcinków czasowych istotnych dla przebiegu procesu zatrzymania pojazdu [3]

	Reakcja psychomotoryczna kierowcy t_r		
	Reakcja psychiczna		Reakcja motoryczna
	Czas postrzegania t_{r1} [s]	Czas zasadniczej reakcji psychicznej t_{r2} [s]	Czas przeniesienia stopy t_{r3} [s]
Wartość średnia	0,48	0,45	0,19
Dolna granica przedziału ufności (2%)	0,32	0,22	0,15
Górna granica przedziału ufności (98%)	0,55	0,58	0,21

dolne granice dotyczą ok. 2% populacji kierowców, górne – ok. 98%

**Bardzo istotny na czas
reakcji kierowcy jest wpływ
alkoholu, narkotyków oraz
leków psychotropowych!**

t_o - czas zwłoki zadziałania hamulca od chwili położenia stopy na pedale hamulca do pojawienia się siły hamowania.

Czas zadziałania hamulców wg danych literaturowych

Źródło:	Czas zadziałania hamulców		
	Hydrauliczny układ uruchamiania	Pneumatyczny układ uruchamiania	Elektropneumatyczny układ uruchamiania
S. Arczyński	0,3	0,5	
T. Wrzesiński	0,1÷0,3		
A. Reński	0,05		
K. Studziński	0,02÷0,05	0,2÷0,5	
L. Prochowski, J. Unarski, W. Wach	0,15÷0,3	0,3÷0,5	0,15÷0,35

Czas zwłoki zadziałania pneumatycznego układu hamulcowego wynosi ok. 0,5 [s] i jest dłuższy niemal dwukrotnie od czasu zwłoki układu hydraulicznego, co wydłuża drogę zatrzymania pojazdów z pneumatycznym układem hamulcowym w stosunku do pojazdów z układem hydraulicznym, a jeszcze bardziej w stosunku do **EBS - Electronic Brake System** (elektroniczny układ hamulcowy).

t_n - czas narastania opóźnienia

$$t_n < 0,4 \text{ [s]} \quad [2,3,4]$$

do obliczeń przyjęto wartość średnią

$$\frac{t_n}{2} = 0,17 \text{ [s]}$$

t_h - czas pełnego hamowania

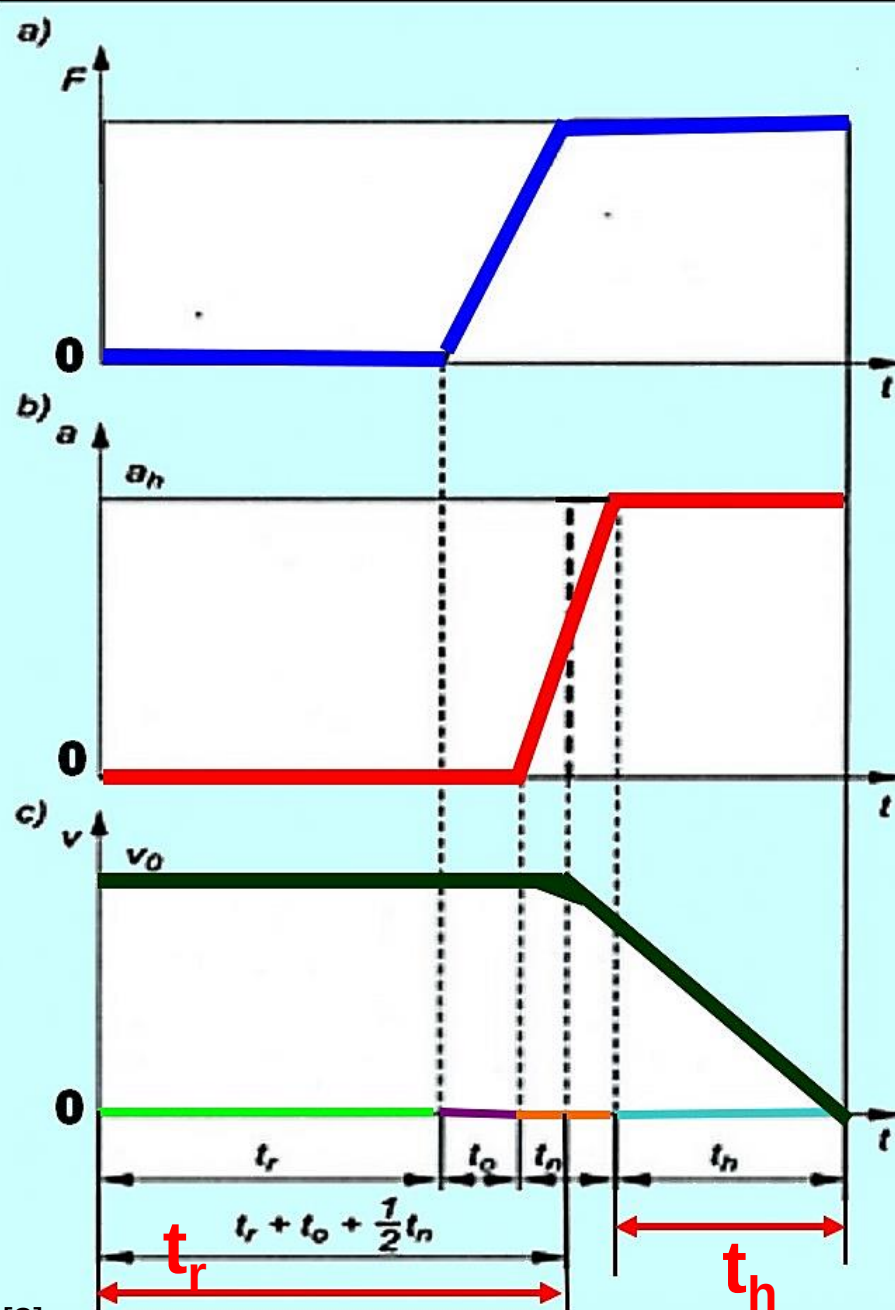
Przy założeniu sprawności układu hamulcowego czas zwłoki zadziałania układu hamulcowego t_o i czas narastania opóźnienia t_n mieszczą się w określonych granicach, to czas reakcji psychofizycznej kierowcy t_r jest trudny do przewidzenia.

t_r – czasu reakcji kierowcy
(od momentu zauważenia przeszkody do momentu dotknięcia pedału hamulca)

t_o – czas zwłoki zadziałania hamulca (czas opóźnienia układu hamulcowego)

t_n – czas narastania opóźnienia

t_h – czas pełnego hamowania
(od chwili osiągnięcia założonej wartości siły hamowania do zatrzymania pojazdu)



[3] Uproszczony przebieg procesu zatrzymywania samochodu:
a) siła nacisku na pedał hamulca, b) opóźnienie hamowania, c) prędkość

Badania długości drogi zatrzymania od momentu reakcji kierowcy

Długość drogi zatrzymania

$$S_z = S_r + S_h$$

S_z - droga zatrzymania

S_r - droga reakcji - droga pojazdu przebyta od chwili zauważenia zagrożenia do momentu uruchomienia hamulców.

S_h - droga hamowania - droga pojazdu przebyta od chwili uruchomienia hamulców do czasu zatrzymania pojazdu.

S_r - droga reakcji

$$S_r = V_0 \times \left(t_r + t_0 + \frac{t_n}{2} \right)$$

S_h - droga hamowania

$$S_h = \frac{(V_0)^2}{2 \times a_h}$$

V_0 – prędkość pojazdu w momencie podejmowania decyzji o hamowaniu

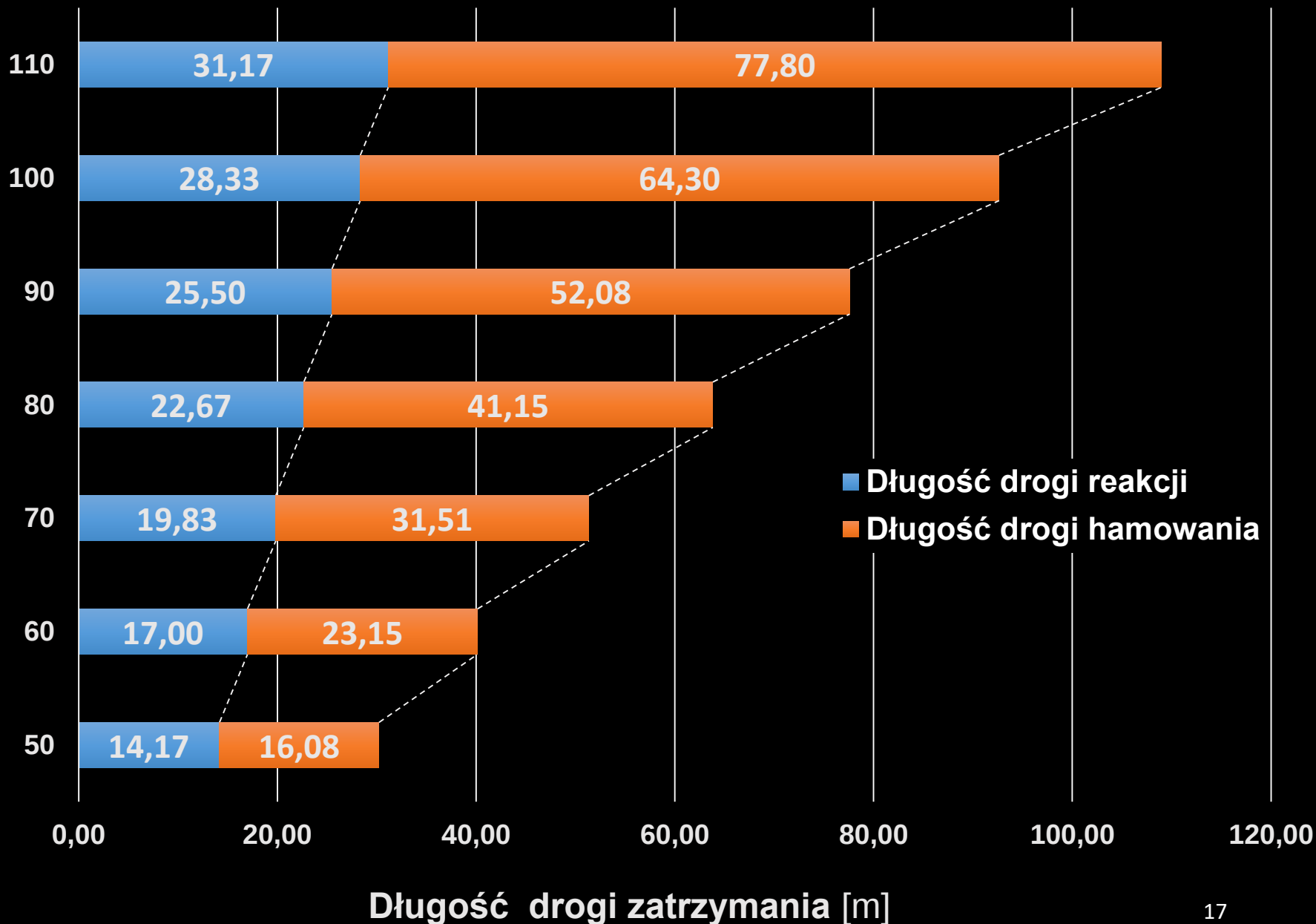
a_h – opóźnienie hamowania (dla nawierzchni asfaltowej suchej przyjęto $\mu = 0,6$ i **$a_h = 6 \text{ m/s}^2$**)

Zależność długości drogi zatrzymania od prędkości początkowej przy stałym czasie reakcji kierowcy stałym opóźnieniu

- ❑ Na potrzeby analizy przyjęto prędkość pojazdu w momencie podejmowania decyzji o hamowaniu V_0 w zakresie **50 – 110 km/h** co 10 km/h
- ❑ Do obliczeń przyjęto wartość $t_r = 0,8$ [s] [3,4]
- ❑ Do obliczeń przyjęto wartość $t_o = 0,05$ [s] oraz $\frac{t_n}{2} = 0,17$ [s] [3,4]

Zależność długości drogi zatrzymania od prędkości w momencie podejmowania decyzji o hamowaniu przy stałym czasie reakcji kierowcy i stałym opóźnieniu

Prędkość pojazdu w momencie spostrzeżenia przeszkody [km/h]



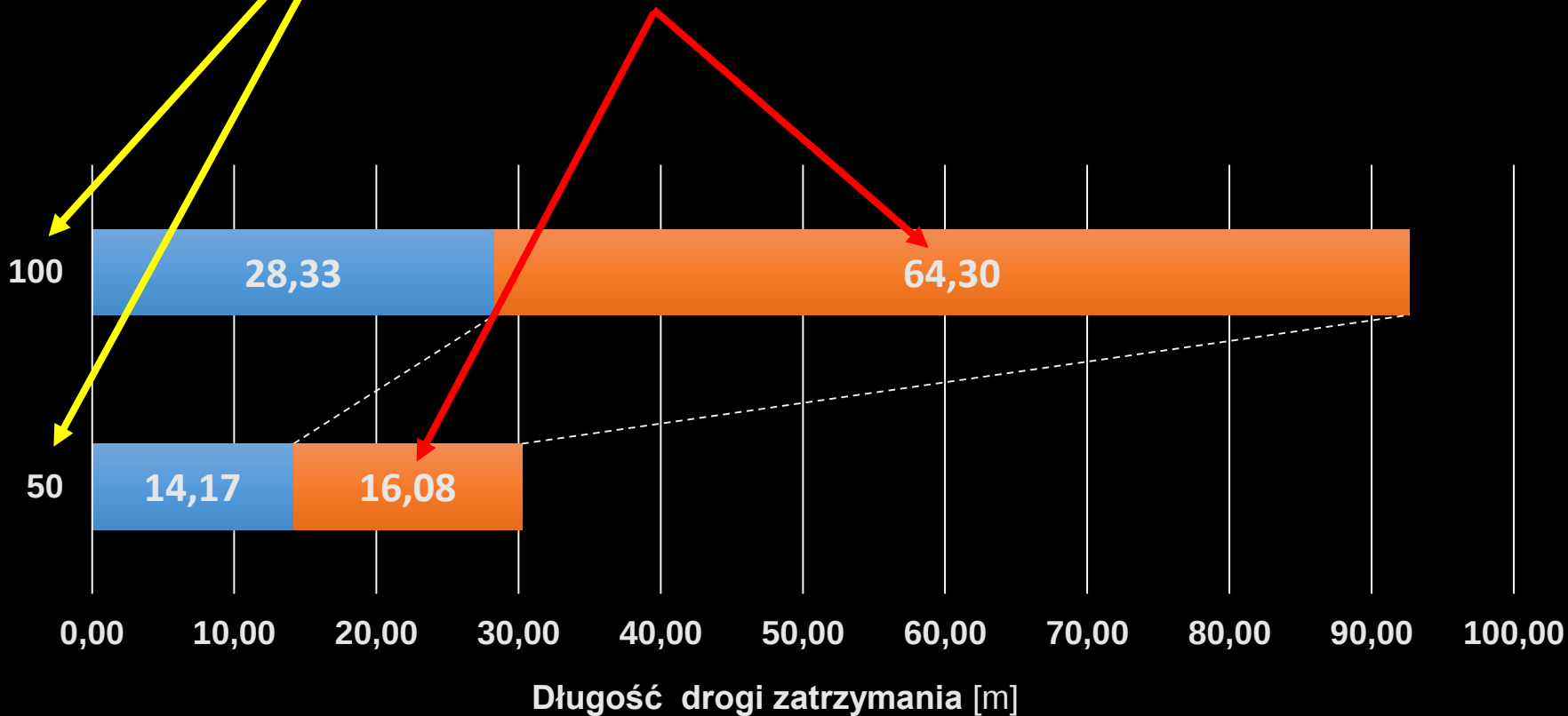
Przy wzroście prędkości V_0 , mimo stałego czasu reakcji kierowcy i stałej wartości opóźnienia hamowania, wydłuża się droga zatrzymania pojazdu.

Rośnie zarówno długość drogi reakcji S_r jak i droga hamowania S_h

Różnica, o jaką wzrasta długość drogi reakcji S_r wraz ze wzrostem prędkości, **wzrasta o stałą wartość** – w tym przypadku jest to 2,83 m.

Droga hamowania rośnie z kwadratem prędkości, a więc przy **dwukrotnym** zwiększeniu prędkości – droga hamowania wzrośnie **czterokrotnie !!!**

Prędkość pojazdu w momencie spostrzeżenia przeszkody [km/h]



■ Długość drogi reakcji

$$S_r = V_0 \times (t_r + t_0 + \frac{t_n}{2})$$

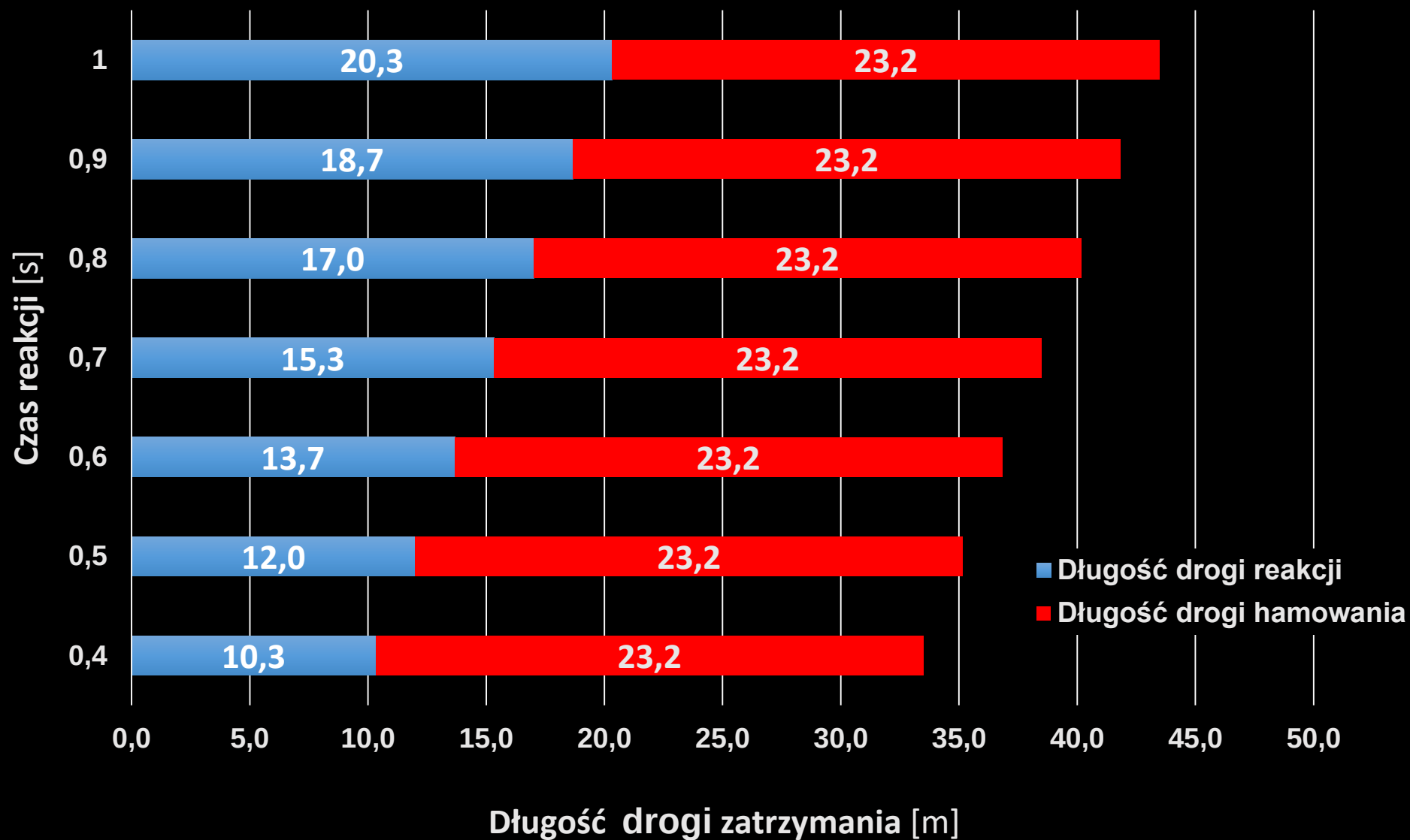
■ Długość drogi hamowania

$$S_h = \frac{(V_0)^2}{2 \times a_h}$$

Zależność długości drogi zatrzymania od zmiany czasu postrzegania przy stałej prędkości $V = 60 \text{ km/h}$ i stałym opóźnieniu

- Na potrzeby analizy przyjęto czas reakcji t_r w zakresie $0,4 - 1,00 \text{ [s]}$ z krokiem $0,1 \text{ [s]}$
- Do obliczeń przyjęto wartość $t_o = 0,05 \text{ [s]}$ oraz $\frac{t_n}{2} = 0,17 \text{ [s]}$ [3,4]

Zależność długości drogi zatrzymania od zmiany czasu postrzegania kierowcy przy stałej prędkości $V_0 = 60 \text{ km/h}$



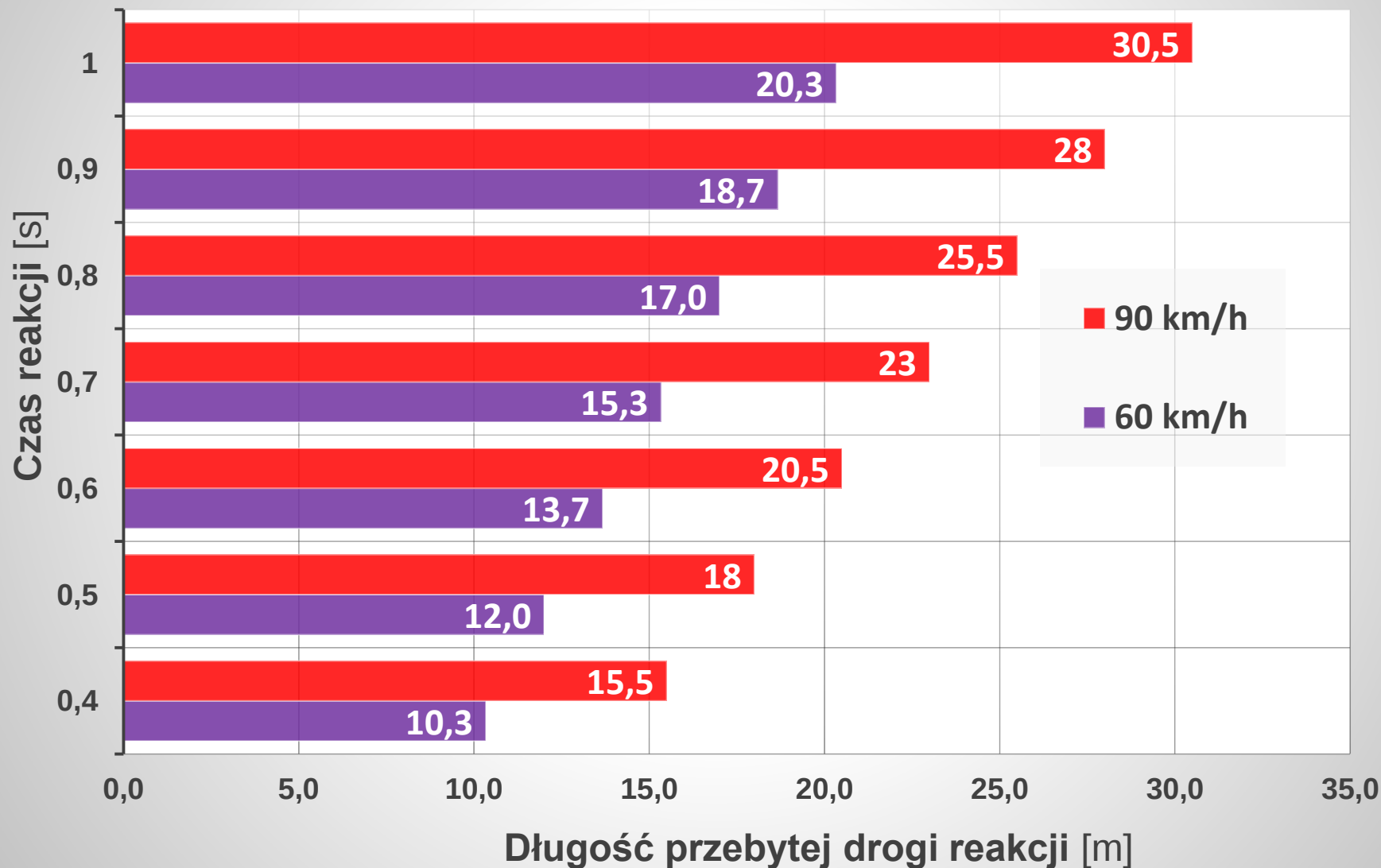
Daje się zauważyć, że długość drogi zatrzymania pojazdu przy stałym opóźnieniu dla stałej prędkości wydłuża się wraz ze wzrostem czasu reakcji kierowcy, natomiast długość drogi hamowania jest stała (tutaj dla prędkości $V_0 = 60 \text{ km/h}$ i $a_h = 6 \text{ m/s}^2$ wynosi ona $S_h = 23,2 \text{ m}$).

Na wzrost długości drogi zatrzymania znaczny wpływ ma wzrost czasu reakcji psychofizycznej, przy czym droga przebyta w czasie hamowania jest taka sama bez względu na zmianę czasu reakcji.

Zależność długości drogi reakcji od zmiany czasu postrzegania kierowcy przy stałej prędkości $V_0 = 60$ km/h i $V_0 = 90$ km/h

- ❑ Na potrzeby analizy przyjęto czas reakcji t_r w zakresie $0,4 - 1,00$ [s] z krokiem $0,1$ [s].
- ❑ Do obliczeń przyjęto wartość $t_o = 0,05$ [s] oraz $\frac{t_n}{2} = 0,17$ [s] [3,4]
- ❑ Do obliczeń przyjęto wartości prędkości $V_0 = 60$ [km/h] i $V_0 = 90$ [km/h]

Zależność długości drogi reakcji od zmiany czasu postrzegania kierowcy przy stałej prędkości $V = 60 \text{ km/h}$ i $V = 90 \text{ km/h}$



W przypadku wzrostu czasu reakcji kierowcy t_r wydłuża się długość drogi reakcji.

Długość drogi reakcji rośnie wraz z wartością prędkości pojazdu w momencie podejmowania decyzji o hamowaniu.

Istotny wpływ na czas reakcji kierowcy ma wpływ alkoholu, narkotyków oraz leków psychotropowych.

Powyższe czynniki powodują, że czas postrzegania a tym samym łączny czas reakcji psychomotorycznej kierowcy może się zwiększyć w dość szerokich granicach co wydłuża drogę reakcji i zwiększa prawdopodobieństwo zdarzenia drogowego.

**Analizując długość drogi zatrzymania się pojazdu od momentu pierwszej reakcji kierowcy, należy stwierdzić, że na proces hamowania oprócz rodzaju i stanu technicznego układu hamulcowego istotny wpływ ma prędkość pojazdu oraz czynniki zależne od kierowcy
- psychiczne i fizyczne cechy kierowcy.**

Literatura

- [1] Karwowska E., Simiński P.: Analiza wpływu czasu postrzegania na długość drogi zatrzymania przez pryzmat czynników psychofizycznych. Wojskowy Instytut Techniki Pancerniej i Samochodowej.
- [2] Prochowski L.: Pojazdy samochodowe. Mechanika ruchu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
- [3] Reński A.: Bezpieczeństwo czynne samochodu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2011.
- [4] Wicher J.: Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.

KONIEC

Dziękuję za uwagę