



Włodzimierz Treter

Parametry ruchu pieszych – przyczynek do rozpoznania problemu

Streszczenie

W oparciu o dane literaturowe, w pierwszej części artykułu autor omawia wartości przyspieszeń występujących w początkowej fazie ruchu pieszych, istotnej dla możliwości rozpoznania przez kierujących stanu zagrożenia wynikającego z obecności pieszego. Druga część artykułu jest przyczynkiem do zbioru danych, zawierających prędkości pieszych poruszających się w różnych warunkach.

Słowa kluczowe

Piesi, prędkości ruchu, przyspieszenia, opóźnienia.

Otrzymano w dniu 27.09.2017 r., przyjęto w dniu 26.10.2017 r.

* * *

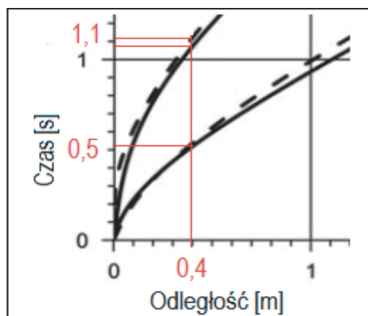
1. Przyspieszenia i opóźnienia w różnych rodzajach ruchu pieszych

1.1. Przyspieszenia w ruchu pieszych

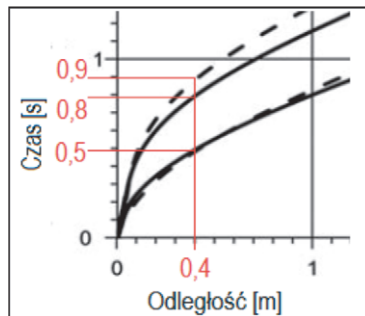
Gdy pieszy wchodzi na jezdnię stojąc wcześniej przy jej krawędzi, należy uwzględnić fazę przyspieszenia na początku jego ruchu. Jak podaje Zębala i in. [10], minimalne przemieszczenie pieszego, konieczne do rozpoznania jego ruchu przez kierującego, wynosi ok. 0,4 m (ryc. 1). Chwilę dotarcia pieszego do końca tego odcinka należy przyjąć za wymaganą chwilę początku reakcji kierującego.

Dla obydwu płci i dla chodu powolnego, zakres czasu, w jakim piesi pokonują pierwsze 0,4 metra, zawiera się w granicach 0,5–1,1 s. Dla pędzenia (sprintu) zakres ten zawiera się w granicach 0,4–0,8 s. Zwraca uwagę, że dolne granice tych przedziałów czasowych są prawie takie same, niezależnie od rodzaju ruchu i płci pieszych.

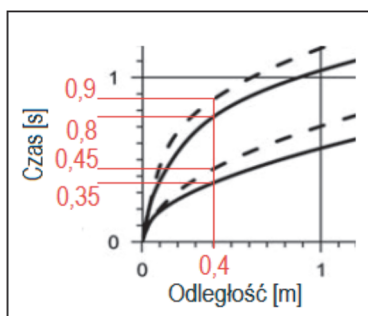
Mgr inż. Włodzimierz Treter, certyfikowany rzeczoznawca samochodowy, prowadzi własne biuro rzeczoznawcze „TRETER Ekspertyzy Techniczne”, Radom.



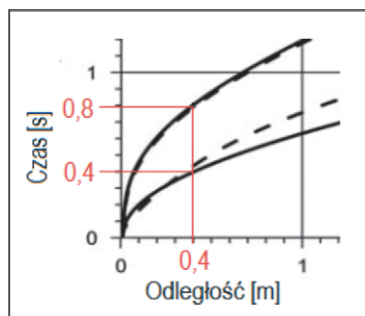
a) Powolny chód (kobiety i mężczyźni).



b) Szybki chód (linia przerywana: kobiety, linia ciągła: mężczyźni).



c) Bieg (linia przerywana: kobiety, linia ciągła: mężczyźni).



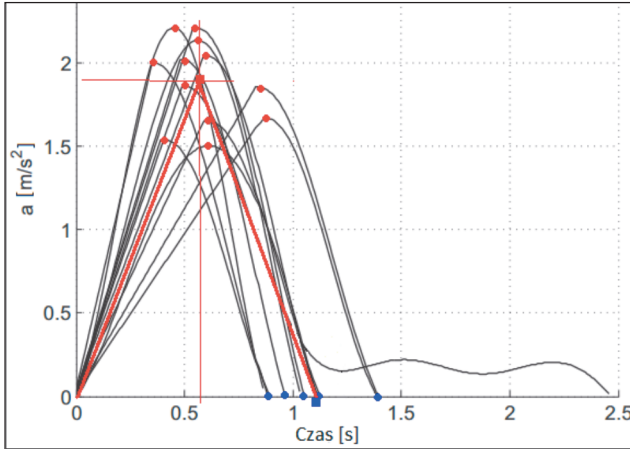
d) Pędzenie (linia przerywana: kobiety, linia ciągła: mężczyźni).

Ryc. 1. Czas przebycia początkowego odcinka o długości 0,4 m przez kobiety i mężczyzn (źródło: [10]).

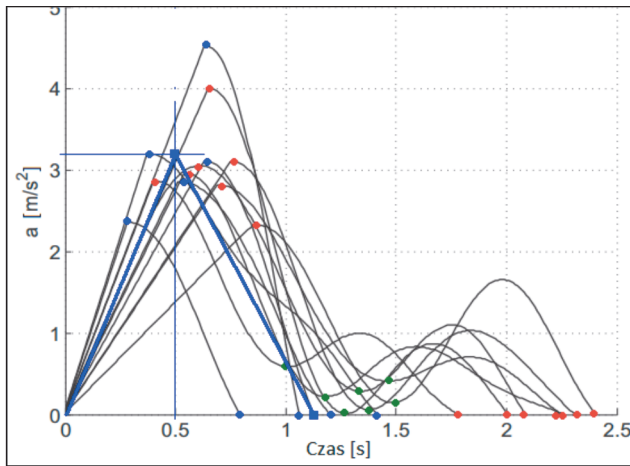
N. Tiemann [8] badał przyspieszenia i opóźnienia (spowolnienia) w ruchu dwunastoosobowej grupy, składającej się z czterech kobiet i ośmiu mężczyzn. Wiek uczestników tych testów zawierał się w granicach od 25 do 38 lat, przy średniej wynoszącej 30,5 roku. Wyniki tych badań są przedstawione na rycinach 2–6.

Uśrednienie współrzędnych maksimum wartości przyspieszeń oraz współrzędnych początku i zakończenia przyspieszenia pokazanych na tych wykresach wskazuje, że:

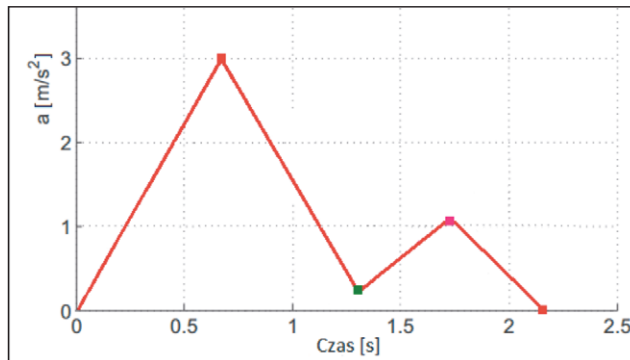
- maksymalne uśrednione przyspieszenie ze startu stojącego do chodu wynosi ok. $1,9 \text{ m/s}^2$,
- czas przyrastania przyspieszenia wynosi ok. 0,6 s,
- czas zmniejszania się przyspieszenia – ok. 0,5 s,
- łączny czas trwania nieustalanej fazy ruchu, charakteryzującego się zmiennym przyspieszeniem, wynosi ok. 1,1 s,
- odcinek o długości 0,4 m, istotny dla możliwości zauważenia ruchu pieszego, pokonywany jest w czasie ok. 0,6–0,7 s.



Ryc. 2. Uśredniony przebieg zmian przyspieszenia ze startu stojącego do chodu (linia czerwona) (na podstawie [8]).



Ryc. 3. Uśredniony przebieg zmian przyspieszenia ze startu stojącego do biegu (linia niebieska) (na podstawie [8]).

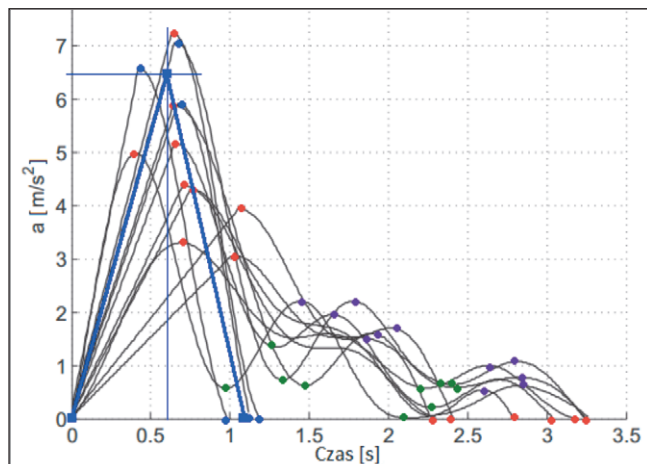


Ryc. 4. Uśredniony przebieg zmian przyspieszenia ze startu stojącego do biegu typu jogging – dotyczy przebiegów wskazanych na poprzedniej rycinie punktami koloru czerwonego (rysunek autora).

Przedstawione charakterystyki ruchu pieszych pozwalają na dokonanie następujących spostrzeżeń.

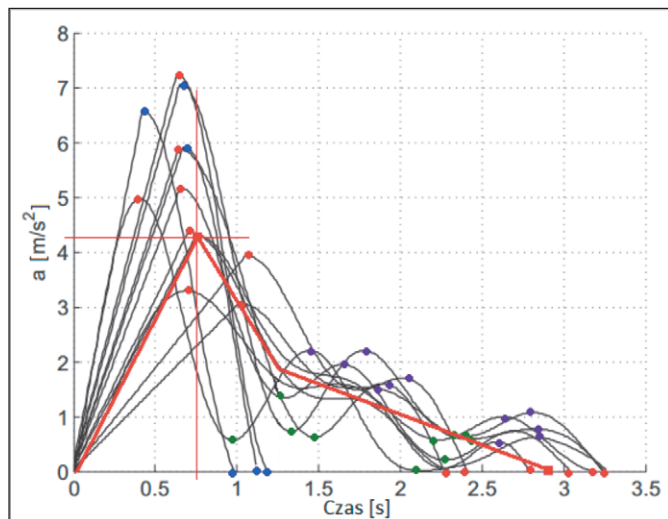
- Uśrednienie współrzędnych maksimów oraz współrzędnych początku i zakończenia przyspieszania pokazanych wyżej charakterystyk wskazuje, że maksymalne uśrednione przyspieszenie ze startu stojącego do biegu, takiego jak podczas joggingu, wynosi ok. $3,2 \text{ m/s}^2$. Czas narastania przyspieszenia wynosi ok. $0,5 \text{ s}$, zaś czas zmniejszania się przyspieszenia to ok. $0,6 \text{ s}$. Łączny czas trwania nieustalanej fazy ruchu, tj. fazy przyspieszania, wynosi ok. $1,1 \text{ s}$. Czas potrzebny do pokonania pierwszych $0,4 \text{ metra}$ wynosi w tym przypadku ok. $0,5 \text{ s}$.
- Część przebiegów charakteryzuje się fazą zmniejszonego przyspieszenia. Przebiegi przyspieszenia zwiększającego się w dłuższym przedziale czasowym, niż uwzględnione powyżej, są mniej przydatne w analizach zdarzeń drogowych. Istotne jest bowiem sprawdzenie, czy pieszy był w stanie osiągnąć określoną prędkość w jak najkrótszym czasie. Ważne dla wnioskowania są więc „stany graniczne”.
- Pierwsze maksimum przyspieszenia występuje po upływie ok. $0,7 \text{ s}$ i wynosi ok. 3 m/s^2 . Następnie, po upływie ok. $1,3 \text{ s}$ od rozpoczęcia ruchu, występuje minimum o wartości ok. $0,3 \text{ m/s}^2$. Potem, po upływie ok. $1,7 \text{ s}$ od rozpoczęcia ruchu, występuje drugie maksimum o wartości ok. 1 m/s^2 . Faza przyspieszenia kończy się po ok. $2,1 \text{ s}$ od chwili rozpoczęcia ruchu. W tym przypadku czas przebycia początkowego odcinka o długości $0,4 \text{ metra}$ zajmuje – tak jak w przypadku poprzednim – ok. $0,5 \text{ s}$.

Jeśli pieszy rozpędza się ze startu stojącego do pędzenia (sprintu, tj. do biegu z maksymalną osiągalną prędkością), to można wskazać dwa rodzaje przebiegów. Pierwszy, zaznaczony na rycinie 5 linią niebieską, charakteryzuje się trwającym ok. $0,6 \text{ s}$ wzrostem przyspieszenia od wartości zerowej do ok. $6,5 \text{ m/s}^2$. Przez następne ok. $0,5 \text{ s}$ przyspieszenie maleje do zera i pieszy porusza się dalej ze stałą prędkością. Czas trwania nieustalanej fazy ruchu wynosi $1,1 \text{ s}$, w tym pokonanie początkowego odcinka $0,4 \text{ m}$ zajmuje ok. $0,3\text{--}0,4 \text{ s}$.



Ryc. 5. Uśredniony przebieg zmian przyspieszenia ze startu stojącego do pędzenia. Przypadki, gdy nieustalona faza ruchu kończy się po upływie ok. 1 sekundy (linia niebieska) (na podstawie [8]).

Drugi rodzaj charakterystyk, którego uśrednienie wskazuje na rycinie 6 linia czerwona, odznacza się trwającym ok. 0,7 s wzrostem przyspieszenia od wartości zerowej do ok. 4,2 m/s². Następnie, do ok. 1,2 s od początku ruchu, przyspieszenie maleje do wartości ok. 2 m/s². W tym punkcie charakterystyka przyspieszenia załamuje się. Wartość zerową przyspieszenie osiąga po ok. 2,9 s od początku ruchu. Przy pokazanym wyżej przebiegu przyspieszenia czas potrzebny na pokonanie początkowych 0,4 m wynosi ok. 0,4–0,5 s.



Ryc. 6. Uśredniony przebieg zmian przyspieszenia ze startu stojącego do pędzenia. Przypadki, gdy nieustalona faza ruchu trwa ok. 2–3 s (linia czerwona) (na postawie [8]).

Podane wyżej wartości są zbliżone z czasami wynikającymi z wyników badań podanych przez Zębałą i in. [10].

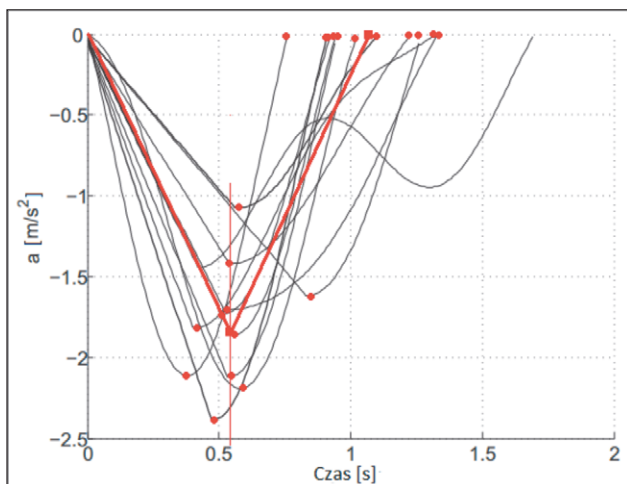
Wyniki powyższej analizy opartej na badaniach przeprowadzonych w 2012 roku przez Tiemanna [8] są przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości przyspieszenia i czasy jego trwania dla różnych rodzajów ruchu pieszych (na podstawie badań przeprowadzonych przez Tiemanna [8])

parametr ▼	rodzaj ruchu ►	chód	bieg	pędzenie
średnie maksymalne przyspieszenie [m/s ²]		1,9	3,2	6,5
zakres przyspieszeń maksymalnych [m/s ²]		1,5–2,2	2,3–4,5	5,9–7,1
średni czas narastania przyspieszenia [s]		0,6	0,5	0,6
średni czas trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego przyspieszenia) [s]		1,1	1,1	1,1
zakres czasów narastania przyspieszenia [s]		0,3–0,9	0,3–0,6	0,4–0,7
zakres czasów trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego przyspieszenia) [s]		0,9–1,4	0,8–1,4	1,0–1,2

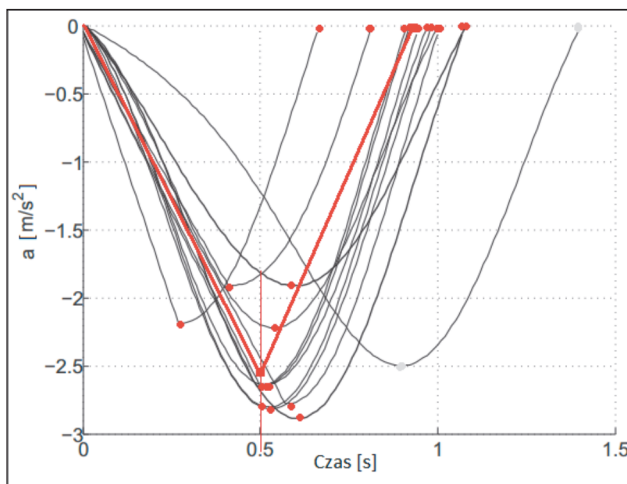
1.2. Opóźnienia w ruchu pieszych

Dla analizy przebiegu wypadku istotne znaczenie może mieć zbadanie, czy pieszy miał możliwość zatrzymania się przed torem ruchu pojazdu. W grupie badanej przez Tiemanna [8] opóźnienie podczas spokojnego, „komfortowego” spowalniania ruchu pieszego od chodu do zatrzymania się, rosło w czasie ok. 0,6 s od zera do ok. $1,8 \text{ m/s}^2$. Następnie, po upływie ok. 1,1 s od początku fazy zatrzymywania się pieszego, opóźnienie osiągało wartość zerową (ryc. 7).



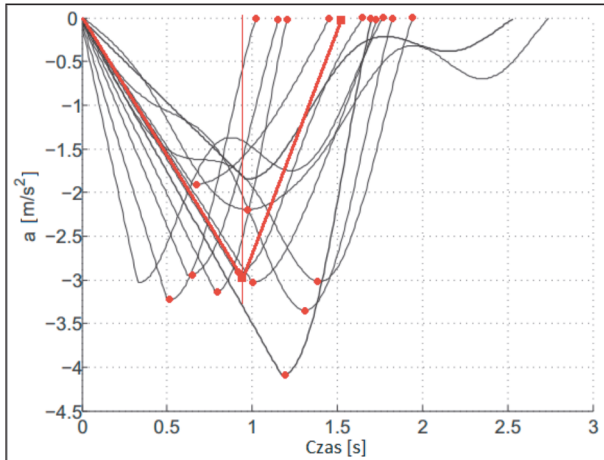
Ryc. 7. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od chodu do zatrzymania się (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega tu w sposób „komfortowy” (na postawie [8]). Przebieg skrajny został pominięty.

W badanej grupie pieszych opóźnienie podczas „gwałtownego” spowalniania ruchu od chodu do zatrzymania się rosło (w sensie matematycznym malało) w czasie ok. 0,5 s od zera do ok. minus $2,6 \text{ m/s}^2$. Następnie, po upływie ok. 0,9 s od początku zatrzymywania się pieszego, opóźnienie osiągało wartość zerową (ryc. 8).



Ryc. 8. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od chodu do zatrzymania się (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega w sposób „gwałtowny” (na postawie [8]).

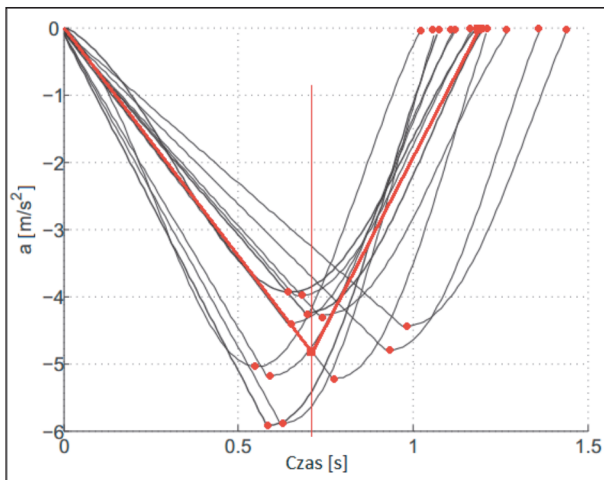
W trakcie spowalniania ruchu pieszego w sposób „komfortowy” od biegu typu „jogging” opóźnienie narasta w ciągu ok. 1 s od zera do ok. 3 m/s². Następnie, po upływie ok. 1,6 s od rozpoczęcia spowalniania, wartość opóźnienia maleje i osiąga wartość zerową (ryc. 9).



Ryc. 9. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od biegu typu „jogging” do zatrzymania się (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega w sposób „komfortowy”. Dwa skrajne, nietypowe przebiegi zostały pominięte (na postawie [8]).

Przebiegi opóźnienia zmniejszającego się w przedziale czasowym dłuższym niż uwzględnione powyżej są mniej przydatne w analizach zdarzeń drogowych. Istotne jest bowiem sprawdzenie, czy pieszy był w stanie zatrzymać się przed torem ruchu samochodu. Ważne dla analizy są więc stany graniczne.

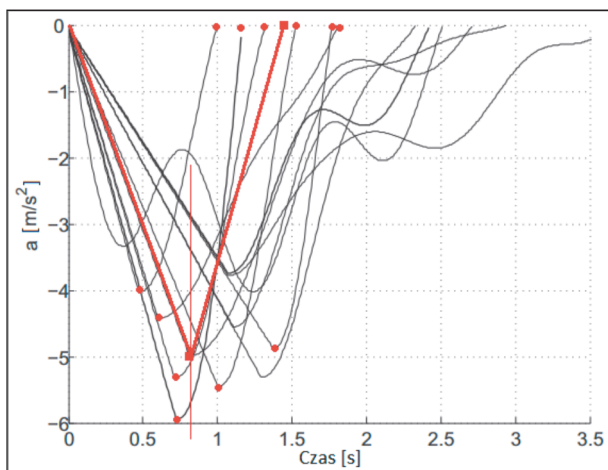
W trakcie gwałtownego spowalniania ruchu pieszego od biegu typu „jogging” opóźnienie narasta w ciągu ok. 0,7 s od zera do ok. 4,7 m/s². Następnie, po upływie ok. 1,2 s od rozpoczęcia spowalniania ruchu pieszego, opóźnienie maleje i osiąga wartość zerową (ryc. 10).



Ryc. 10. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od biegu typu „jogging” do zatrzymania (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega w sposób „gwałtowny” (na podstawie [8]).

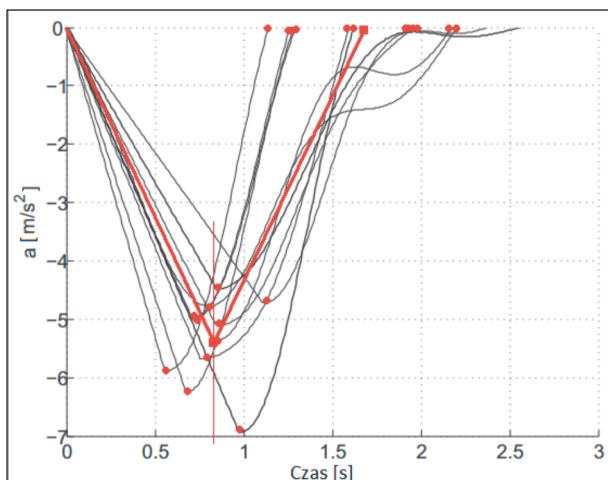
z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

W trakcie spowalniania ruchu pieszego w sposób spokojny („komfortowy”) od pędzenia (biegu z maksymalną prędkością) opóźnienie w ciągu ok. 0,8 s narasta od zera do ok. $4,9 \text{ m/s}^2$. Następnie wartość opóźnienia maleje i po upływie ok. 1,5 s od rozpoczęcia spowalniania ruchu pieszego osiąga wartość zerową (ryc. 11).



Ryc. 11. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od pędzenia (tj. biegu z maksymalną prędkością) do zatrzymania się (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega w sposób „komfortowy” (na podstawie [8]).

W trakcie gwałtownego spowalniania ruchu pieszego od pędzenia (bieg z maksymalną prędkością) opóźnienie narasta w ciągu ok. 0,8 s od zera do ok. $5,4 \text{ m/s}^2$. Następnie wartość opóźnienia maleje i osiąga wartość zerową po upływie ok. 1,7 s od rozpoczęcia spowalniania ruchu pieszego.



Ryc. 12. Uśredniony przebieg zmian opóźnienia od pędzenia (tj. biegu z maksymalną prędkością) do zatrzymania się (linia czerwona). Spowalnianie ruchu pieszego przebiega w sposób gwałtowny (na podstawie [8]).

Uwaga: badane osoby należały do grupy wiekowej, której ruch odznacza się największą dynamiką. Można więc podane wyżej wartości traktować jako maksymalne, możliwe do osiągnięcia.

Tabela 2. Wartości opóźnienia i czasy jego trwania dla różnych rodzajów ruchu pieszych (na podstawie [8])

parametr ▼	rodzaj ruchu ►	chód		bieg	
		sposób zatrzymania się			
		komfort.	gwałtow.	komfort.	gwałtow.
Średnie maksymalne opóźnienie [m/s ²]		1,8	2,6	3,0	4,7
Zakres opóźnień maksymalnych [m/s ²]		1,1–2,4	1,9–2,9	1,9–4,1	3,8–5,8
Średni czas narastania opóźnienia [s]		0,5	0,5	1,0	0,7
Średni czas trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego opóźnienia) [s]		1,1	0,9	1,6	0,7
Zakres czasów narastania opóźnienia [s]		0,4–0,8	0,3–0,6	0,5–1,4	0,6–1,0
Zakres czasów trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego opóźnienia) [s]		0,8–1,3	0,7–1,1	1,0–2,0	1,0–1,4

Tabela 3. Wartości opóźnienia i czasy jego trwania dla różnych rodzajów ruchu pieszych (na podstawie [8])

parametr ▼	rodzaj ruchu ►	pędzenie	
		sposób zatrzymania się	
		komfortowy	gwałtowny
Średnie maksymalne opóźnienie [m/s ²]		4,9	5,4
Zakres opóźnień maksymalnych [m/s ²]		3,9–5,8	4,4–6,9
Średni czas narastania opóźnienia [s]		0,8	0,8
Średni czas trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego opóźnienia) [s]		1,5	1,7
Zakres czasów narastania opóźnienia [s]		0,5–1,4	0,6–1,1
Zakres czasów trwania nieustalonej fazy ruchu (tj. zmiennego opóźnienia) [s]		1,0–1,9	1,1–2,2

2. Prędkości ruchu pieszych w sytuacjach szczególnych

Nie sposób wymienić wszystkie czynniki wpływających na prędkość ruchu pieszych. Przykładowe z nich wskazane są w tabeli 4 [2].

Tabela 4. Niektóre czynniki wpływające na prędkość ruchu pieszych [2]

cechy pieszego	okoliczności towarzyszące	warunki otoczenia
pleć	cel podróży	pochyłość drogi
wiek	pora roku	stromość i liczba stopni schodów
wzrost	pora dnia	stan nawierzchni
stan zdrowia	stan pogody	atrakcyjność okolicy
stopień zmęczenia	temperatura otoczenia	natężenie ruchu pieszych na przejściu

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

cechy pieszego	okoliczności towarzyszące	warunki otoczenia
usposobienie (aktywny, powolny)	wysokość nad poziomem morza	
nastrój	długość drogi do przebycia	
ciśnienie czasu		

W dalszej części niniejszego artykułu wskazany został wpływ niektórych czynników na prędkość ruchu pieszych: elementów ubioru, warunków otoczenia, czy też sytuacji, w jakiej piesi się znajdowali. Bartels i Erbsmehl [2] obserwowali wpływ niektórych z tych czynników na prędkość pieszych (tabele 5 i 6).

Tabela 5. Wpływ niektórych czynników na prędkość ruchu pieszych [2]

rodzaj ruchu ► cechy pieszego ▼	ruch powolny [m/s]	ruch normalny [m/s]	szybki chód [m/s]	ruch z maksymalną prędkością [m/s]
pieszy poruszający się tyłem	chód: 0,77	szybki chód: 1,10	bieg: 2,00	bieg z maksymalną prędkością: 3,0
pieszy idący o lasce	0,69	0,91 (maks. prędkość)	0,91 (maks. prędkość)	0,91 (maks. prędkość)
pieszy z gipsem na nodze	0,55–0,75	0,98	1,33	2,80 (skakanie)
pieszy idący o kulach (typu A) ¹	0,55	0,83	1,28	2,10
pieszy idący o kulach (typu B)	0,53	0,81	1,50	2,33
osoba na wózku inwalidzkim	–	1,00	1,80	2,50

Tabela 6. Wpływ niektórych czynników na prędkość ruchu pieszych [2]

rodzaj ruchu	prędkość [m/s]
osoby dojeżdżające do pracy	1,34–1,49
osoby na zakupach	1,04–1,16
osoby pracujące	1,45–1,61
turyści, osoby spędzające czas wolny	0,99–1,10

* * *



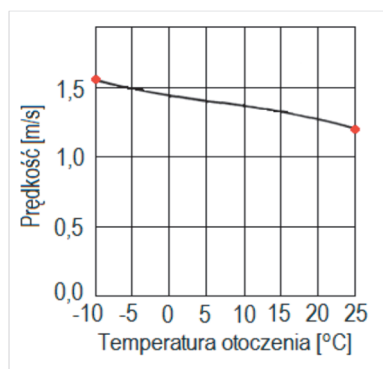
¹ Rodzaje kul inwalidzkich

W obliczeniach uwzględniających rozwinięcie pieszego po uderzeniu przez samochód znaczenie może mieć nachylenie tułowia, zależne od prędkości pieszego (tabela 7).

Tabela 7. Pochylenie tułowia pieszego w zależności od prędkości jego ruchu [2]

prędkość ruchu [m/s]	pochylenie tułowia α [°]
$V \leq 2,5$	$\alpha \approx -5^\circ$ do 10°
$2,5 < V < 4,5$	$\alpha \approx 5^\circ$ do 20°
$V \geq 4,5$	$\alpha \approx 10^\circ$ do 45°

Można też zaobserwować stałe zmniejszanie się prędkości ruchu pieszych w miarę wzrostu temperatury (ryc. 14).



Ryc. 14. Zmiana prędkości pieszego w zależności od temperatury otoczenia (na podstawie [2]).

* * *

F. Carson [4] badał prędkość ruchu pieszych przechodzących przez jezdnię o szerokości ok. 11,9 m (tabela 8).

Tabela 8. Prędkość ruchu pieszych przy przechodzeniu przez szeroką jezdnię [4]

sposób poruszania się	płeć	wiek [lata]	prędkość [m/s]
piesi idą trzymając się za ręce	M+K	35+35	1,36
piesi idą trzymając się za ręce	M+K	40+40	1,23
piesi idą trzymając się za ręce	M+K	25+22	1,41
piesi idą obok siebie	M+K	25+30	1,40
piesi idą obok siebie	K+K	48+48	1,40
piesi idą obok siebie	M+K	60+55	1,23
piesi idą obok siebie	M+M	17+40	1,43
pieszy podpira się laską	M	70	0,40
pieszy podpira się laską	M	48	0,90
pieszy podpira się laską	M	70	0,50
osoba jadąca na wózku o napędzie ręcznym	M	38	1,24
osoba jadąca na wózku o napędzie elektrycznym	M	55	2,11

z problemów rekonstrukcji wypadków i opiniowania

sposób poruszania się	płeć	wiek [lata]	prędkość [m/s]
osoba jadąca na wózku o napędzie elektrycznym	K	50	1,34
osoba jadąca na wózku o napędzie elektrycznym	M	50	1,26
piesza z otyłością	K	25	1,07
pieszy z otyłością	M	65	1,48
pieszy biegnie	M	8	2,26
pieszy biegnie	M	9	2,16
pieszy biegnie	M	12	2,72
piesza utyka	K	60	0,78
piesza utyka	K	55	1,17
piesza idzie w obuwiu na wysokich obcasach	K	45	1,57
pieszy jedzie na wózku pchanym przez inną osobę	M	25	1,47
pieszy ciągnie walizkę	M	30	1,63
otyli piesi idą obok siebie	M+K	40+40	0,98

K – kobieta, M – mężczyzna

* * *

Finnis i Walton [5] prowadzili badania m.in. w Auckland, Wellington i Palmerston North w Nowej Zelandii. Obserwowani byli piesi poruszający się po poziomym odcinku o długości 5 metrów (tabela 9).

Tabela 9. Wpływ niektórych czynników na prędkość ruchu pieszych [5]

opis przechodniów	liczba osób	prędkość [m/s]	odchylenie standardowe [m/s]
osoby niosące bagaż	659	1,51	0,22
osoby rozmawiające z osobami towarzyszącymi	63	1,31	0,24
kobiety w butach treningowych	237	1,46	0,21
osoby w klapkach	77	1,31	0,23
kobiety w butach na płaskim obcasie	532	1,52	0,21
kobiety w butach na wysokim obcasie	121	1,49	0,17
osoby niosące w sposób widoczny telefon komórkowy	22	1,56	0,18
osoby rozmawiające przez telefon komórkowy	9	1,51	0,27
osoby rozglądające się wokół	85	1,30	0,30

Finnis i Walton nie podają wieku i budowy ciała obserwowanych pieszych. Z tego względu w praktyce rzeczoznawczej wykorzystać można nie tyle wartości liczbowe we wskazanych przypadkach, ile relacje między nimi.

Obserwacje prowadzone były w godzinach od 8:00 do 17:00. Prędkość pieszych w drodze do pracy, w drodze na stację lub ze stacji kolejowej, była znacząco wyższa niż prędkość pozostałych pieszych. Zwraca uwagę niższa prędkość pieszych w klapkach niż w innych rodzajach obuwia. Prędkość kobiet w butach na

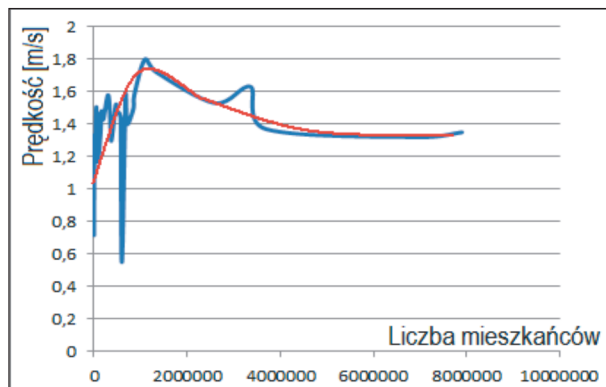
wyższych obcasach nie różni się znacząco od prędkości pieszych w obuwii sportowym i na płaskim obcasie (autorzy nie opisują, jak wysokie były obcasy, należy zapewne z tych obserwacji wyłączyć tzw. szpilki – *uwaga autora*).

Interesujące są dokonane przez Finnisa i Waltona [5] spostrzeżenia wpływu tzw. *tempa życia* na prędkość ruchu pieszych (tab. 10).

Tabela 10. Wpływ wielkości miasta na prędkość ruchu pieszych [5]

miejsowość	liczba mieszkańców	prędkość [m/s]
USA, Nowy Jork	7 900 000	1,35
Wlk. Brytania, Londyn	7 000 000	1,32
USA, Los Angeles	3 694 000	1,37
Australia, Melbourne	3 366 000	1,63
USA, Brooklyn	2 602 000	1,53
Niemcy, Monachium	1 340 000	1,72
Czechy, Praga	1 093 000	1,80
Grecja, Ateny	867 000	1,58
Australia, Brisbane	850 000	1,50
Kanada, Calgary	708 500	1,40
Irlandia, Dublin	679 800	1,57
Malta, Msida	600 000	0,55
USA, Waszyngton	575 000	1,43
USA, Pittsburgh	540 000	1,47
USA, Seattle	503 000	1,47
Wlk. Brytania, Edinburgh	470 100	1,52
Wlk. Brytania, Manchester	400 000	1,35
N. Zelandia, Auckland	368 000	1,30
Czechy, Brno	342 000	1,47
USA, Buffalo	300 000	1,58
USA, Richmond	200 000	1,43
N. Zelandia, Wellington	164 000	1,48
USA, New Haven	138 000	1,33
Grecja, Iraklion	78 000	1,17
N. Zelandia, Palmerston North	72 000	1,47
Irlandia, Limerick	57 200	1,27
Wlk. Brytania, Inverness	53 200	1,43
Francja, Bastia	49 400	1,50
Irlandia, Galway	29 400	1,25
N. Zelandia, Levin	15 500	1,33
Francja, Corte	5 500	1,02
Grecja, Itea	2 500	0,72
Grecja, Psycho	400	0,85

Przykłady te wskazują, że prędkość ruchu pieszych jest zwykle wyższa w dużych miastach, gdzie tzw. tempo życia jest szybsze, niż w małych miejscowościach (ryc. 15).



Ryc. 15. Zależność prędkości pieszych od liczby mieszkańców (na podstawie [5]).

Daje się tu zauważyć następujące tendencje: najpierw, w miarę zwiększania się liczby mieszkańców, prędkość pieszych rośnie, osiągając maksimum w Monachium i Pradze, miastach liczących nieco ponad 1 milion mieszkańców. Następnie, wraz ze wzrastającą liczbą mieszkańców, prędkość ruchu pieszych maleje. *Uwaga:* Pokazaną zależność należy traktować ze szczególną ostrożnością, tylko jako tendencję (*uwaga autora*).

* * *

Bargegol i in. [1] obserwowali pieszych przechodzących przez przejście o szerokości 8 m. Badania były prowadzone w mieście o gęstości zaludnienia wynoszącej 4340 osób na 1 km² (tabele 11–14).

Tabela 11. Prędkość przechodzenia przez jednię w normalnych warunkach pogodowych (bez opadów deszczu) [1]

pleć	liczba obserwacji	średnia prędkość [m/s]	odchylenie standardowe [m/s]	V ₁₅ [m/s]
mężczyźni	3081	1,10	0,169	0,89
kobiety	3540	0,97	0,174	0,86
wszyscy piesi	6621	1,03	0,139	0,81

Tabela 12. Prędkość przechodzenia przez jednię podczas opadów deszczu [1]

pleć	liczba obserwacji	średnia prędkość [m/s]	odchylenie standardowe [m/s]	V ₁₅ [m/s]
mężczyźni	354	1,21	0,181	1,06
kobiety	171	1,12	0,139	1,01
wszyscy piesi	525	1,15	0,141	1,02

Tabela 13. Porównanie prędkości pieszych przy braku opadów i w trakcie deszczu [1]

płeć	warunki pogodowe	liczba prób	średnia prędkość [m/s]	odchylenie standardowe [m/s]
mężczyźni	brak opadów	3081	1,10	0,169
	deszcz	354	1,21	0,181
kobiety	brak opadów	3540	0,97	0,174
	deszcz	171	1,12	0,139

Tabela 14. Porównanie prędkości pieszych bez i z parasolem przy przechodzeniu przez przejście podczas deszczu [1]

płeć	warunki	liczba obserwacji	średnia prędkość [m/s]	odchylenie standardowe [m/s]
mężczyźni	z parasolem	153	1,18	0,159
	bez parasola	201	1,21	0,143
kobiety	z parasolką	66	1,11	0,112
	bez parasolki	105	1,14	0,156

Wyniki te wskazują, że podczas deszczu piesi przechodzili przez jedną szybciej niż wtedy, gdy opadów nie było.

* * *

Uzupełnienie danych dotyczących ruchu pieszych podają H. Burg i A. Moser [3].

Tabela 15. Czas obracania się pieszych [s], tolerancja: $\pm 10\%$ [3]

kąt obrotu ► sposób obrotu ▼	0–45°	0–90°	0–135°	0–180°
maks. szybki	0,14	0,18	0,30	0,45
szybki	0,18	0,35	0,54	0,73
normalny	0,25	0,55	0,88	1,28
osoby starsze	0,42	0,90	1,45	2,04

Tabela 16. Wpływ niektórych czynników na prędkość ruchu pieszych [3]

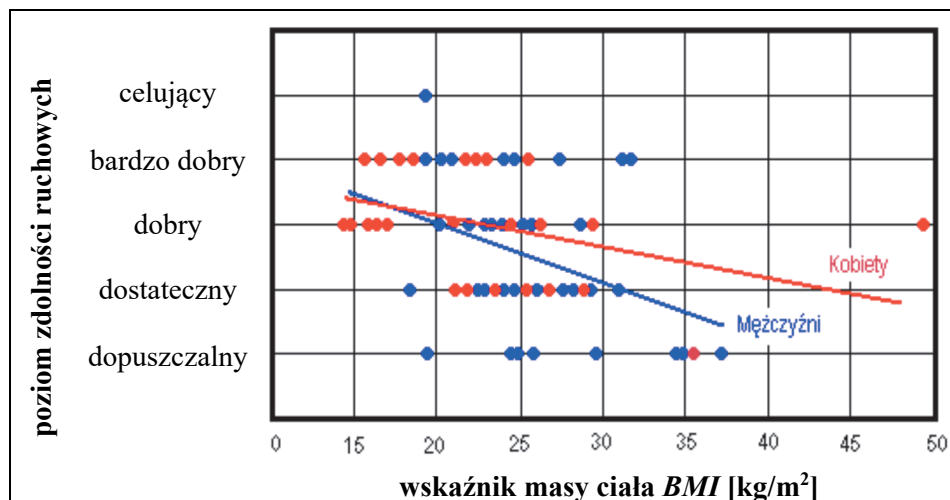
czynnik	prędkość [m/s]	
	ruch powolny	ruch szybki
osoby idące o kulach typu A ^{*)}	0,56	1,25
osoby idące o kulach typu B	0,53	1,67
osoby na wózku inwalidzkim	0,83	1,81

^{*)} Zob. przypis 1.

czynnik	prędkość [m/s]	
	ruch powolny	ruch szybki
osoby z protezami lub o lasce	0,72	0,83
osoby idące tyłem	0,72	2,50
dzieci na rolkach (5–6 lat)	1,67	2,22
dzieci na rolkach (11–12 lat)	2,50	4,17
dzieci na rowerku 3-kołowym (3–4 lata)	0,67	1,00
dzieci na hulajnodze	2,22	2,78
dzieci na gokarcie o napędzie nożnym	2,36	3,61

* * *

Kramer i Raddatz [6] przedstawili zależność między wskaźnikiem masy ciała (BMI)² a oceną zdolności ruchowych pieszych. Można zauważyć tendencję obniżania się zdolności ruchowych pieszych wraz ze wzrostem wartości BMI . Na podstawie przedstawionych wyników badań nie można sformułować ścisłej zależności, widać jednak wyraźne pogarszanie się zdolności ruchowych w miarę zwiększania wartości wskaźnika BMI . Przedstawiona tendencja powinna jednak skłaniać biegłego do refleksji, czy budowa ciała pieszego nie wpływała na prędkość jego ruchu.

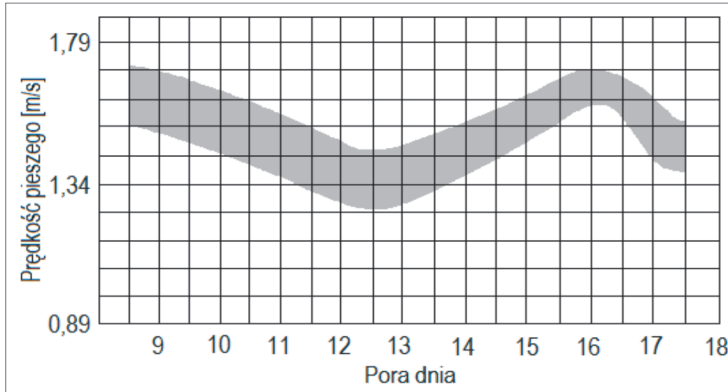


Ryc. 16. Pogarszanie się zdolności ruchowych ze wzrostem BMI (na podstawie [6]).

* * *

² Wskaźnik masy ciała (ang. *Body Mass Index* – BMI), określane również jako wskaźnik Queteleta II) – współczynnik powstały przez podzielenie masy ciała określonej w kilogramach przez kwadrat wysokości określonej w metrach.

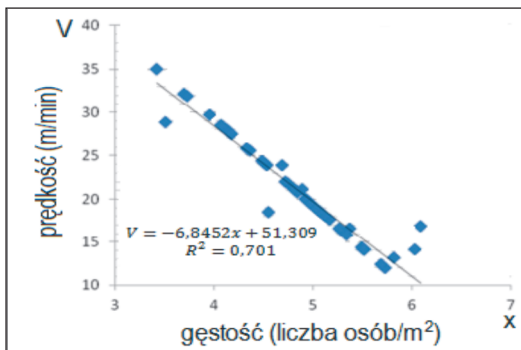
Weidmann [9] wskazuje, że w cyklu dziennym występują dwa maksima prędkości pieszych: ok. godz. 9 i ok. godz. 16, co odpowiada początkowi i zakończeniu dnia pracy w wielu krajach (ryc. 17).



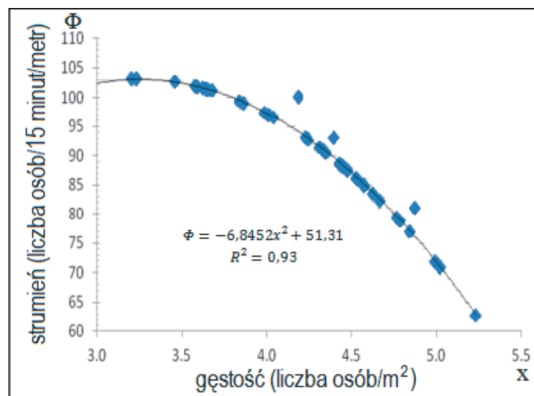
Ryc. 17. Prędkość pieszych w zależności od pory dnia (źródło: [9]).

* * *

Bargegol i in. [1] prowadzili badania prędkości pieszych w mieście Erbil, stolicy Kurdyjskiego Okręgu Autonomicznego. Badania te pozwoliły zauważyć wyraźne tendencje zmniejszania się prędkości oraz strumienia (wyrażonego jako liczba osób na 15 minut na metr) pieszych w miarę wzrostu liczby osób na jednostkę powierzchni (ryc. 18–19).



Ryc. 18. Prędkość pieszych w zależności od liczby osób na jednostkę powierzchni (źródło: [1]).



Ryc. 19. Strumień pieszych w zależności od liczby osób na jednostkę powierzchni (źródło [1]).

3. Konkluzje

1. W przypadkach, gdy pieszy wkracza na jezdnię ze startu stojącego, konieczne jest uwzględnienie fazy przyspieszania jego ruchu. Wydłuża to szacowany czas przebywania pieszego na jezdni.
2. Początek reakcji kierującego należy sytuować nie na początku ruchu pieszego, ale po przebyciu przez niego odcinka o długości ok. 0,4 metra.
3. Jeśli analizowana jest możliwość zatrzymania się pieszego przed torem ruchu pojazdu, to należy uwzględnić fazę opóźnienia w końcówce jego ruchu.
4. Szacowanie prędkości pieszych powinno uwzględniać możliwie wiele czynników. W świetle mnogości danych literaturowych przyjęcie prędkości pieszego jedynie w zależności od jego wieku wymaga szczegółowego uzasadnienia.

Bibliografia

1. Bargegol, I., Najafi, V., Gilani, M. (2015). *The Effect of Rainy Weather on Walking Speed of Pedestrians on Sidewalks*, Buletin Technol. Tanaman, Bil. 12, s. 217–222.
2. Bartels, B., Erbsmehl, Ch., T. (2014). *Bewegungsverhalten von Fußgänger im Straßenverkehr – Teil 1*, Forschungsvereinigung Automobiltechnik E. V., FAT 267, Verband der Automobil-industrie.
3. Burg, H., Moser, A. (2009). *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion*, 2. Auflage, Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
4. Carson, F. (2010). *Pedestrian Walking Speed in Crosswalk Study*, Accident Reconstruction Journal, November/December.
5. Finnis, K., K., Walton, D. (2007). *Field observations of factors influencing walking speeds*, Opus International Consultants, University of Canterbury, Nowa Zelandia.
6. Kramer, F., Raddatz, M. (2010). *Das Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr auf Basis einer experimentellen Reihenuntersuchung*, VKU Dezember.

7. Sarsam, S., I., Abdulameer, M., W. (2015). *Modeling of Pedestrian Walking Characteristics at Erbil CBD*, International Journal of Mathematics and Computational Science, Vol. 1, No. 5, s. 234–241.
8. Tiemann, N. (2012). *Ein Beitrag zur Situationsanalyse im vorausschauende Fußgängerschutz*, Universität Duisburg – Essen, 09 Mai.
9. Weidmann, U. (1993). „*Transporttechnik der Fußgänger, Transporttechnische Eigenschaften des Fussgängerverkehrs (Literaturauswertung)*”, Schriftenreihe des IVT, Nr 90, Zürich, März.
10. Zębala, J., Cięпка, P., Reza, A. (2012). *Pedestrian Acceleration and Speeds*, Problems of Forensic Sciences, Vol. 91 (XCI), s. 227–234.

* * *

Parameters of pedestrian movement – an article contributing to understanding of the problem

Abstract

Based on literature data, in the first part of the article, the author discusses values of acceleration occurring in the initial phase of pedestrian movement – this initial phase is significant for drivers in terms of the possibility of recognising a threat resulting from the presence of a pedestrian. The second part of the article is a contribution to the collection of data on the speed of pedestrians moving in various conditions.

Key Words

Pedestrians, speed of movement, accelerations, decelerations.