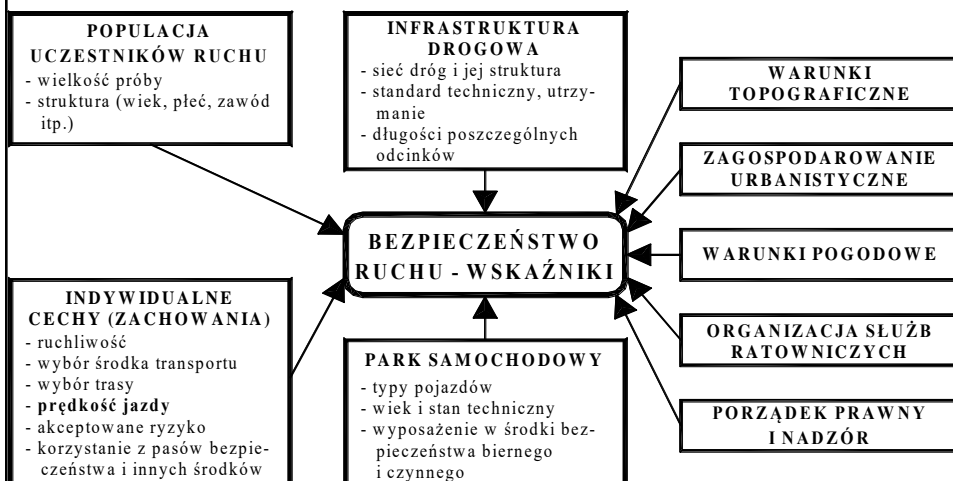


# Wpływ elementów infrastruktury drogowej na BRD

Mariusz Kieć

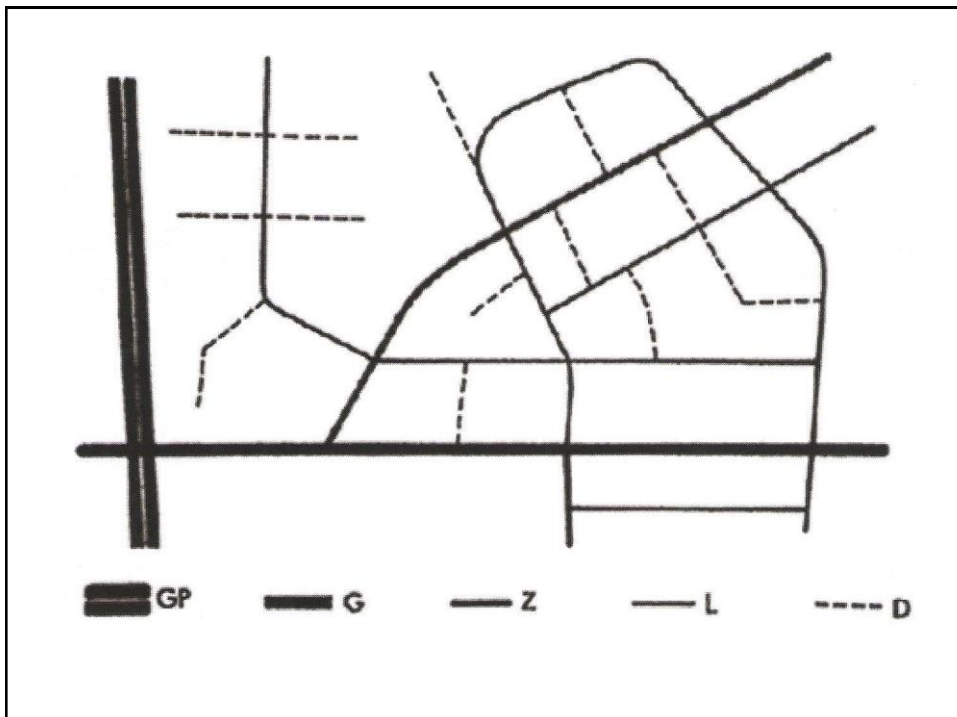
Studia Poddyplomowe Inżynierii Ruchu Drogowego  
2019/2020

## Kompleks czynników wpływających na brd



## Wpływ niektórych czynników na brd

- ♦ Wpływ prędkości
- ♦ Wpływ natężenia ruchu i struktury rodzajowej
- ♦ Wpływ niektórych czynników drogowych
  - Ukształtowanie sieci drogowej i jej otoczenia
  - Ukształtowanie trasy i niwelety, koordynacja, warunki widoczności,
  - przekrój poprzeczny
  - Skrzyżowania i węzły, dobór, spełnienie kryteriów brd
  - Stan nawierzchni
  - Jaskość oświetlenia
  - Organizacja ruchu i jej środki



## Hierarchiczna sieć drogowa umożliwia:

- eliminację nakładania się na tej samej drodze szybkiego ruchu samochodowego relacji międzyregionalnych lub międzynarodowych z lokalnym ruchem o mieszanej strukturze pojazdów, a nawet ruchem pieszym,
- eliminowanie z wnętrza obszarów zabudowanych, a zwłaszcza z przejść przez miejscowości ruchu tranzytowego,
- pełną lub częściową kontrolę dostępności (drogi ekspresowe, główne ruchu przyspieszonego i główne) do dróg pełniących podstawowe role w strukturze miejskich i zamiejskich sieci drogowych,
- wprowadzenie jednorodności warunków drogowo-ruchowych dla dróg pełniących funkcje ruchowe.

Tabl. 2.1. Kontrola dostępności do dróg publicznych

Klasa drogi		Usytuowa nie drogi	Dostępność do drogi		
Nazwa	symbol		Skrzyżowania lub węzły z drogami klasy:	Odstępy między skrzyżowaniami lub węzłami	Obsługa bezpośredniego otoczenia
Autostrada	A	Poza lub na terenie zabudowy	G i drogami wyższych klas	$\geq 15$ km, a w granicach lub sąsiedztwie miasta $\geq 5$ km, ( $\geq 3$ km)	Nie obsługuje bezpośredniego otoczenia: - zatrzymanie i postój są dopuszczalne na wydzielonych parkingach - zjazdy do nieruchomości nie są dopuszczalne.
Ekspresowa	S	Poza terenem zabudowy Na terenie zabudowy	G (Z) i drogami wyższych klas	$\geq 5$ km ( $\geq 3$ km) $\geq 3$ km ( $\geq 1,5$ km)	
Główna ruchu przyspieszo- nego	GP	Poza terenem zabudowy Na terenie zabudowy	Z (L) i drogami wyższych klas	$\geq 2$ km ( $\geq 1$ km) $\geq 1$ km ( $\geq 0,6$ km)	Ograniczona obsługa bezpośredniego otoczenia: - postój pojazdów w zatokach lub na pasach postojowych oddzielonych od jezdni pasem manewrowym, - zjazdy do nieruchomości dopuszczalne wyjątkowo.

Klasa drogi		Usytuowa nie drogi	Dostępność do drogi		
Nazwa	symbol		Skrzyżowania lub węzły z drogami klasy:	Odstępy między skrzyżowaniami lub węzłami	Obsługa bezpośredniego otoczenia
Główna	G	Poza terenem zabudowy	L (D) i drogami wyższych klas	$\geq 0,8$ km ( $\geq 0,6$ km)	Ograniczona obsługa bezpośredniego otoczenia: - postój pojazdów w zatokach lub na pasach postojowych, - ograniczona liczba zjazdów do nieruchomości
		Na terenie zabudowy		$\geq 0,5$ km ( $\geq 0,4$ km)	
Zbiorcza	Z	Poza terenem zabudowy	z wszystkich klasami dróg z wyłączeniem dróg klasy A	$\geq 0,5$ km ( $\geq 0,25$ km)	Częściowo ograniczona obsługa bezpśredniego otoczenia: - postój pojazdów w zatokach lub na pasach postojowych, - požądane ograniczenie zjazdów do nieruchomości.
		Na terenie zabudowy		$\geq 0,3$ km ( $\geq 0,150$ km)	
Lokalna	L	Poza terenem zabudowy Na terenie zabudowy	z wszystkich klasami dróg z wyłączeniem dróg klasy A, S i (GP)	nie określa się	Obsługa bezpośredniego otoczenia nie powinna być ograniczana, jeżeli będą spełnione przepisy o ruchu drogowym.
Dojazdowa	D	Poza terenem zabudowy Na terenie zabudowy	z wszystkich klasami dróg z wyłączeniem dróg klasy A, S i (GP)	nie określa się	

(...) – rozwiązanie wyjątkowo dopuszczalne



## Wpływ infrastruktury na wypadki

- ♦ wg kwalifikacji zdarzeń drogowych w Polsce:
  - środowiskowe za 2-3%,
  - pojazd 2%
  - pozostałe – człowiek
- ♦ wg kwalifikacji zdarzeń drogowych w USA i UK:
  - środowiskowe za 28-34%,
  - pojazd 8-12%
  - pozostałe – człowiek

## Problemy polskiej infrastruktury drogowej

- Duże zagrożenie bezpieczeństwa ruchu mimo istotnej poprawy w ostatnich latach
- Błędy rozwiązań technicznych powodujące zagrożenia brd
- Niewystarczająca hierarchizacja sieci dróg i ulic, wielofunkcyjność dużej części podstawowej sieci dróg i ulic
- Nadmierna obudowa dróg tranzytowych (konflikty funkcji)
- Brak spójnej sieci dróg szybkiego ruchu, występowanie tzw. „wąskich gardeł”
- Niezadowalający stan techniczny dróg

## Wymagania dla bezpiecznej infrastruktury

- Charakterystyka drogi odpowiadająca jej funkcjom
- Kształtowanie drogi zapewniające poruszanie się z prędkością odpowiadającą funkcji drogi
- Zapewniona widoczność na zatrzymanie (łuki pionowe i poziome)
- Zapewnienie jednorodności projektowej drogi

Tabl. 2. Kryteria jednorodności projektowej dróg

Ocena jednorodności	Warunek I	Warunek II
	$\Delta v =  v_{85} - v_p $	$\Delta v =  v_{85i} - v_{85i+1} $
Dobra	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$	$\Delta v \leq 10 \text{ km/h}$
Przeciętna	$10 < \Delta v \leq 20 \text{ km/h}$	$10 < \Delta v \leq 20 \text{ km/h}$
Zła	$\Delta v > 20 \text{ km/h}$	$\Delta v > 20 \text{ km/h}$

## Wymagania dla bezpiecznej infrastruktury

- Podkreślanie zmian charakterystyki drogi (odcinki przejściowe, zmiany parametrów geometrycznych, skrzyżowania)
- Zapewnienie należytego odwodnienia
- Koordynacja trasy i niwelety
- Segregacja ruchu (ruchu, użytkowników)
- Zapewnienie warunków widoczności na skrzyżowaniach, węzłach przejściach dla pieszych,
- Podkreślenie przebiegu drogi poprzez jej otoczenie
- Projektowanie dróg wybaczących, usuwanie lub zabezpieczenie przeszkód bocznych

### Wymagania brd w projektowaniu:

- ♦ spełnienie warunków dynamiki ruchu pojazdów opisywane przez modele (*równowagi sił działających na pojazdy, wyprzedzanie na odcinku drogi, zmiany pasów ruchu, droga hamowania*)
- ♦ zapewnienie widoczności w różnych sytuacjach na drodze
- ♦ dostosowanie technicznych rozwiązań elementów dróg, skrzyżowań i węzłów do psychologicznych oraz psychofizycznych uwarunkowań użytkowników dróg, a w szczególności uwzględnienia zdolności percepcji, przetwarzania informacji i podejmowania decyzji adekwatnych do zmieniających się sytuacji na drodze

### Wymagania brd w projektowaniu - cd:

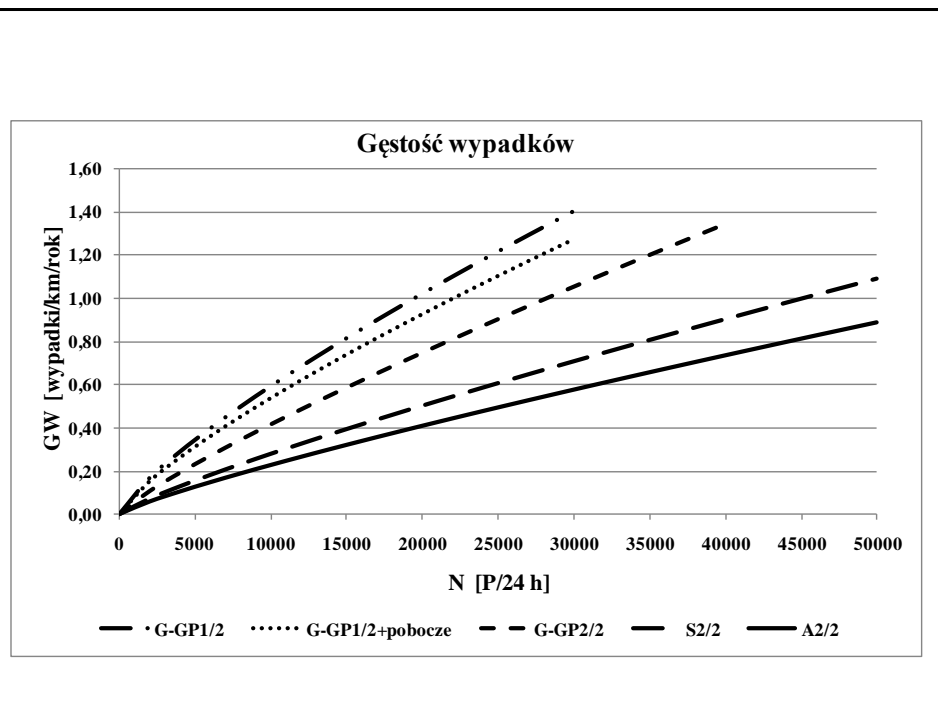
- ♦ dobre optyczne prowadzenie kierującego pojazdem i dostatecznie wczesne dostrzeganie miejsc rozdziału kierunków jazdy
- ♦ zrozumiałość funkcjonowania skrzyżowań i węzłów
- ♦ prawidłowe odwodnienie zapewniające m.in. dobrą przyczepność kół pojazdów do nawierzchni, eliminacja zjawiska powstawania mgły wodnej
- ♦ czytelne, jednoznaczne w odbiorze oraz widoczne oznakowanie pionowe i poziome
- ♦ eliminacja z otoczenia drogi przeszkód lub ich zabezpieczenie minimalizujące skutki ewentualnych zderzeń z pojazdami



## Przykłady ocen wpływu typu przekroju na brd

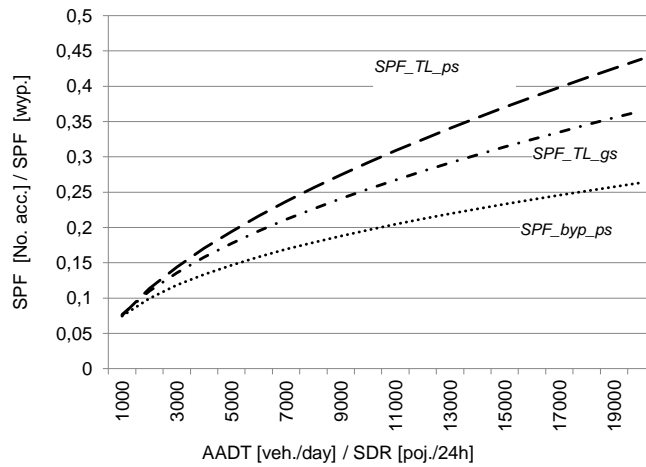
$$GX_k = \beta_{1k} * (N * 10^{-4})^{\beta_{2k}} * \exp\{\beta_{3k} * PZ + \beta_{4k} * T_k + \beta_{5k} * UC_k\}$$

- $GW_k$  – Gęstość wypadków,
- $GR_k$  – Gęstość rannych,
- $GZ_k$  – Gęstość ofiar śmiertelnych,
- $N$  – Średnioroczne dobowe natężenie ruchu,
- $PZ$  – Procent długości terenu zabudowanego [%],
- $T$  – Typ drogi, (dla poszczególnych typów przypisano wartości liczbowe 1 – G/GP bez pobocza)
- $UC$  – Udział pojazdów ciężarowych [%].





## Wpływ obwodnic na brd



$$SPF_{TL\_ps} = SDR^{0.587} \times L^{0.849} \times e^{-6.638} \quad [l. \text{ wyp.}]$$

$$SPF_{TL\_gs} = SDR^{0.521} \times L^{0.914} \times e^{-6.168+0.12 \times DD} \quad [l. \text{ wyp.}]$$

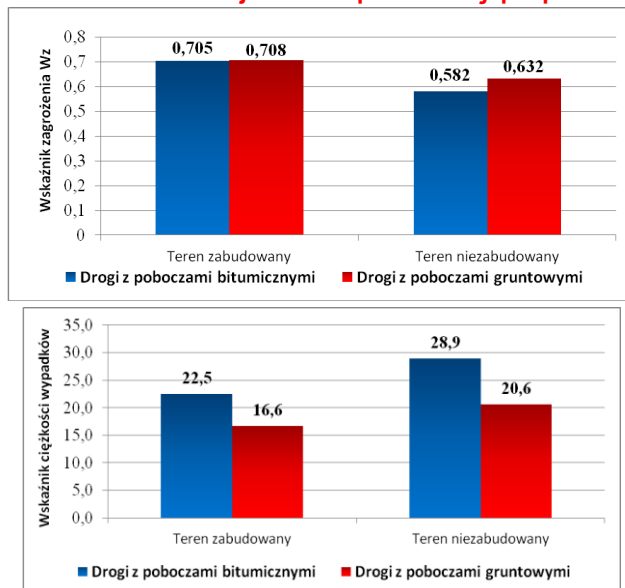
$$SPF_{byp\_ps} = SDR^{0.422} \times L^{0.95} \times e^{-5.514+0.099 \times DD} \quad [l. \text{ wyp.}]$$

## Odcinki zamiejskie

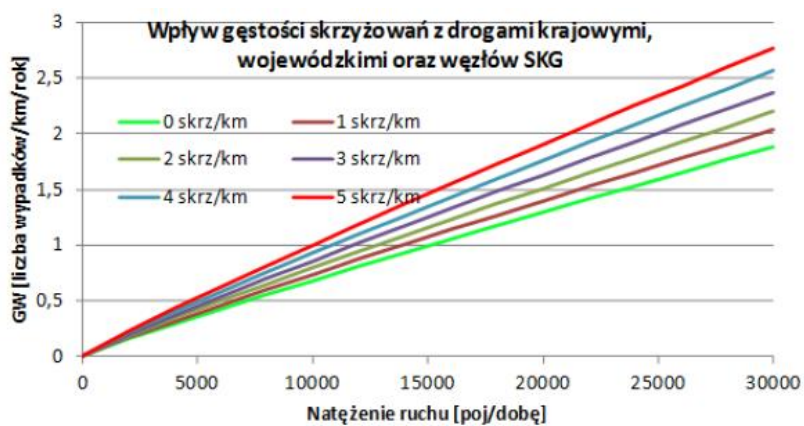
Wpływy:

- Przekroju
- Dostępności
- Gęstości skrzyżowań
- Przeszkód bocznych
- Geometrii drogi
- Elementów zarządzania prędkością

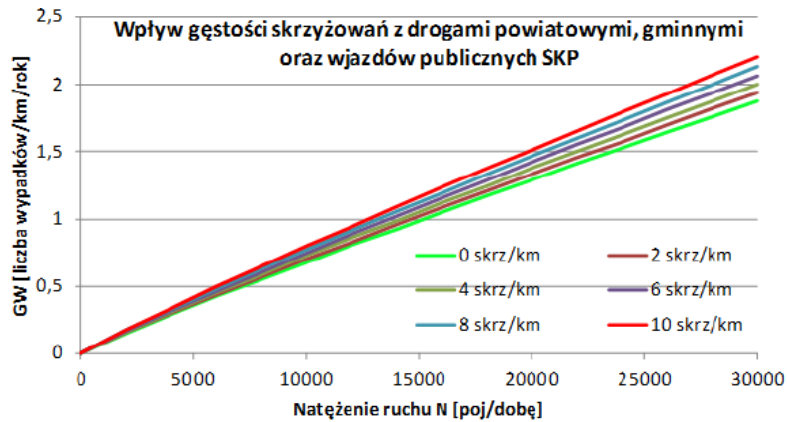
## Odcinki zamiejskie – przekrój poprzeczny



## Przykłady modeli dla dróg zamiejskich (Politechnika Gdańska)



## Przykłady modeli dla dróg zamiejskich (Politechnika Gdańska)



## Przykładowe czynniki infrastrukturalne uwzględniane w USA (HSM2010) *zamiejskie drogi dwupasowe*

### Odcinki międzywęzłowe

- otoczenie drogi (zamiejskie/podmiejskie/miejskie), SDR, długość odcinka drogi, liczba pasów, szerokość pasa ruchu, szerokość pobocza, typ pobocza, obecność pasa do wyprzedzania, obecność krótkiego odcinka cztero-pasowego, obecność lewoskrętów, gęstość zjazdów, długość łuku poziomego, promień łuku poziomego, przechyłka na łuku poziomym, obecność krzywej przejściowej, spadki podłużne, wolna przestrzeń od krawędzi drogi

## Przykładowe czynniki uwzględniane w ramach metody HSM2010 *zamiejskie drogi dwupasowe*

### Skrzyżowania

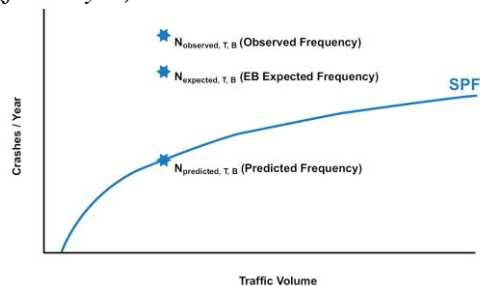
- otoczenie drogi (zamiejskie/podmiejskie/miejskie), SDR dla kierunków nadrzędnego i podporządkowanego, liczba wlotów skrzyżowania, typ sterownia ruchem na skrzyżowaniu, obecność lewoskrętów na kierunku nadrzędnym, obecność prawo skrętów na kierunku nadrzędnym, kąt wjazdu na skrzyżowanie z kierunku podporządkowanego, widoczność na skrzyżowaniu

## Metody oceny wpływu

- ♦ Metody wskaźnikowe (statystyki opisowe)
- ♦ Metody regresyjne

### Porównanie „przed i po” (*before after*)

- proste porównanie (*naïve*),
- proste porównanie z grupą kontrolną (*control group*)
- proste porównanie skorygowane (*Naïve Adjustment Method*)
- z empirycznym podejściem Bayesa (*empirical Bayes*)
- z pełnym podejściem Bayesa (*full Bayes*)
- iloraz szans (*odds ratio*)
- meta-analiza
- metoda ekspercka
- miary pośrednie



## Miary poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego

- ♦ CMF – Crash Modification Factor – wskazuje na zmianę w udziale spodziewanych wypadków (zdarzeń drogowych) po zastosowaniu danego środka poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego. Pozwala na oszacowanie spodziewanej liczby: np. CMF=0,7
- ♦ CRF – Crash Reduction Factor – wskazuje na procentową zmianę liczby wypadków (najczęściej redukcję) po zastosowaniu danego środka poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, np CRF=30%

$$CMF=1-(CRF/100)$$

- ♦ Miary jakościowe (niska, średnia, wysoka)

## Przykład predykcji liczby wypadków na odcinku drogi dwupasowej dwukierunkowej wg metody HSM 2010 zamiejskie drogi dwupasowe

- ♦ Predykowana liczba wypadków

$$N_{pred}=N_{SPFodc}*(CMF_{1odc}*CMF_{2odc}*...*CMF_{yodc})*C_{odc}$$

- ♦ Bazowa funkcja bezpieczeństwa dla dwupasowej drogi zamiejskiej:

$$N_{SPFodc}=SDR*L*365*10^{-6}*e^{-0,312}$$

$$N_{SPFodc} = 10,000 * 1,5 * 365 * 10^{-6} * e^{-0,312} = 4,008 \text{ wypadków/rok}$$

## Wpływ czynników geometrycznych

### 1. Szerokość pasa ruchu

$$CMF_{1odc} = (CMF_{rw} - 1.0) * p_{rw} + 1.0$$

Tabela do wyznaczenia współczynnika modyfikującego dla danego typu wypadków w zależności od szerokości pasa ruchu  $CMF_{rw}$  (wypadnięcia z drogi, zderzenia boczne, zderzenia czołowe):

szerokość pasa ruchu	SDR pojazdów/dzień		
	<400	400 - 2000	>2000
9 ft lub mniej	1.05	$1.05 + 2.81 * 10^{-4} (SDR - 400)$	1.50
10 ft	1.02	$1.02 + 1.75 * 10^{-4} (SDR - 400)$	1.30
11 ft	1.01	$1.01 + 2.5 * 10^{-5} (SDR - 400)$	1.05
12 ft i więcej	1.00	1.00	1.00

$p_{rw}$  – udział wypadków danego typu w sumie wszystkich wypadków

$$p_{rw} = 0.574$$

$$CMF_{1odc} = (1.3 - 1.0) * 0.574 + 1.0 = 1.17$$

## Wpływ czynników geometrycznych

### 2. Szerokość i typ pobocza

$$CMF_{2odc} = (CMF_{wrrw} * CMF_{trw} - 1.0) * p_{rw} + 1.0$$

Tabela do wyznaczenia współczynnika modyfikującego dla danego typu wypadków w zależności od szerokości pobocza  $CMF_{wrrw}$  (wypadnięcia z drogi, zderzenia boczne, zderzenia czołowe):

szerokość pobocza	SDR pojazdów/dzień		
	<400	400 - 2000	>2000
0 ft	1.10	$1.10 + 2.50 * 10^{-4} (SDR - 400)$	1.50
2 ft	1.07	$1.07 + 1.43 * 10^{-4} (SDR - 400)$	1.30
4 ft	1.02	$1.02 + 8.125 * 10^{-5} (SDR - 400)$	1.15
6 ft	1.00	1.00	1.00
8 ft lub więcej	0.98	$0.98 + 6.875 * 10^{-5} (SDR - 400)$	0.87

## Wpływ czynników geometrycznych

### 3. Szerokość i typ pobocza

$$CMF_{2odc} = (CMF_{wrw} * CMF_{trw} - 1.0) * p_{rw} + 1.0$$

Tabela do wyznaczenia współczynnika modyfikującego dla danego typu wypadków w zależności od rodzaju pobocza  $CMF_{trw}$  (wypadnięcia z drogi, zderzenia boczne, zderzenia czołowe):

rodzaj pobocza	szerokość pobocza (ft)						
	0	1	2	3	4	6	8
utwardzone	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
żwirowe	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
Częściowo umocnione bitumicznie	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06
trawiaste	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.08	1.11

$$CMF_{2odc} = (1.15 * 1.01 - 1.0) * 0.574 + 1.0 = 1.09$$

## Wpływ czynników geometrycznych

### 4. Łuki poziome nie występują na analizowanym odcinku

$$CMF_{3odc} = 1.00$$

### 5. Przechyłka - łuki poziome nie występują na analizowanym odcinku

$$CMF_{4odc} = 1.00$$

### 6. Spadek podłużny

Tabela do wyznaczenia współczynnika modyfikującego dla w zależności od spadku podłużnego  $CMF_{5odc}$ :

Spadek	≤3%	3% - 6%	>6%
CMF	1.00	1.10	1.16

$$CMF_{5odc} = 1.00$$



## Wpływ czynników organizacji ruchu

7. Pasy do wyprzedzania, nie występują na badanym odcinku

$$CMF_{7odc} = 1.00$$

8. Oznakowanie wibracyjno-akustyczne w osi drogi, nie występuje na analizowanym odcinku

$$CMF_{8odc} = 1.00$$

9. Lewoskręty na obu kierunkach, nie występują na badanym odcinku

$$CMF_{9odc} = 1.00$$

## Wpływ czynników przekroju poprzecznego

10. Poziom zagrożenia strefy wolnej od przeszkód

$$CMF_{10odc} = \frac{e^{(-0.6869+0.0668 \cdot RHR)}}{e^{-0.4865}}$$

RHR – poziom zagrożenia strefy wolnej od przeszkód, przyjmuje wartość od 1 do 7

$$CMF_{10odc} = \frac{e^{(-0.6869+0.0668 \cdot 4)}}{e^{-0.4865}} = 1.07$$

11. Oświetlenie, nie występuje na badanym odcinku drogi

$$CMF_{11odc} = 1.00$$

11. Automatyczny nadzór prędkości, nie występuje na badanym odcinku drogi

$$CMF_{12odc} = 1.00$$


## Przewidywana liczba wypadków

Łączna wartość współczynnika modyfikującego dla analizowanego odcinka drogi  $CMF_{odc}$ :

$$CMF_{odc} = CMF_{1odc} * CMF_{2odc} * ... * CMF_{12odc} = 1.17 * 1.09 * 1.01 * 1.07 = 1.38$$

Przewidywana liczba wypadków na analizowanym odcinku drogi:

$$N_{pred} = N_{SPFodc} * (CMF_{1odc} * CMF_{2odc} * ... * CMF_{12odc}) * C_{odc} = 4.008 * 1.38 * 1.1 = 6.084 \text{ wyp/1rok}$$

**CMF**  
CRASH MODIFICATION FACTORS CLEARINGHOUSE

Skip to main content | Notice | Sign Up for our e-Newsletter | Home

About the CMF Clearinghouse | Using CMFs | Developing CMFs | Additional Resources

Home » Search Results

### Search Results - New

There were 118 CMFs returned for your search on "slope". [\[modify your search\]](#).

Having trouble deciding between similar CMFs? Use our [comparison tool](#) or [Check out our FAQs](#).

Overwhelmed by too many results? See our [Search Tips](#).

▶ Star Quality Rating

☐ 1 (0)  
☐ 2 (27)  
☐ 3 (39)  
☐ 4 (16)  
☐ 5 (4)

▶ Country

☐ U.S. & Canada (118)  
☐ International (0)

▶ Crash Type

▶ Crash Severity

▶ Roadway Type

▶ Area Type

▶ Intersection Type

▶ Intersection Geometry

▶ Traffic Control

Results Control: [Collapse All](#) | [Expand All](#)

Click on the links below to expand individual categories.

▼ Category: Alignment (1)

▼ Subcategory: None (1)

▼ Countermeasure: Increase vertical grade by 1%

<a href="#">Compare</a>	CMF	CRF (%)	Quality	Crash Type	Crash Severity	Area Type	Reference	Comments
<input type="checkbox"/>	1.04 [8~]	-4	★★★★☆	Run off road, Single vehicle	All	Rural	Miaou, S. P., 1995	

[Compare](#) [Reset Compare](#)

\*NOTE: You can compare CMFs across countermeasures, subcategories, and categories.

▶ Category: Roadside (117)

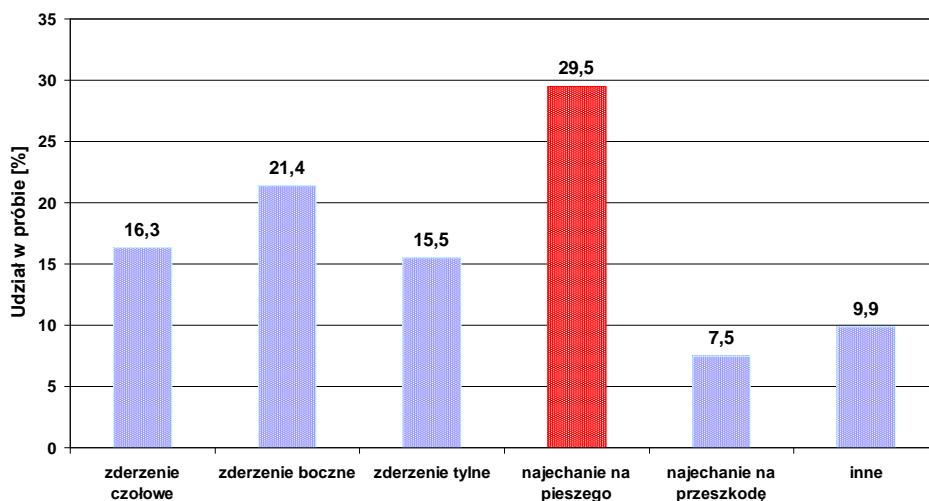
## Przejścia drogowe przez miejscowości

- ◆ gęstość i rodzaj punktów dostępności,
- ◆ wskaźnik gęstości zabudowy,
- ◆ wskaźnik charakteru zabudowy,
- ◆ odległość zabudowy od jezdni,
- ◆ gęstość przystanków autobusowych i przejść dla pieszych,
- ◆ typ przekroju poprzecznego,
- ◆ charakterystyki natężenia ruchu pojazdów i pieszych,
  - długość odcinka jednorodnego,
  - elementy uspokojenia ruchu.

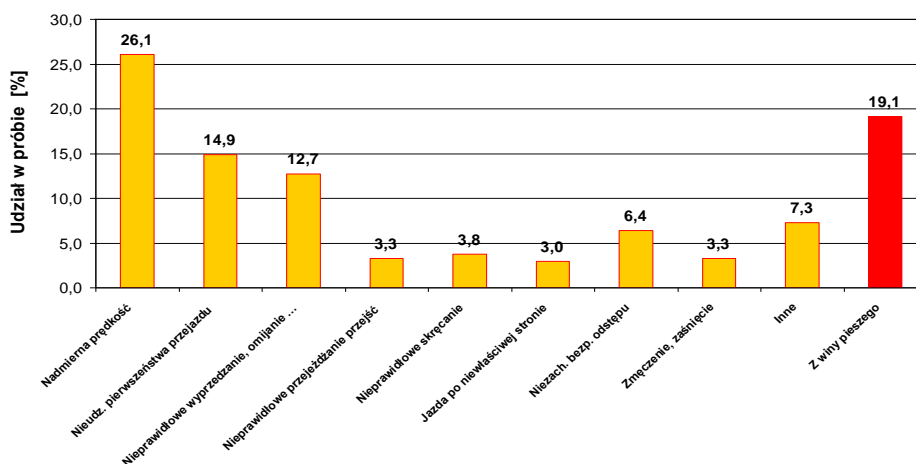
**Przykłady odcinków  
przejść drogowych  
przez miejscowości**



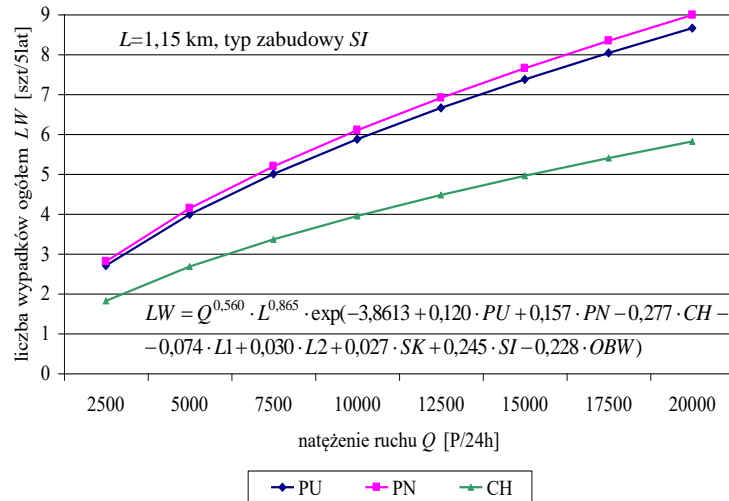
## Struktura wypadków na odcinkach przejść drogowych przez miejscowości (losowa próba ze 167 miejscowości)



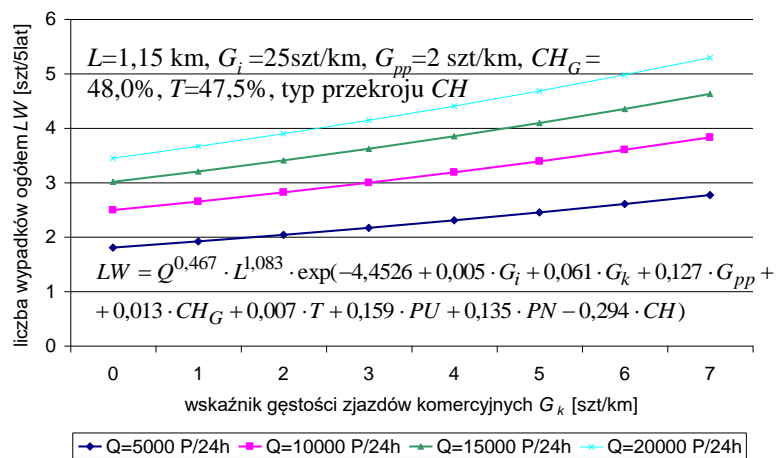
## Okoliczności wypadków (losowa próba ze 167 miejscowości)



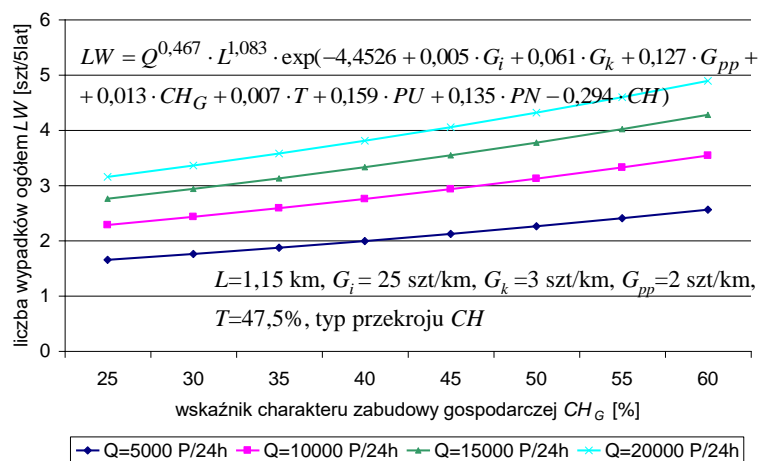
## Wpływ typu przekroju poprzecznego na estymowaną liczbę wypadków



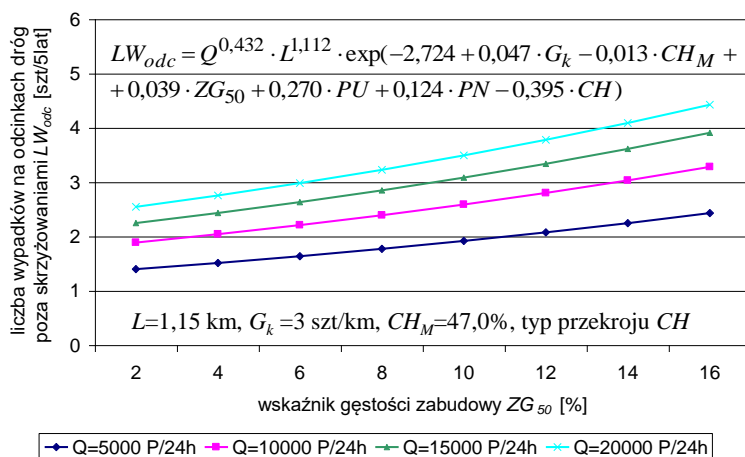
## Wpływ gęstości zjazdów komercyjnych na estymowaną liczbę wypadków



## Wpływ wskaźnika charakteru zabudowy gospodarczej na estymowaną liczbę wypadków



## Wpływ gęstości zabudowy w pasie 50m na estymowaną liczbę wypadków na odcinkach pomiędzy skrzyżowaniami



## Wpływ dostępności do dróg i ich otoczenia na brd

- ♦ wzrost gęstości skrzyżowań o 1/km powoduje zwiększenie szacowanej liczby wypadków o 6,8%. Każdy dodatkowy, komercyjny punkt dostępności na długości jednego kilometra drogi powoduje wzrost szacowanej liczby wypadków o 6,3%. Na każde 10 dodatkowych zjazdów indywidualnych na 1 km drogi przypada wzrost szacowanej liczby wypadków o 4,7%.
- ♦ Wzrost wskaźnika gęstości zabudowy  $ZG_{50}$  o 5%, powoduje wzrost szacowanej w modelach regresyjnych liczby wypadków o 20,5% na odcinkach poza skrzyżowaniami.
- ♦ Wraz ze wzrostem udziału zabudowy mieszkaniowej o 5% następuje redukcja liczby wypadków na odcinkach drogi poza skrzyżowaniami o 6,2%.
- ♦ Zastosowanie przekroju z chodnikami redukuje liczbę wypadków o ok. 50% w zależności od typu zmienianego przekroju. Dla przekrojów *PU* i *PN* uzyskano zbliżone wyniki.

## Główne błędy planistyczne i projektowe odcinków przejść drogowych przez miejscowości

- ♦ Prowadzenie dróg tranzytowych klasy G i wyższych przez miejscowości bez kontroli dostępności do tych dróg, brak dróg serwisowych do obsługi ruchu lokalnego, postępująca zabudowa wzdłuż dróg klasy GP (G)
- ♦ Przekrój poprzeczny drogi preferujący ruch tranzytowy – szerokie przekroje - duże prędkości przy równoczesnym braku skutecznej segregacji ruchu pieszego i rowerowego w przekroju
- ♦ Długie odcinki przejść drogowych o dominującej liniowej zabudowie i rozproszonych źródłach oraz celach ruchu pieszego (*ograniczona skuteczność ograniczeń prędkości, mała skuteczność wyznaczanych przejść dla pieszych*)
- ♦ Brak wyraźnego podkreślania zmiany charakteru drogi przy wjeździe do miejscowości
- ♦ Częsty brak spójności ciągów pieszych i rowerowych, brak ich powiązania z przystankami komunikacji zbiorowej
- ♦ Liczne obiekty komercyjne z bezpośrednią dostępnością do drogi, parkowanie przy drodze



## Grupy środków poprawy bezpieczeństwa ruchu

- ◆ Eliminacja ruchu tranzytowego przez przekształcenia sieci dróg – rozbudowa sieci, obwodnice miejscowości
- ◆ Przebudowa zorientowana na uzyskanie zgodności pomiędzy wielofunkcyjnością drogi i jej rozwiązaniami geometrycznymi oraz organizacją ruchu
  - a) przekształcenia przekroju drogi oraz skrzyżowań zapewniające sprawność ruchu i poprawę jego bezpieczeństwa
  - b) segregacja ruchu tranzytowego i lokalnego (drogi serwisowe), segregacja ruchu pieszego i rowerowego
  - c) rozwiązania stosowane lokalnie w miejscach koncentracji wypadków (dostosowane do typu i okoliczności wypadków)
- ◆ Kompleksowe uspokojenie ruchu o intensywności zależnej od dominującej funkcji drogi
- ◆ Kontrola zagospodarowania w otoczeniu dróg



## Wpływ dróg 2+1 na bezpieczeństwo



## Wpływ dróg 2+1 na bezpieczeństwo

Kraj	bariery	redukcja [%]		
		ranni	ofiary śmiertelne	wypadki
Niemcy	NIE	-	36	28
Szwecja	TAK	45-55	-	30-50
	NIE	-	-	5-10
Finlandia	TAK	46	22	25
	NIE	0	13	11
USA	NIE	-	-	35-42
Polska		61	25	48

Wypadki w Polsce:

dla odcinków przebudowanych 2+1 CMF=0,53 (CRF=0,47)

wraz z dojazdami do odcinków 2+1 CMF=0,96 (CRF=0,04)

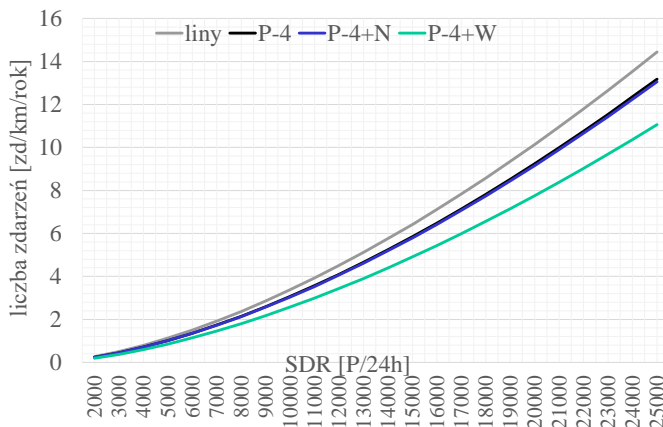
## Przekroje 2+1 stosowane w Polsce



### Predykowana liczba zdarzeń droga 2+1

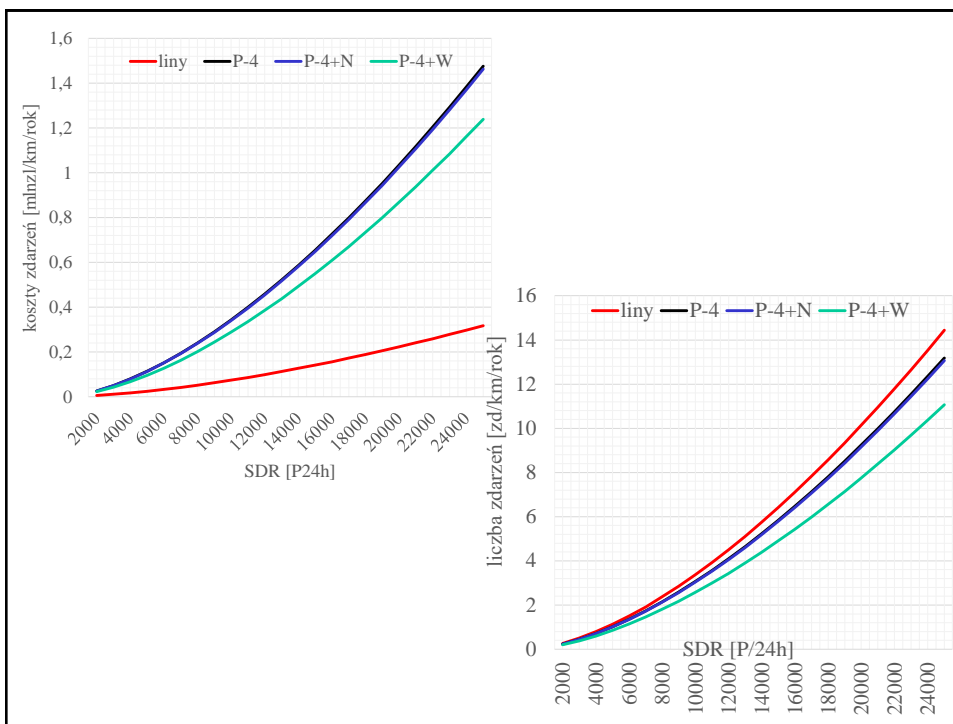
$$LZ = \exp(-13,718) \times L^{0,714} \times AADT^{1,592} \times \exp(\delta_i)$$

$\delta_i$  – zmienna sposobu separacji kierunków ruchu: b. linowa (0,28), P-4 (0,175), oznakowanie P-4+N (0,166).

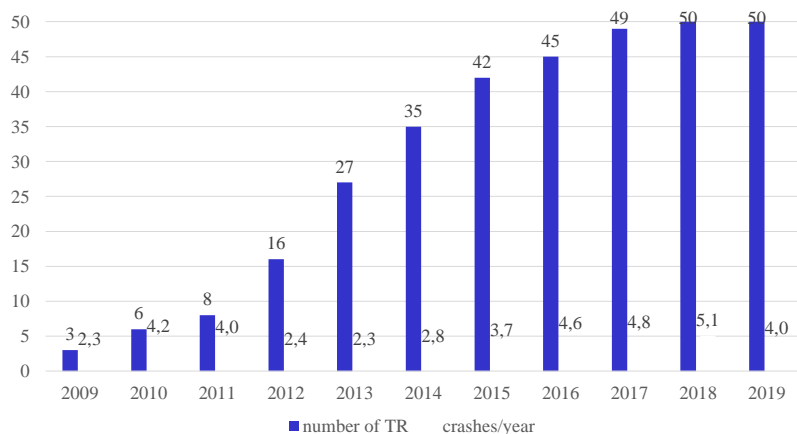


$$CMF = \exp(\delta_i)$$

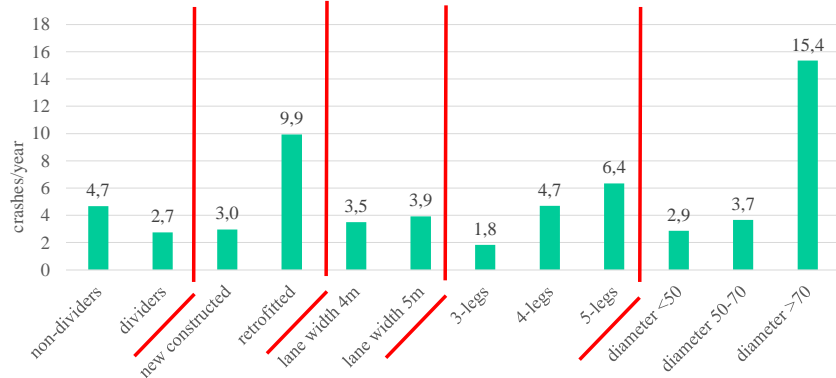
	CMF [-] (LZ)
b. linowa	1,32
P-4	1,19
P-4+N	1,18
P-4+W	1,0



## Bezpieczeństwo ruchu na rondach turbinowych



## Bezpieczeństwo ruchu na rondach turbinowych



## Oszacowanie wpływu braku separatorów na rondach turbinowych na brd



CMF=1.59 wypadki+kolizje

CMF=1.64 kolizje

## Safety Performance Function

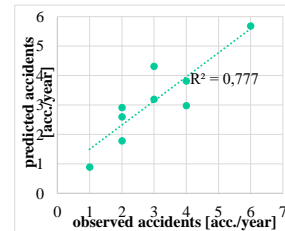
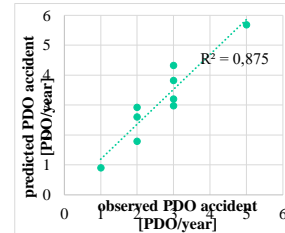
$$Acc = \exp(\alpha) \cdot AADT^{\beta} \cdot \exp(\gamma \cdot Div)$$

accidents				
Parameter	Estimate	Std. Error		Significance
Intercept	-7.707	3.342		0.021
ln AADT	0.884	0.347		0.011
Div	0.461	0.280		0.100
Dispersion	0.223	0.159		
PDO (property damage only) accidents				
Parameter	Estimate	Std. Error		Significance
Intercept	-7.369	3.340		0.027
ln AADT	0.841	0.347		0.015
Div	0.492	0.280		0.079
Dispersion	0.200	0.157		

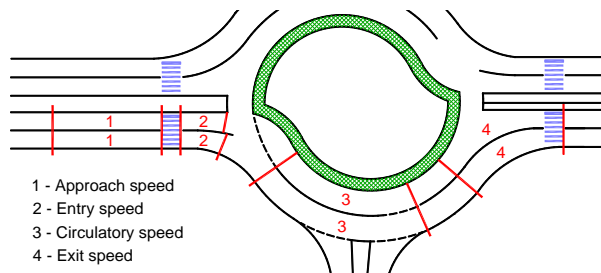
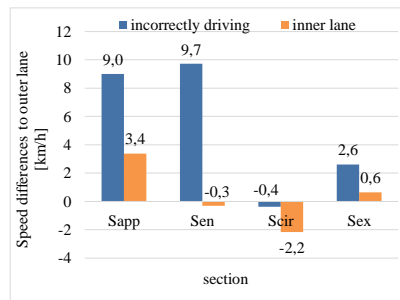
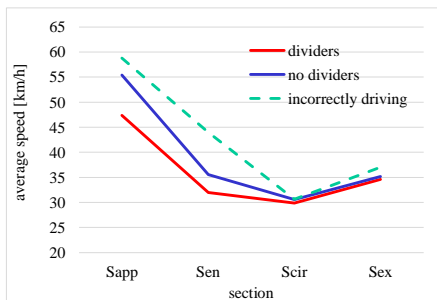
Estimation of the average Accident Rate  $AR_{div} = \exp(\gamma)$

$$AR_{div} = 1.59 (1.64)$$

lack of lane dividers is associated with an increase in the average annually number of accidents (specifically 1.59 for accidents and 1.64 for PDO accidents)



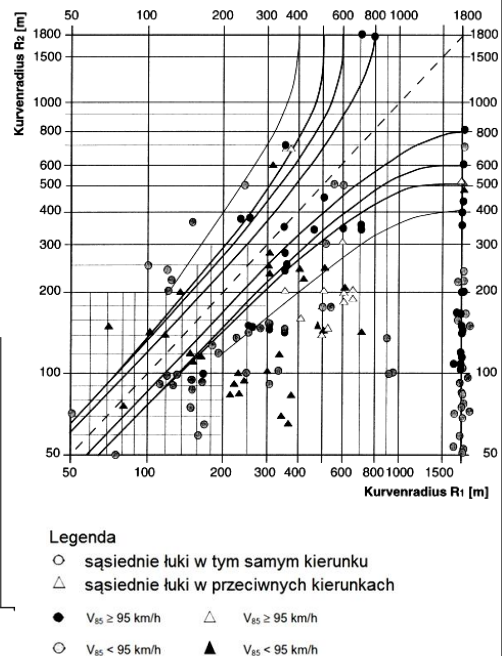
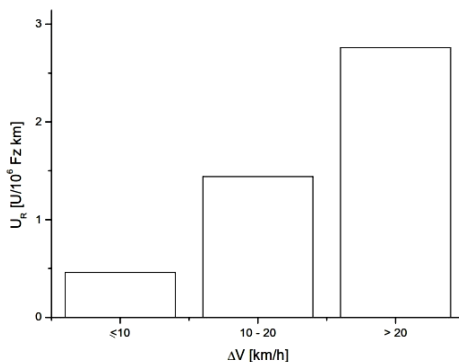
## Prędkość na rondach turbinowych na brd



## PLAN SYTUACYJNY – KRZYWIZNY

1. Zmiany prędkości pomiędzy sąsiadującymi sekcjami dróg (o różnych charakterystykach geometrycznych) nie powinny przekraczać 15 km/h, a zalecany jest, aby różnice te były nie większe niż 10 km/h
2. Należy unikać stosowania promieni łuków mniejszych niż 150 m
3. W przypadku łuków o promieniu mniejszym od 200 m bardzo istotną rolę z uwagi na poprawę bezpieczeństwa ruchu odgrywa ich dodatkowe oznakowanie oraz zabezpieczenie barierami ochronnymi

Wpływ jednorodności geometrycznej na brd  
(dane niemieckie)





## PRZEKRÓJ POPRZECZNY – PASY RUCHU I POBOCZA

1. Korzystny wpływ wzrostu szerokości pasa ruchu do ok. 3,7 m. Powyżej tej szerokości wzrost liczby niebezpiecznych manewrów
2. Zwiększenie szerokości utwardzonej powierzchni (jezdni + pobocze) powoduje z reguły spadek liczby wypadków, ale może się pojawić równocześnie efekt wzrostu kosztów wypadków (większe prędkości)
3. Różne wnioski w zakresie wpływu umocnionego pobocza na brd. Generalnie jednak uważa się, że występowanie umocnionych poboczy ma korzystny wpływ na brd pod warunkiem, że ich szerokość nie przekroczy 1,5 m. Korzystny wpływ na eliminację wybranych typów wypadków (najeżdżania na pieszych i rowerzystów, najeżdżania na tył pojazdów, zderzenia boczne i czołowe po utracie kontroli nad pojazdem)
4. Rekomenduje się stosowanie poboczy utwardzonych w następujących przypadkach:
  - na głównych drogach jednojezdniowych,
  - na zewnętrznych krawędziach łuków o promieniu większym niż 200 m,
  - w obrębie skrzyżowania typu T,
  - w miejscach, gdzie na drodze pojawiają się niechronieni uczestnicy ruchu.

*Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2309, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2012, pp. 21–29.*

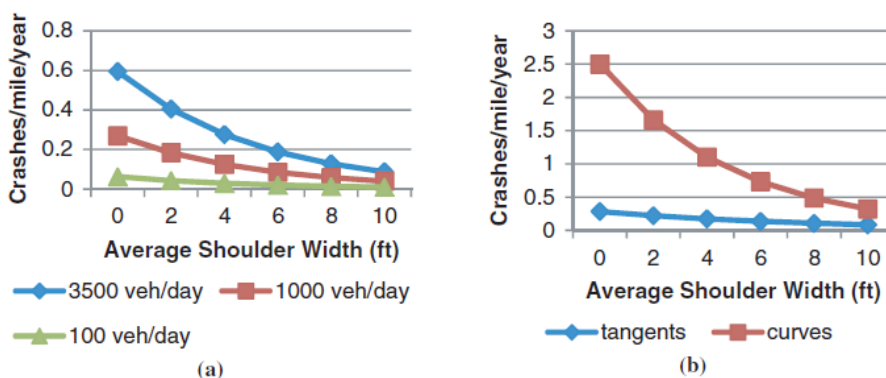


FIGURE 2 Change in SVROR crashes with change in shoulder width (veh = vehicles).

SVROR – wypadki związane ze zjazdem z jezdni pojedynczych pojazdów

## Uwagi dotyczące projektowania przestrzeni w otoczeniu drogi

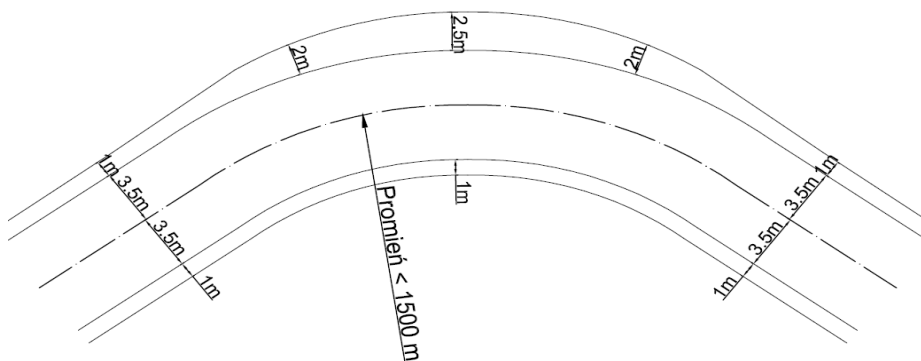
- ◆ Podstawowym założeniem powinno być zapewnienie strefy bezpieczeństwa oraz strefy „powrotu na jezdnię”
- ◆ Strefa „powrotu na jezdnię” powinna być powierzchnią utwardzoną
- ◆ Strefa bezpieczeństwa pełni różne funkcje i nie powinna być traktowana jako „powierzchnia stracona”. Strefa ta służy także ochronie „wrażliwych” obiektów przy drodze
- ◆ W projektowaniu otoczenia drogi należy brać pod uwagę ryzyko zdarzeń drogowych związane bardzo silnie z prędkością i cechami geometrycznymi dróg
- ◆ Urządzenia zabezpieczające „są przeszkodami”

## Przeszkody w otoczeniu drogi – przykłady

- ◆ Niewłaściwie ukształtowane elementy odwodnienia (zbyt blisko jezdni, skarpy o dużych pochyleniach, nefazowane krawędzie)
- ◆ Niewłaściwie ukształtowane bariery ochronne (długość, wysokość, zakończenia, zbyt sztywne, niewłaściwie zakotwione, zbyt sztywne połączenia między elementami, masywne słupki)
- ◆ Niepodatne konstrukcje wsporcze (słupy latarni, maszty, bramownice, słupy teletechniczne, wysokiego napięcia, znaki drogowe, itd.)
- ◆ Nieosłonięte filary i przyczółki obiektów mostowych (zbyt blisko jezdni, niezabezpieczone, o ostrych krawędziach)
- ◆ Elementy kotwione (zbyt wysokie krawężniki, betonowe słupki)
- ◆ Mury oporowe (znajdujące się zbyt blisko jezdni, o znacznej wysokości ponad poziomem jezdni (1.5m – NL), powierzchnia muru nie jest gładka)
- ◆ Nieosłonięte pojedyncze i gęsto rosnące drzewa

**Względny wskaźnik ryzyka przy różnych szerokościach powierzchni utwardzonej 2-pasowych dróg jednojezdniowych (AUSTROADS, 2010)**

Szer.poверхни utwardzonej	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Względny wskaźnik ryzyka	2,70	2,25	1,93	1,65	1,48	1,37	1,27	1,17	1,08	1,00



**Strefa bezpieczeństwa – przykład wymiarowania**

FR	Existing roads		Road Class	New constructions	
	130km/h	10m	Motorways	130km/h	10m
	110km/h	8,5m	Motorways	110km/h	8,5m
	130km/h	10m	Motorways	130km/h	10m
	110km/h	8,5m	Motorways	110km/h	8,5m
	90km/h	7m	Motorways	90km/h	7m
	90km/h	4m	Expressways	90km/h	7m
	110km/h	4m	All purpose roads	110km/h	8,5m
	90km/h	4m	All purpose roads	90km/h	7m

**Zalecane szerokości stref bez przeszkód  
(Road Safety Handbook - USA).**

Przypadki	Przestrzeń wolna od przeszkód		
	100 km/h	80 km/h	60 km/h
Zalecane - typowe	8.00 m	6.00 m	4.50 m
Minimalnie	6.00 m	4.50 m	3.00 m

## Wpływ prędkości na skutki zderzenia pojazdu z różnymi przeszkodami

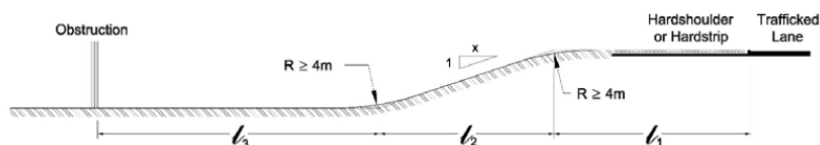
Table 2.4: FSI ratios for common roadside hazards across a range of speed zones

Hazard type	Fatal or serious injury ratio		
	100 and 110 km/h	80 km/h urban	60 km/h urban
Pole (telephone/electricity)	0.55	0.57	0.50
Tree (shrub/scrub)	0.52	0.59	0.47
Fence/wall	0.47	0.45	0.41
Safety barriers	0.44	0.33	0.34
Traffic sign	0.43	0.51	0.51
Embankment	0.41	0.37	0.29

**FSI – iloraz liczby ofiar śmiertelnych i ciężko rannych do liczby osób uczestniczących w wypadkach – wypadki pojedynczych pojazdów zjeżdżających z jezdni**

AUSTROADS Research Report AP=R419-12

	Design Speed (km/h)		
	85	100	120
Horizontal radius (m)	Required Width of Clear Zone (m)		
Inside of bend or Straight	6.5	8.0	10.0
Outside of bend $\geq 1,000\text{m}$	6.5	8.0	10.0
“ 900m	7.1	8.8	12.4
“ 800m	7.7	9.6	14.9
“ 700m	8.3	10.4	17.5
“ 600m	8.8	11.2	20.0
“ 500m	9.4	12.0	
“ 400m	10.0	12.8	
“ 300m	10.6		



Embankment or Falling Terrain	Terrain Class	Clear Zone Width
Slope flatter or equal to 1:5	1	$l_1 + l_2 + l_3$
Slope between 1:5 and 1:3	2	$l_1 + l_3$
Slope steeper than 1:3	3	$l_1$

Irlandia – szerokość strefy wolnej od przeszkód

## Stosowanie łagodnych pochyłości skarp

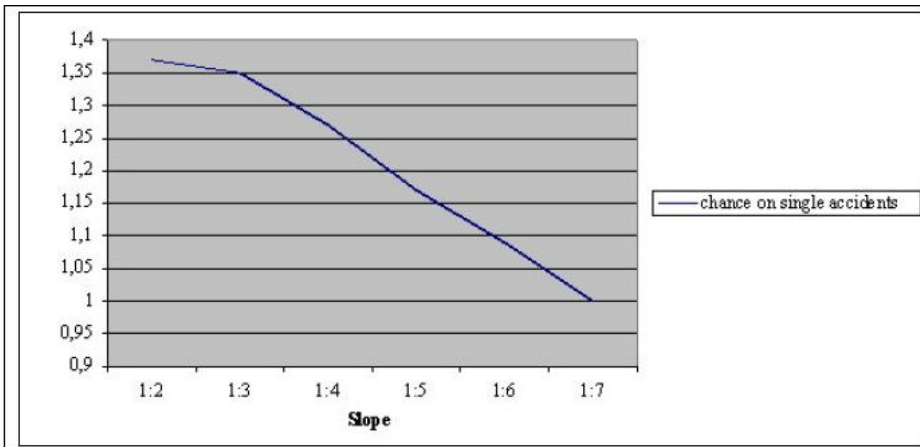





Figure 17: Chance of single vehicle accidents on different slopes compared to a slope 1:7

USA	AMF	Opis	
	0,87	Strefa wolna od przeszkód co najmniej 9m od krawędzi jezdni. Nachylenie skarpy mniejsze niż 1:4. W pełni możliwe "manewry ratunkowe"	
	0,94	Strefa wolna od przeszkód między 6 i 7.5m od krawędzi jezdni. Nachylenie skarpy około 1:4. W pełni możliwe "manewry ratunkowe"	
	1,0	Typowe warunki. Strefa wolna od przeszkód o szerokości około 3m od krawędzi jezdni. Nachylenie skarpy około 1:3 lub 1:4. Małe powodzenie "manewrów ratunkowych"	
	1,22	Strefa wolna od przeszkód o szerokości równej lub mniejszej 1.5m. Nachylenie około 1:2. Brak barier. Sztuczne/twarde, niechronione obiekty w odległości 0-2m od krawędzi jezdni. Nie ma możliwości "manewrów ratunkowych"	