



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



**Projekt: *Kształtowanie infrastruktury drogowej
spełniającej standardy bezpieczeństwa ruchu***

„Kryterium bezpieczeństwa ruchu w projektowaniu dróg”

Stanisław Gaca

Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu – Politechnika Krakowska



„Innowacyjne środki i efektywne metody poprawy bezpieczeństwa i trwałości obiektów budowlanych infrastruktury transportowej w strategii zrównoważonego rozwoju”

„DOTACJE NA INNOWACJE”

„INWESTUJEMY W WASZĄ PRZYSZŁOŚĆ”

ROZWÓJ INFRASTRUKTURY DROGOWEJ SZANSĄ NA POPRAWĘ BEZPIECZEŃSTWA RUCHU

– jak tą szansę wykorzystujemy i co należy zmienić?

„Projekt = przepisy + wiedza + procedury”

- Czy przepisy techniczne w dostatecznym stopniu ujmują formalne kryteria i współczesne doświadczenia z zakresu bezpieczeństwa ruchu?**
- Czy można projektować bardziej bezpieczne rozwiązania i jak można to osiągnąć?**

OGÓLNE KRYTERIA PROJEKTOWANIA INFRASTRUKTURY DROGOWEJ

- *Bezpieczeństwo*
- *Sprawność ruchu*
- *Minimalizacja oddziaływań na środowisko*
- *Spełnianie zakładanych funkcji społeczno-gospodarczych*
- *Koszty - minimalizacja: budowy, eksploatacji, użytkowników, ...*

Ryzyko konkurencyjności i jego skutki, granice kompromisu?

Ramowe 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 dla różnych sytuacji 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 sytuacji na drodze**

Ramowe wymagania brd w projektowaniu - cd:

- **dobrze 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**
- **czytelne, jednoznaczne i widoczne oznakowanie**
- **eliminacja z otoczenia drogi przeszkód lub ich zabezpieczenie minimalizujące skutki ewentualnych zderzeń z pojazdami**

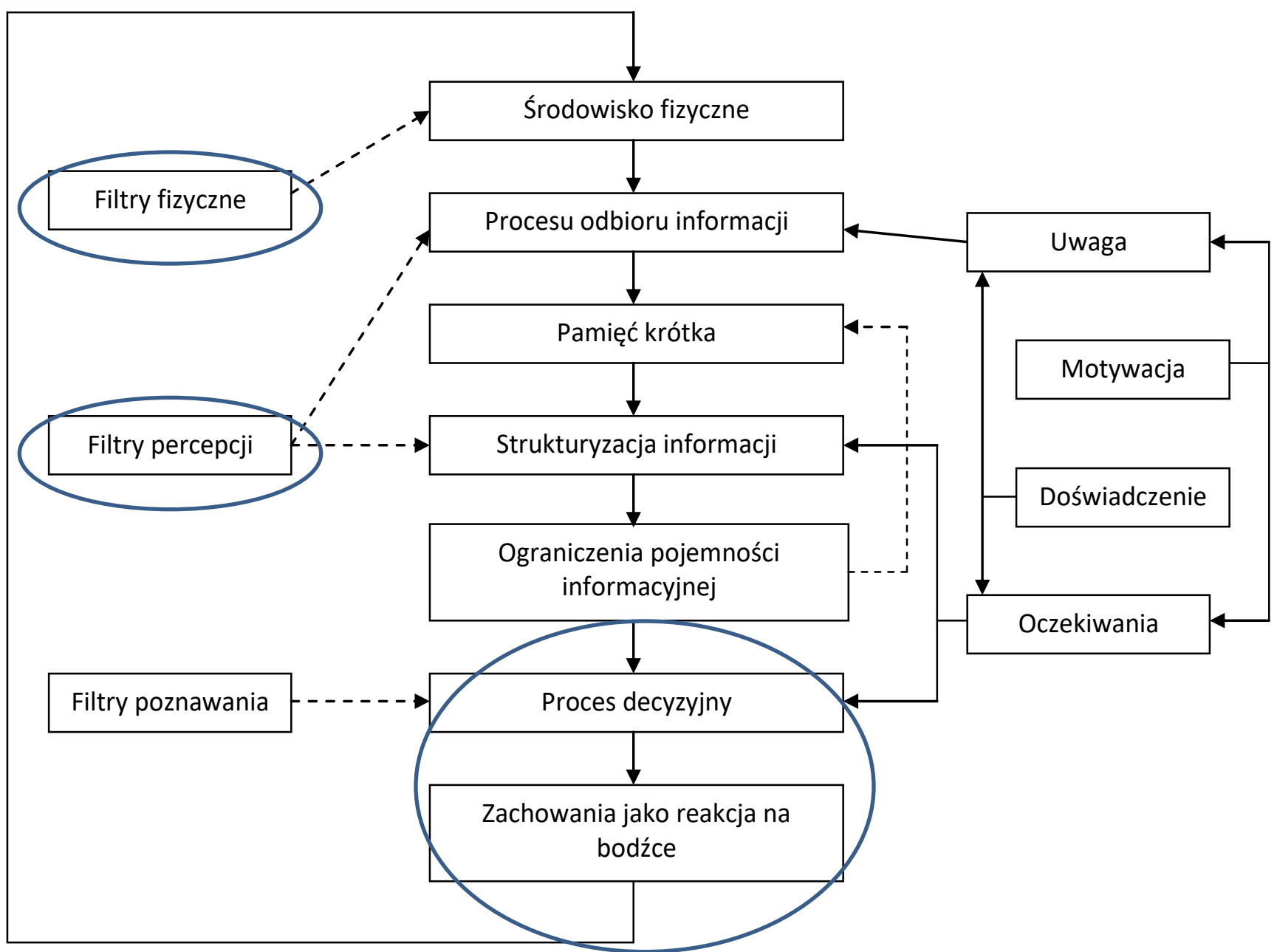
OCENA DOTYCHCZASOWEJ PRAKTYKI PROJEKTOWANIA I UTRZYMANIA INFRASTRUKTURY DROGOWEJ Z UWAGI NA BRD

Metody badań i analiz:

- analizy danych statystycznych o wypadkach**
- analizy miejsc koncentracji wypadków**
- analizy opracowań audytu brd**
- badania z wykorzystaniem modeli ryzyka wypadków, w tym modeli regresyjnych**

Uwagi do analiz danych o wypadkach:

- **Analizy potwierdzają wpływ różnych cech dróg na brd (30 – 70%)**
- **Wśród okoliczności wypadków pojawiają się niewłaściwe rozwiązania geometrii dróg i organizacji ruchu**
- **Decydujący jest pośredni wpływ rozwiązań drogowych na brd poprzez oddziaływanie na zachowania kierujących**



Model Rumar'a percepcji i rozpoznawania sytuacji w ruchu

Przykłady błędów identyfikowanych w czasie wizji lokalnych



Błędy ukształtowania wysokościowego

Problemy doboru typu przekroju



Przeszkody w otoczeniu drogi



Ograniczenia widoczności, brak kontynuacji chodnika



Przykład oceny audytora BRD





Problem: identyfikacja skrzyżowania

Typowe błędy na przykładzie analiz regionalnej sieci dróg i ulic:

- 1. Brak hierarchicznej struktury sieci dróg/ulic - nadmierna dostępność do dróg**
- 2. Błędy rozwiązań skrzyżowań i ich oznakowania**
- 3. Niedostateczne zabezpieczenie ruchu pieszego wzdłuż dróg**
- 4. Niewłaściwe lokalizacje przejść dla pieszych i przystanków autobusowych**
- 5. Ograniczenia widoczności na drogach (w tym brak możliwości wyprzedzania)**
- 6. Przekroje dróg i ulic niedostosowane do pełnionej funkcji (nadmierna prędkość, zagrożenia dla pieszych)**
- 7. Zła lokalizacja miejsc postojowych**

Przejścia drogowe przez miejscowości

Problemy:

- Konflikt ruchu tranzytowego z lokalnym, dyspersja prędkości
- Zmienne zagospodarowanie wzdłuż drogi
- Nadmierna prędkość
- Obecność ruchu pieszego o różnych źródłach i celach
- Istotna rola ruchu rowerowego
- Parkowanie pojazdów
- Występowanie środków komunikacji zbiorowej



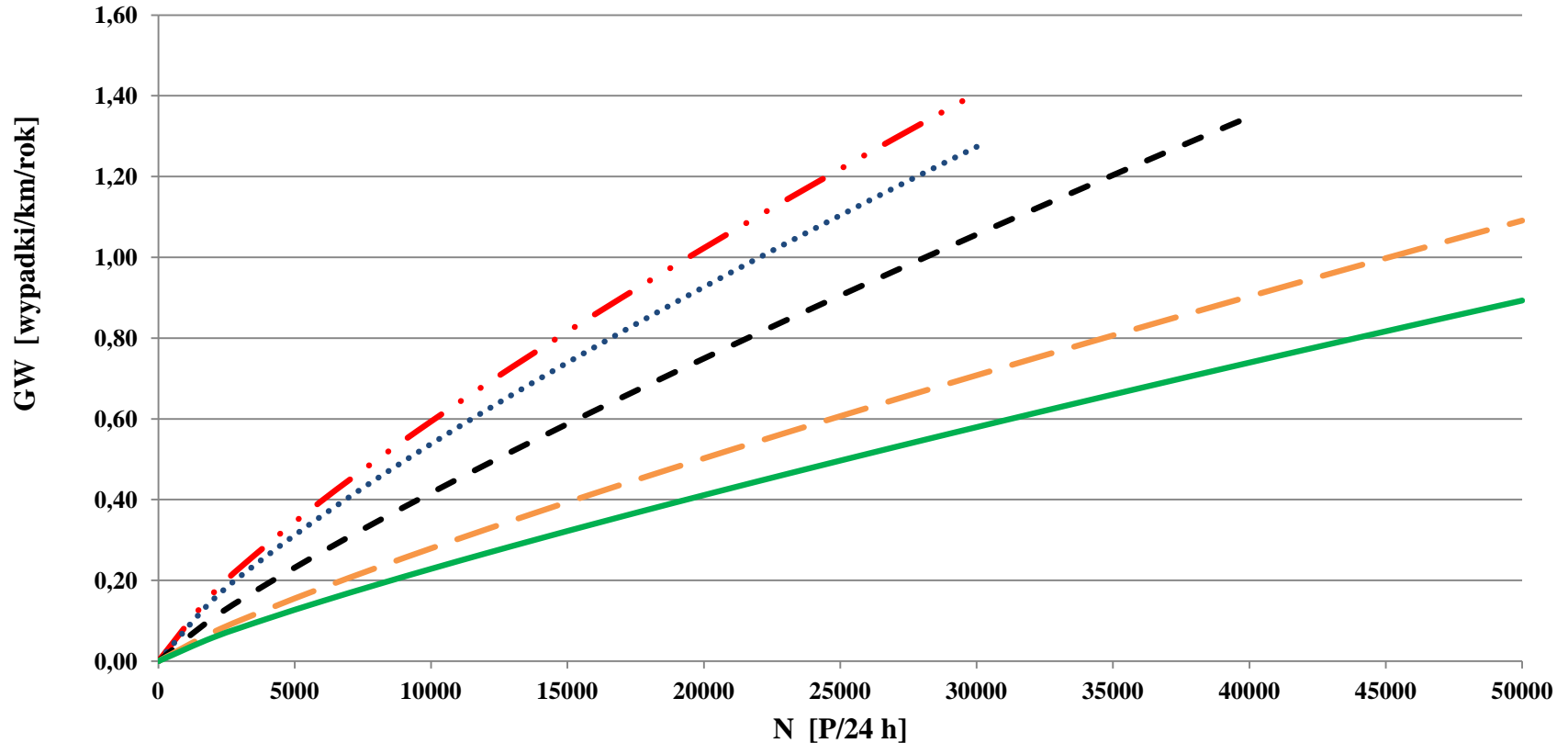
Grupy identyfikowanych błędów w audycie brd:

- **błędy o charakterze planistycznym**
- **błędy dotyczące założeń projektowych**
- **błędy doboru typu przekroju poprzecznego**
- **błędy w zakresie ustalania trasy i profilu podłużnego drogi**
- **błędy skrzyżowań i węzłów**
- **błędy urządzeń dla niechronionych uczestników ruchu oraz urządzeń transportu zbiorowego**
- **błędy organizacji ruchu**

Przykład analiz z wykorzystaniem modeli regresyjnych

wpływ typu przekroju poprzecznego na gęstość wypadków

Gęstość wypadków

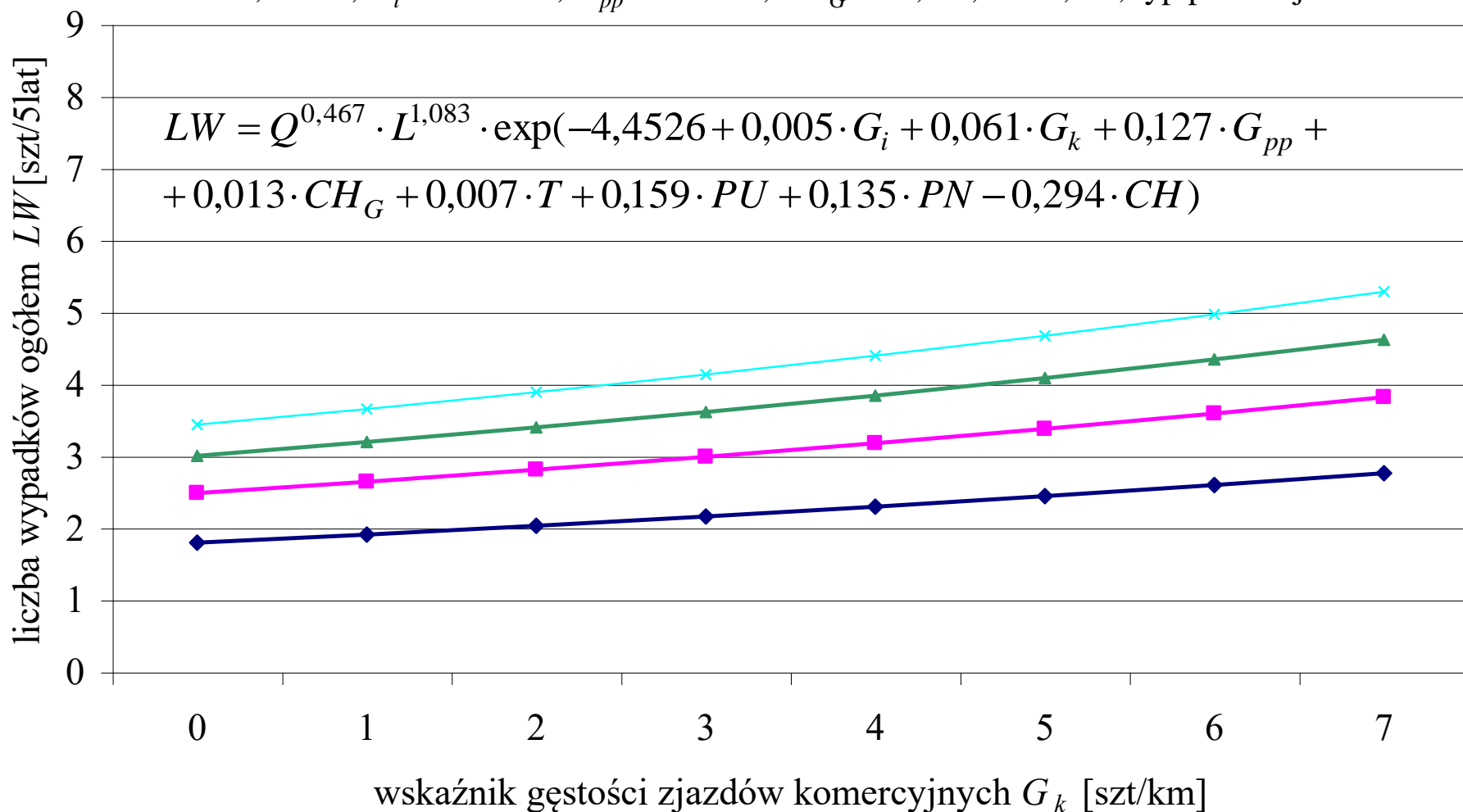


— G-GP1/2 G-GP1/2+pobocze - - - G-GP2/2 - - - S2/2 — A2/2

Wpływ dostępności do dróg na liczbę wypadków – przykład analiz

$L=1,15$ km, $G_i=25$ szt/km, $G_{pp}=2$ szt/km, $CH_G=48,0\%$, $T=47,5\%$, typ przekroju CH

$$LW = Q^{0,467} \cdot L^{1,083} \cdot \exp(-4,4526 + 0,005 \cdot G_i + 0,061 \cdot G_k + 0,127 \cdot G_{pp} + 0,013 \cdot CH_G + 0,007 \cdot T + 0,159 \cdot PU + 0,135 \cdot PN - 0,294 \cdot CH)$$



◆ $Q=5000$ P/24h ■ $Q=10000$ P/24h ▲ $Q=15000$ P/24h × $Q=20000$ P/24h

POPRAWA JAKOŚĆ PROCESU PROJEKTOWANIA INFRASTRUKTURY DROGOWEJ

- 1. doskonalenie przepisów i związanych z nimi szczegółowych instrukcji, przewodników oraz katalogów**
- 2. wprowadzanie narzędzi zarządzania brd, zwłaszcza metod oceny oddziaływania na bezpieczeństwo ruchu i audytu bezpieczeństwa ruchu**

POTENCJAŁ ZWIĘKSZENIA BRD POPRZEZ „LEPSZE PROJEKTOWANIE”

- 1. Rozwiązania dostosowane do rzeczywistych prędkości**
- 2. Skuteczne środki zarządzania prędkością**
- 3. Poprawa percepcji przestrzeni drogi i sytuacji w ruchu drogowym**
- 4. Uproszczenie rozwiązań (bardziej przewidywalne podejmowanie decyzji)**
- 5. Rozwiązania ograniczające skutki incydentów w ruchu drogowym i ograniczające powstawanie sytuacji konfliktowych**

Kierunki zmian przepisów projektowania

- stworzenie formalnych podstaw do budowy dróg określanych jako „samo-objaśniające”
- zintegrowanie projektowania geometrycznego z projektowaniem organizacji ruchu
- wprowadzenie nowego pojęcia prędkości projektowania nawiązującej do funkcji drogi i oczekiwań jej użytkowników,
- standaryzacja przekrojów poprzecznych dróg,
- dostosowanie wartości granicznych parametrów dróg, skrzyżowań i węzłów oraz widoczności do współczesnych modeli ruchu,
- określenie wymagań w stosunku do wyposażenia drogi i jej otoczenia zapewniających uzyskanie rozwiązań bezpiecznych, w tym „wybaczących” błędy kierowców,
- uwzględnienie w projektowaniu geometrycznym i organizacji ruchu wyposażenia w środki inteligentnych systemów transportowych (ITS).

ROZWIĄZANIA NIETYPOWE/EKSPERYMENTALNE (ZDW KRAKÓW – PRZYKŁADY)

Niekonwencjonalne oznakowanie przejść dla pieszych

Oznakowanie ostrzegawcze w nietypowej formie (uzupełniające oznakowanie standardowe, np. przez dodanie wyróżniającego tła znaku na dodatkowej tablicy lub uzupełniających opisów i symboli)

Znaki okresowe o stałej treści stosowane w wyznaczonych porach roku lub **w szczególnych okresach występowania zwiększonego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu** (natężenie ruchu pieszego, warunki pogodowe)

Aktywne oznakowanie ostrzegawcze stosowane w sytuacjach wystąpienia określonych zagrożeń. Zapewnienie lepszej dostrzegalności i zwrócenie uwagi na miejsca zwiększonego zagrożenia bezpieczeństwa

Znaki aktywne i znaki zmiennej treści działające informacyjnie lub prewencyjnie w zależności od zmieniającego się **krótkotrwale** poziomu zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego (np. uzależnione od warunków atmosferycznych, dostosowane do natężenia ruchu, działające okresowo w pobliżu szkół)



SZKOŁA



WYKONANIE
PRAC
WZRO
WYKONANIE
PRAC
WZRO



30
Zwolnij!

30

**Pn - Pt
godz. 7 - 14**

SZKOŁA



UWAGA !
50
[Car crash icon]

10 km
[Sharp curve icon]

50

Karczma
nysowa

KGR LG23

PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ



Środek zarządzania prędkością	Lokalizacja	Redukcja prędkości średniej [%]	Uwagi
z 90 km/h do 70 km/h	Poza obszarami zabudowanymi	11%	
z 90 km/h do 60 km/h	Poza obszarami zabudowanymi	15%	
do 50 km/h	Obszary zabudowane	13%	
do 40 km/h	Obszary zabudowane	7%	
Strefy TEMPO 30	Obszary zabudowane	16%	W porównaniu do podobnych ulic poza strefą
Strefy Tempo 20	Obszary zabudowane	14%	
Fotoradary na odcinkach z ograniczeniami prędkości	Poza obszarami zabudowanymi	20%	Efekt lokalny na krótkim odcinku
	Obszary zabudowane	16%	
Okresowy nadzór prędkości na oznakowanych odcinkach	Obszary zabudowane	15%	
Progi zwalniające	Obszary zabudowane	5-40%	Zależy od konstrukcji i lokalizacji progu



PRZEKRÓJ POPRZECZNY

Stosowanie **łagodniejszych pochyleń skarp** w celu minimalizacji skutków wypadnięcia pojazdu z drogi, np. na łukach. Stosowanie łagodnych pochyleń eliminuje także potrzebę stosowania barier ochronnych

Stosowanie **opasek lub utwardzonych poboczy** o szerokości do 1.5 m - piesi i rowerzyści, większe bezpieczeństwo w sytuacjach konfliktowych

Stosowanie **szerszych niż 1.25 m poboczy**, odpowiadających potrzebom poruszania się pieszych i zapewniających większe bezpieczeństwo

Uszorstnienie nawierzchni w rejonie łuków zmniejszające ryzyko wystąpienia poślizgu pojazdu przy złych warunkach atmosferycznych

Zatoki do zatrzymania pojazdu wolno jadącego ułatwiające ich wyprzedzanie przez kolumny pojazdów i tym samym poprawiające sprawność ruchu

Budowa pętli do zwracania poprawiających warunki ruchu poprzez ograniczenie skrętów w lewo z drogi nadrzędnej

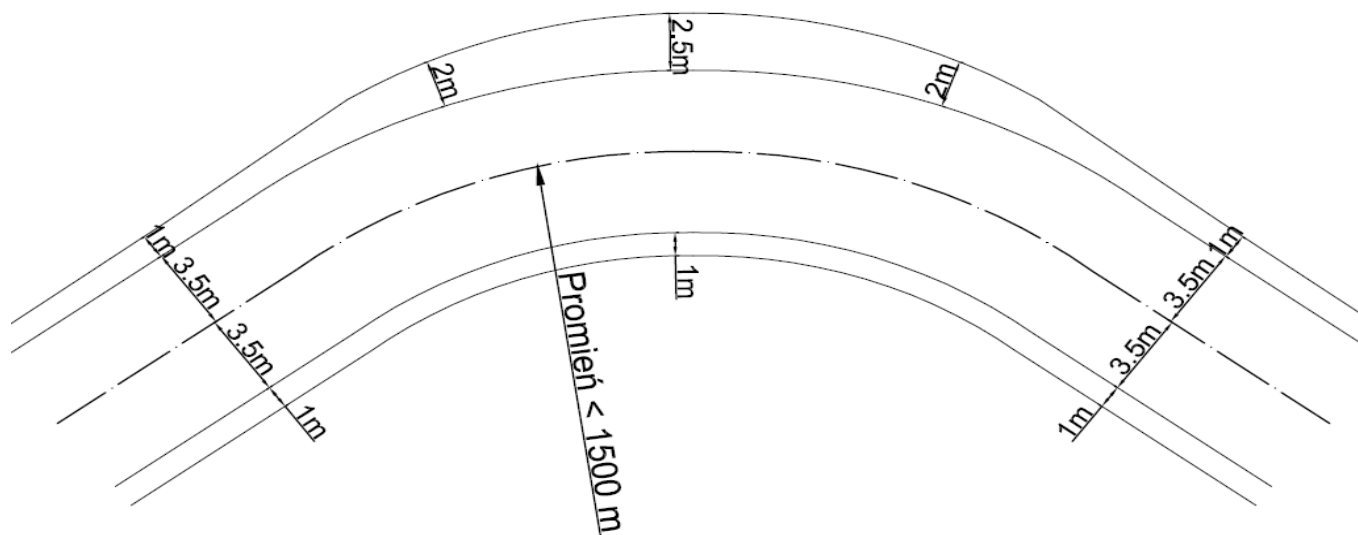
Budowa stacji ważenia pojazdów pozwalających na dokładne zważenie pojazdów ciężarowych i eliminację z ruchu pojazdów przeciążonych przyspieszających degradację nawierzchni

**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

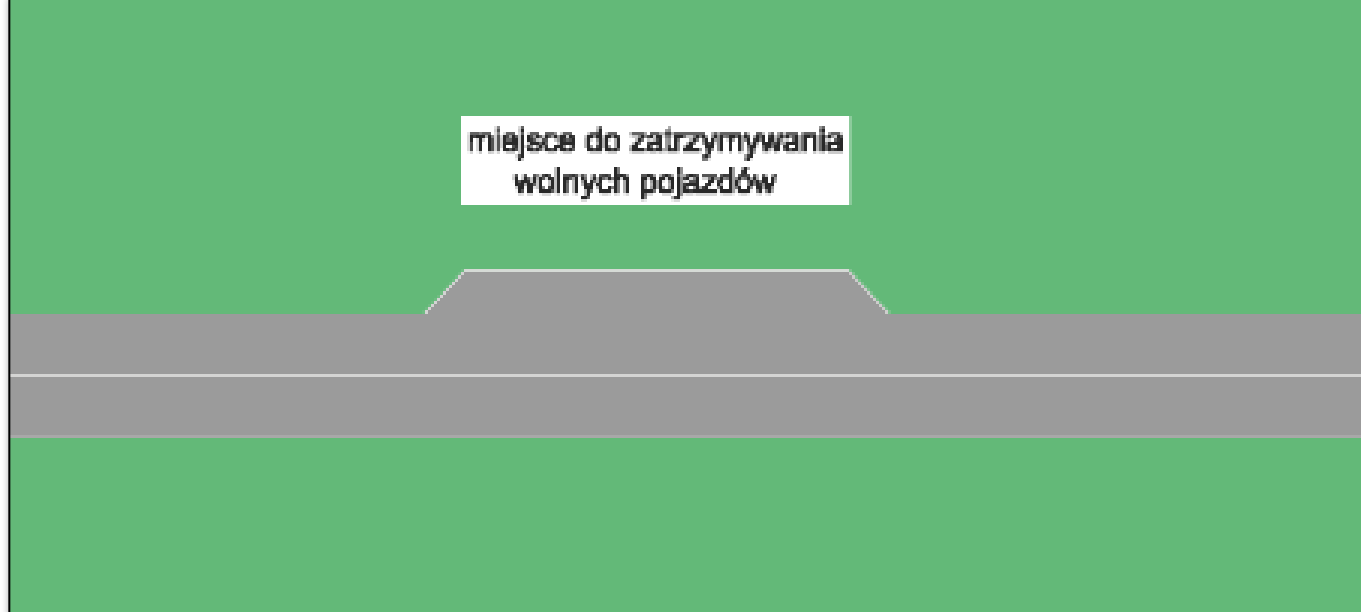
Względny wskaźnik ryzyka przy różnych szerokościach powierzchni utwardzonej 2-pasowych dróg jednojezdniowych (AUSTROADS, 2010)

Szer. powierzchni 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

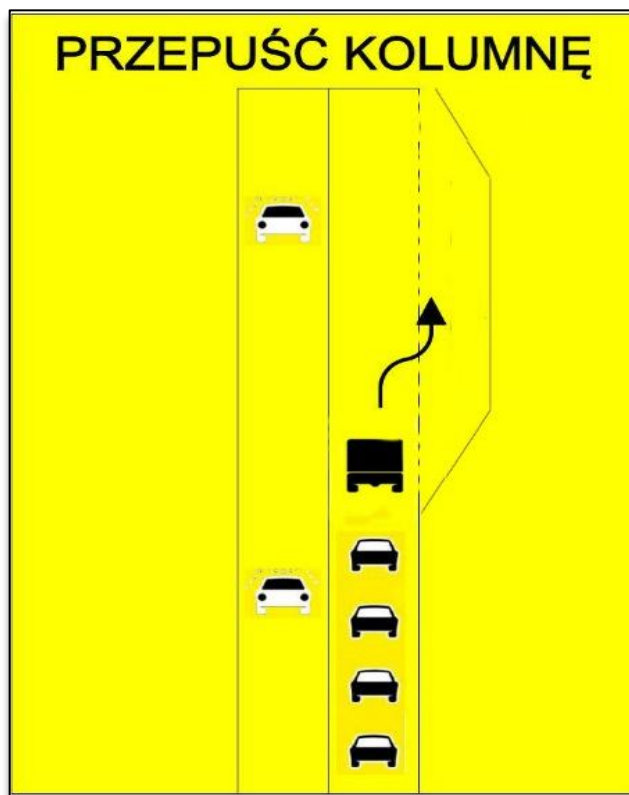


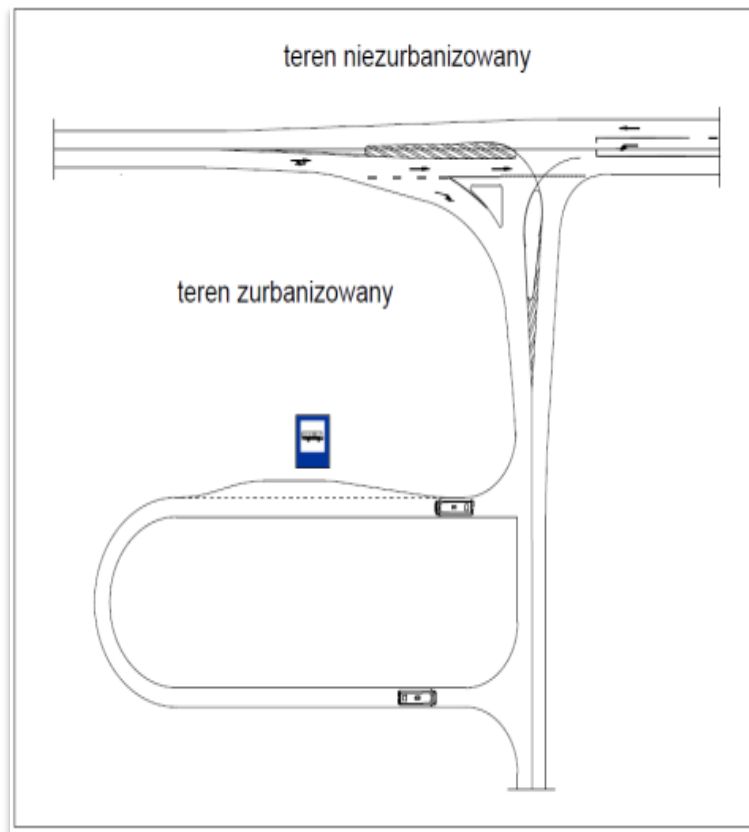
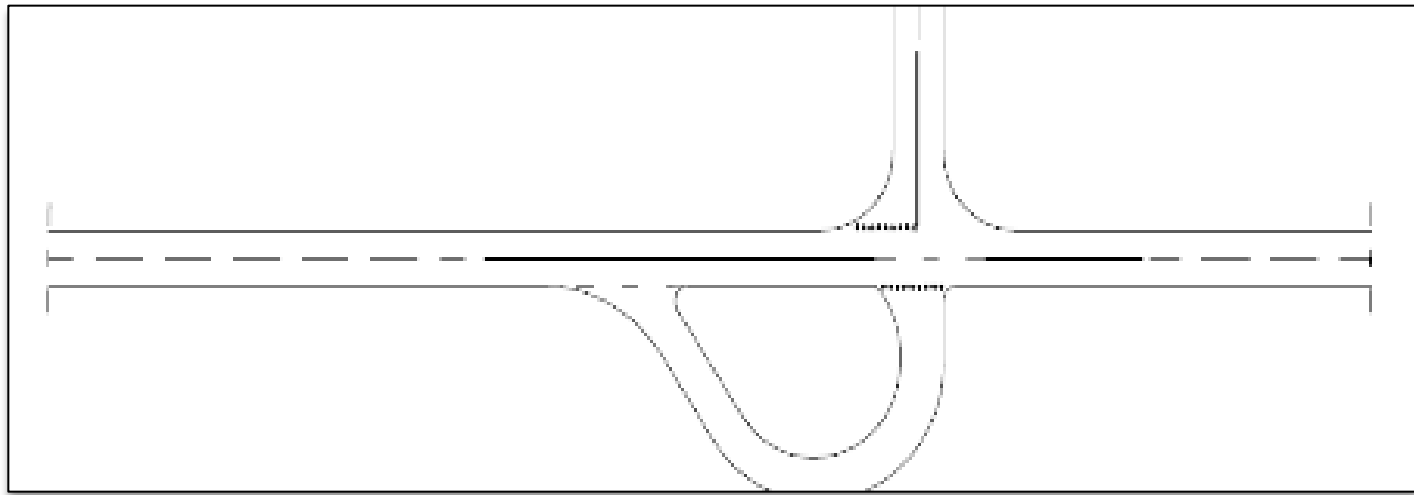


miejsce do zatrzymywania
wolnych pojazdów



PRZEPUŚĆ KOLUMNĘ





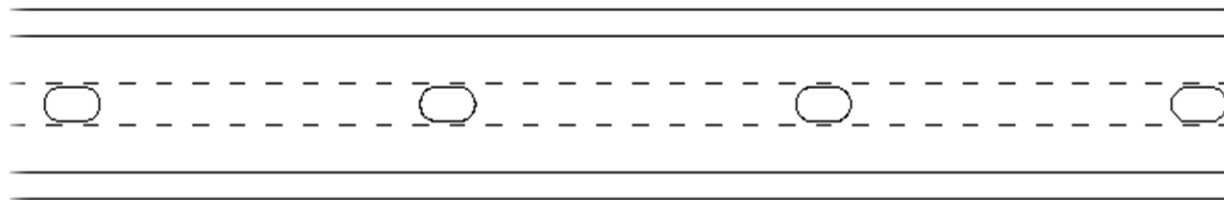
PRZEJŚCIA DROGOWE PRZEZ MIEJSCOWOŚCI Z ELEMENTAMI USPOKOJENIA RUCHU

Uzupełniony przekrój 1x2 o pas wielofunkcyjny, ograniczający niekorzystny wpływ nadmiernej dostępności w stosunku do klasy drogi. Przekrój o korzystnym wpływie na płynność jazdy oraz powodujący „łagodne” uspokojenie ruchu

Fizyczne i optyczne środki uspokojenia ruchu na wjazdach do miejscowości jako element zarządzania prędkością (wyspy środkowe, zawężenia jezdni dwustronne, jednostronne „bramy wjazdowe” - otoczenie drogi podkreślające wjazd do miejscowości).

Uspokojenie ruchu wewnątrz miejscowości zawierające indywidualne i nietypowe rozwiązania o pozytywnym wpływie na bezpieczeństwo ruchu (zawężenia , wyspy azylu, wyspy środkowe, odgięcia torów jazdy). Kompleksowe uspokojenie ruchu przez łączenie wyżej wymienionych środków. Środki sytuacyjne, fizycznie wymuszające redukcję prędkości.

Pasy wielofunkcyjne



Przykład przekształcenia przekroju poprzecznego z brukowanym pasem w poziomie jezdni



Poprawa bezpieczeństwa ruchu poprzez przekształcanie szerokiego przekroju poprzecznego



Ochrona pieszych

Problemy: segregacja ruchu pieszych





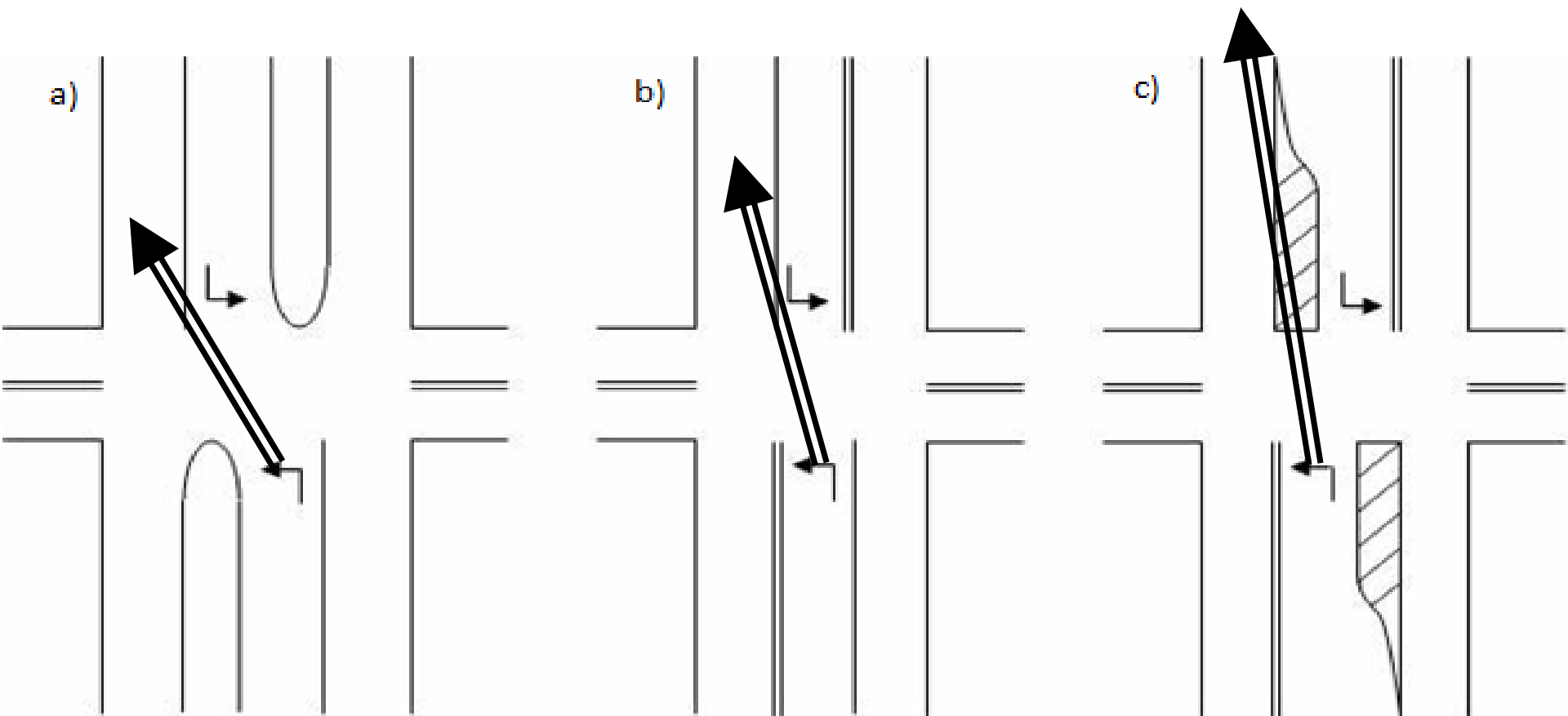
Współczynnik zmiany liczby wypadków CMF

środek	teren	współczynnik zmiany liczby wypadków (CMF)	wypadki	ciężkość wypadku	autorzy
wyniesione przejścia dla pieszych	miejski, podmiejski	0,64	wszystkie	ciężko i lekko ranni	Elvik, Vaa (2004)
	miejski, podmiejski	0,54	pojazd-pieszy	ciężko i lekko ranni	Elvik, Vaa (2004)
	miejski, podmiejski	0,7	wszystkie	ciężko i lekko ranni	Elvik, Vaa (2004)
wyniesiona tarcza skrzyżowania	-	1,05	wszystkie	ciężko i lekko ranni	Elvik, Vaa (2004)
	-	1,13	wszystkie	kolizje (tylko zniszczenie mienia)	Elvik, Vaa (2004)
wyniesiony pas środkowy z oznakowanym przejściem dla pieszych	miejski, podmiejski	0,54	pojazd-pieszy	wszystkie	Zegeer i inni (2002)
wyniesiony pas środkowy z nieoznakowanym przejściem dla pieszych	miejski, podmiejski	0,61	pojazd-pieszy	wszystkie	Zegeer i inni (2002)

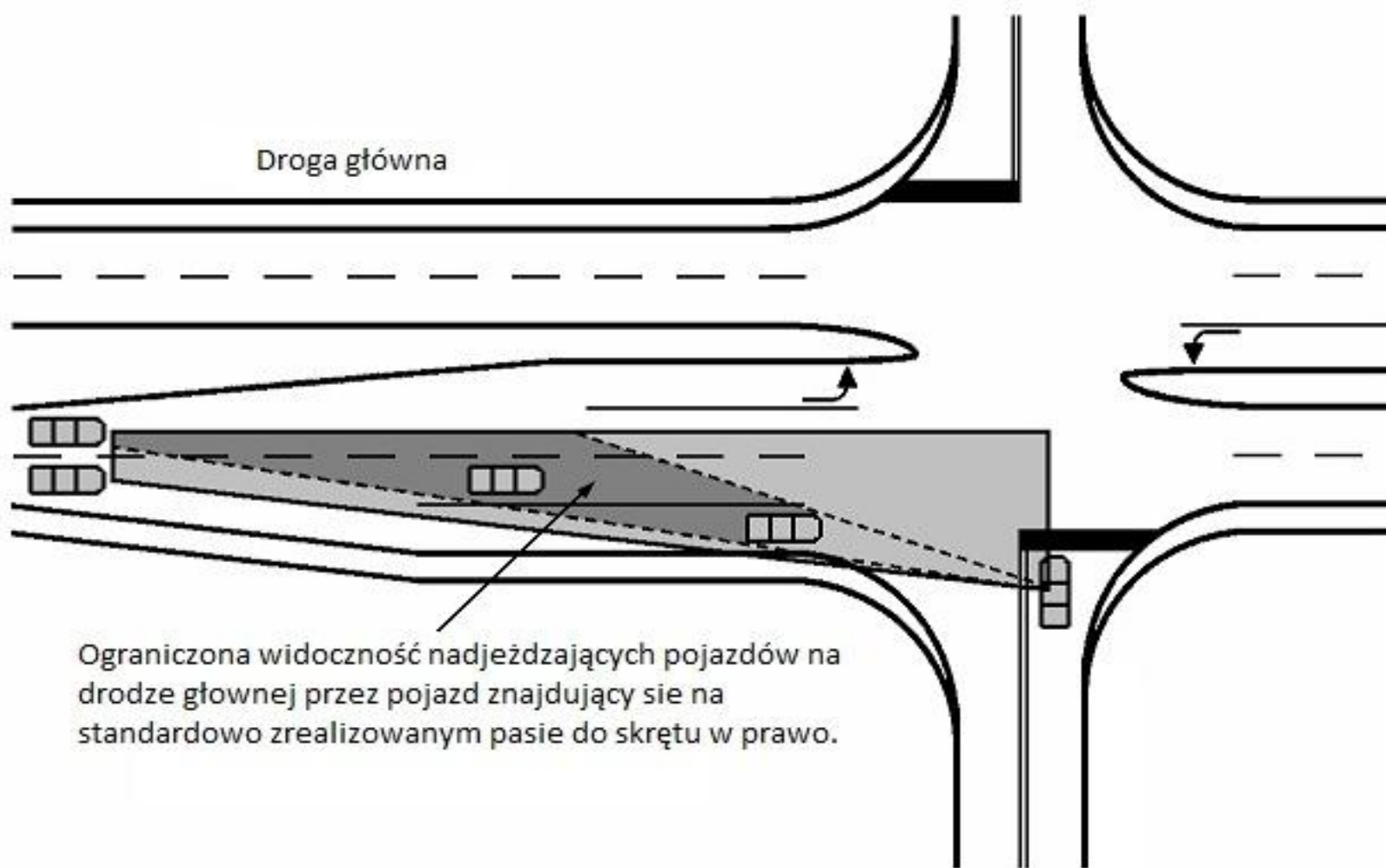
Wnioski z badań bezpieczeństwa ruchu na skrzyżowaniach w odniesieniu do projektowania:

- **Unikać mieszanych funkcji ze względu na użytkowników i charakter ruchu**
- **Nie wprowadzać w błąd kierującego**
- **Żadnych zaskoczeń dla kierujących**
- **Nie przeciążać kierującego nadmiarem informacji**
- **Unikać sprzeczności** (*np. geometria – organizacja ruchu*)

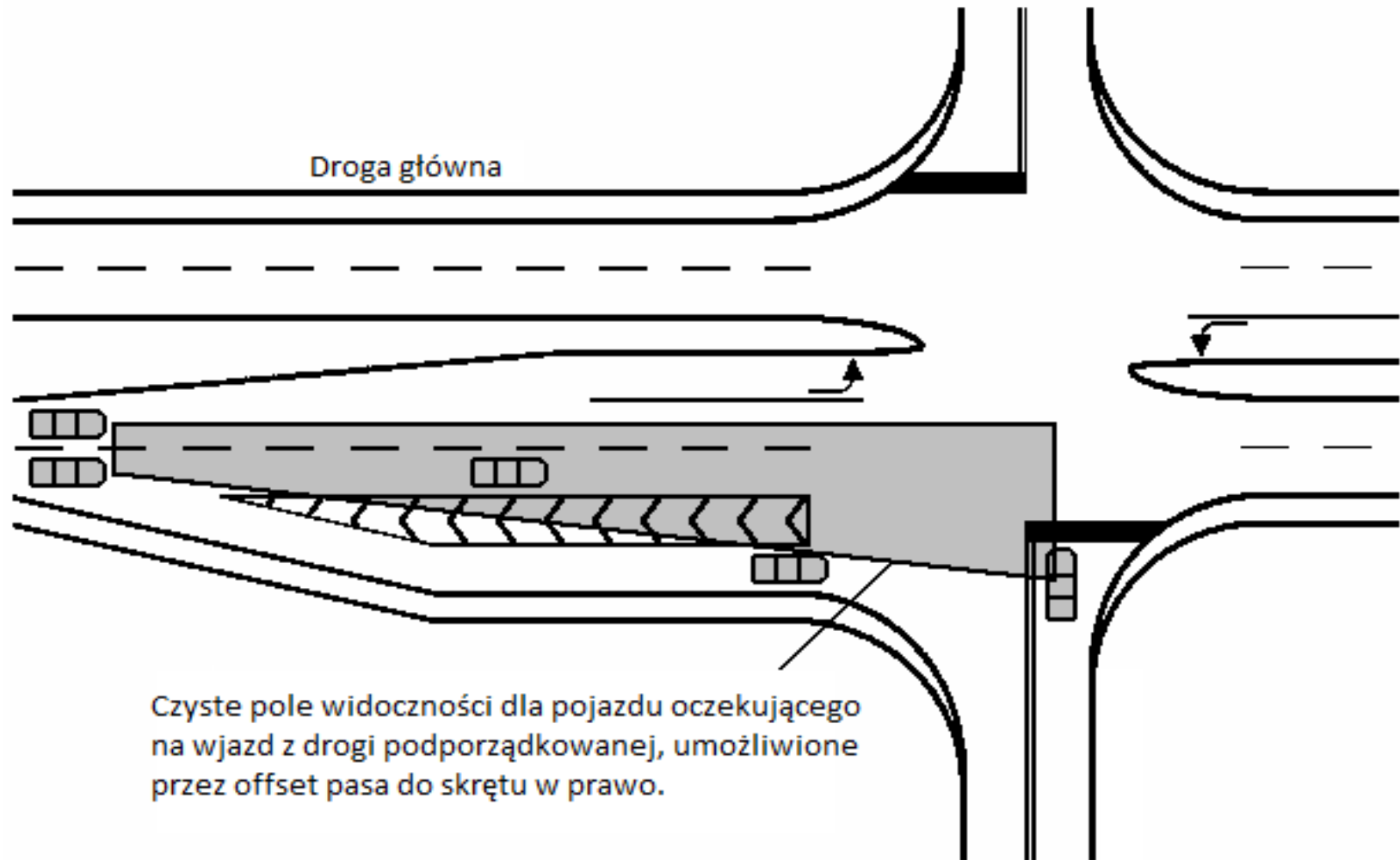
Przykłady poprawy widoczności w obrębie skrzyżowań



Przykłady poprawy widoczności w obrębie skrzyżowań



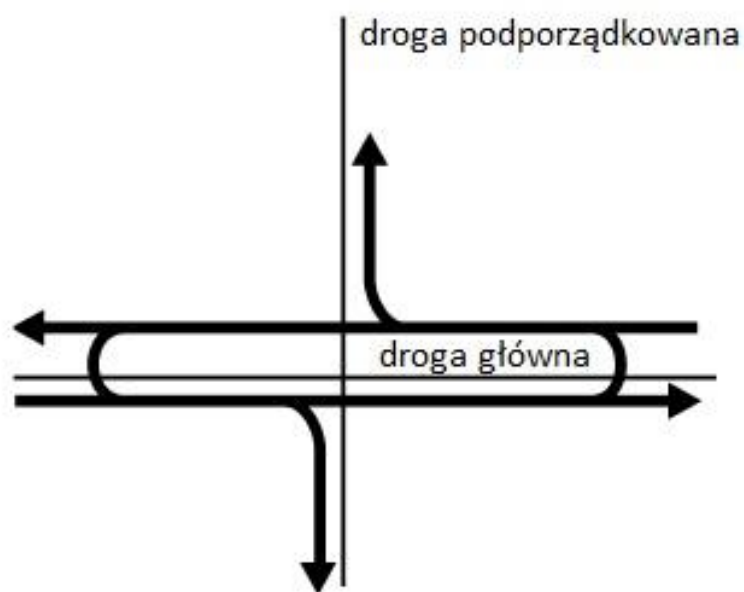
Przykłady poprawy widoczności w obrębie skrzyżowań



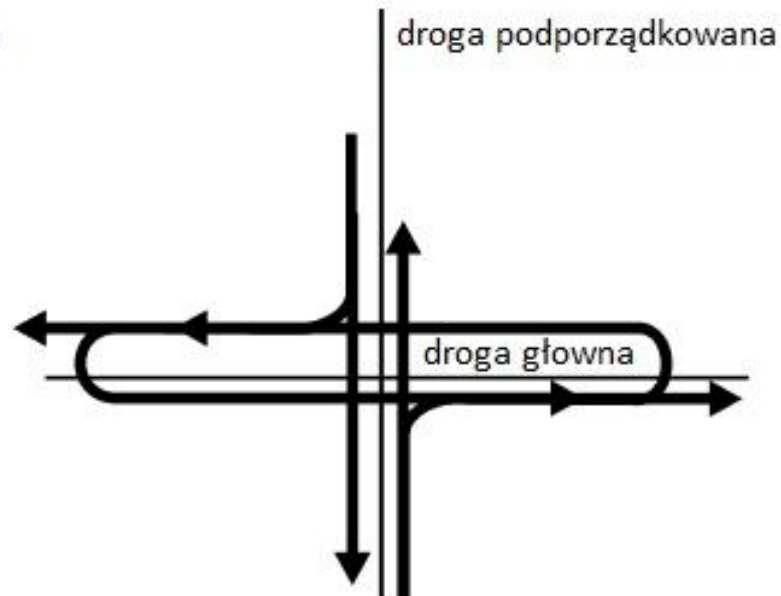
Doskonalenie projektowania zorientowanego na redukcję konfliktów na skrzyżowaniu

- **Ograniczenia dostępności w obrębie skrzyżowań**
- **Ronda z ich nowymi formami**
- **Nowe formy klasycznych skrzyżowań redukujące konflikty w ruchu**
- **Skrzyżowania poza terenami zabudowy – *duże prędkości na drodze nadrzędnej i małe natężenia na wlotach podporządkowanych (sygnalizacja i nowe formy skrzyżowań)***
- **Sygnalizacja na skrzyżowaniach – *eliminacja stref dylematu i wjazdów na sygnale czerwonym, nowe technologie nadzoru***

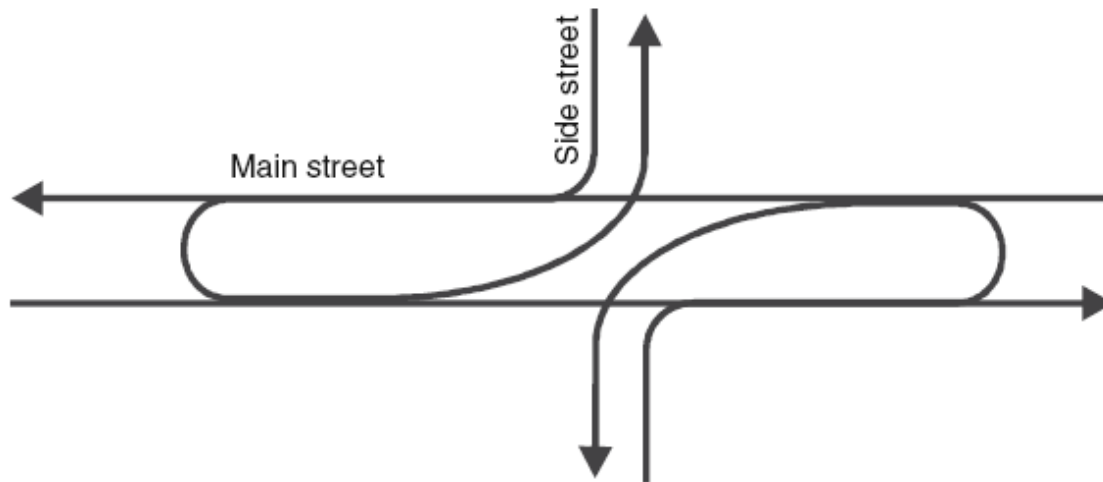
Nowe formy skrzyżowań – drogi dwujezdniowe ograniczenia relacji, „zamiana relacji”, redukcja prędkości



(a) Kierunki ruchu dla drogi głównej



(b) Kierunki ruchu dla drogi podporządkowanej



Redukcja liczby wypadków 25%- 40%, redukcja ciężkości wypadków do 50%

ŚRODKI ITS W ZARZĄDZANIU SIECIĄ DRÓG

Stosowanie **inteligentnych systemów sterowania ruchem (ITS)** na drogach wojewódzkich i innych zarządców dróg w celu poprawy bezpieczeństwa i sprawności ruchu (dopełniające działanie systemu)

Wprowadzenie systemu kierowania ruchem w sieci w sytuacjach awaryjnych

Stosowanie sygnalizacji ostrzegawczej (flashers) przed miejscami podwyższonego ryzyka funkcjonujące z lub bez systemami detekcji

Stacje monitorująco-badawcze gromadzące dane do zarządzania ruchem oraz do optymalizacji działań związanych z utrzymaniem sieci

Monitoring warunków pogodowych, wraz z alertami oraz systemami nasalania drogi lub podgrzewania krytycznych fragmentów drogi



Objaz
E

← Objaz

WNIOSKI

- 1. Zbyt słabo dostrzegany jest problem bezpieczeństwa ruchu w fazie planistycznej – rola samorządów**
- 2. Doskonalenie rozwiązań technicznych jest zorientowane na ich lepsze dostosowanie do możliwości percepcji i zrozumienia przez uczestników ruchu**
- 3. Wzrost roli środków ITS w projektowaniu infrastruktury drogowej**
- 4. Bardzo duży potencjał poprawy brd związany jest z racjonalnie wdrażanym zarządzaniem prędkością**



Dziękuję za uwagę
sgaca@pk.edu.pl