

II Małopolskie Forum Drogowe

Zakopane 20-22.06.2016 r.

ROZWIĄZANIA INŻYNIERSKIE ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DROGACH

- spełnienie kryteriów oceny projektów
finansowanych z funduszy europejskich



Prof. dr hab. inż. Stanisław Gaca
Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu

nr i nazwa osi priorytetowej	7 OŚ PRIORYTETOWA INFRASTRUKTURA TRANSPORTOWA
nr i nazwa działania	Działanie 7.1 INFRASTRUKTURA DROGOWA
nr i nazwa poddziałania	Poddziałanie 7.1.1 Drogi regionalne
typ projektu	A. budowa, przebudowa dróg, w tym budowa obwodnic
tryb wyboru / ścieżka wyboru	tryb konkursowy, nabór otwarty

Zastosowanie rozwiązań inżynierskich zwiększających bezpieczeństwo

W ramach kryterium projekty oceniane są pod kątem poprawy bezpieczeństwa użytkowników dróg (kierowców, pieszych i rowerzystów). Ocenie poddany został zakres zastosowania urządzeń podnoszących bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Ocena powinna uwzględniać specyfikę projektu i odnosić się do wymaganej/oczekiwanej funkcjonalności inwestycji a także badać zasadność zaproponowanych rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo. Ocenie podlega zakres rozwiązań poprawiających bezpieczeństwo kierowców pojazdów oraz bezpieczeństwo pieszych i rowerzystów w ramach dwóch obszarów:

OGÓLNE KRYTERIA PROJEKTOWANIA INFRASTRUKTURY DROGOWEJ JAKO PRZESŁANKI FORMUŁOWANIA SZCZEGÓŁOWYCH PRZEPISÓW I WYBORU ROZWIĄZAŃ PREFEROWANYCH

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

1. CZY SAME PRZEPISY PROJEKTOWANIA SĄ WYSTARCZAJĄCE DO ZAPEWNIENIA BRD?

2. JAK UZYSKAĆ ZWIĘKSZENIE POZIOMU BRD PRZEZ ROZWIĄZANIA INFRASTRUKTURALNE I ORGANIZACJI RUCHU?

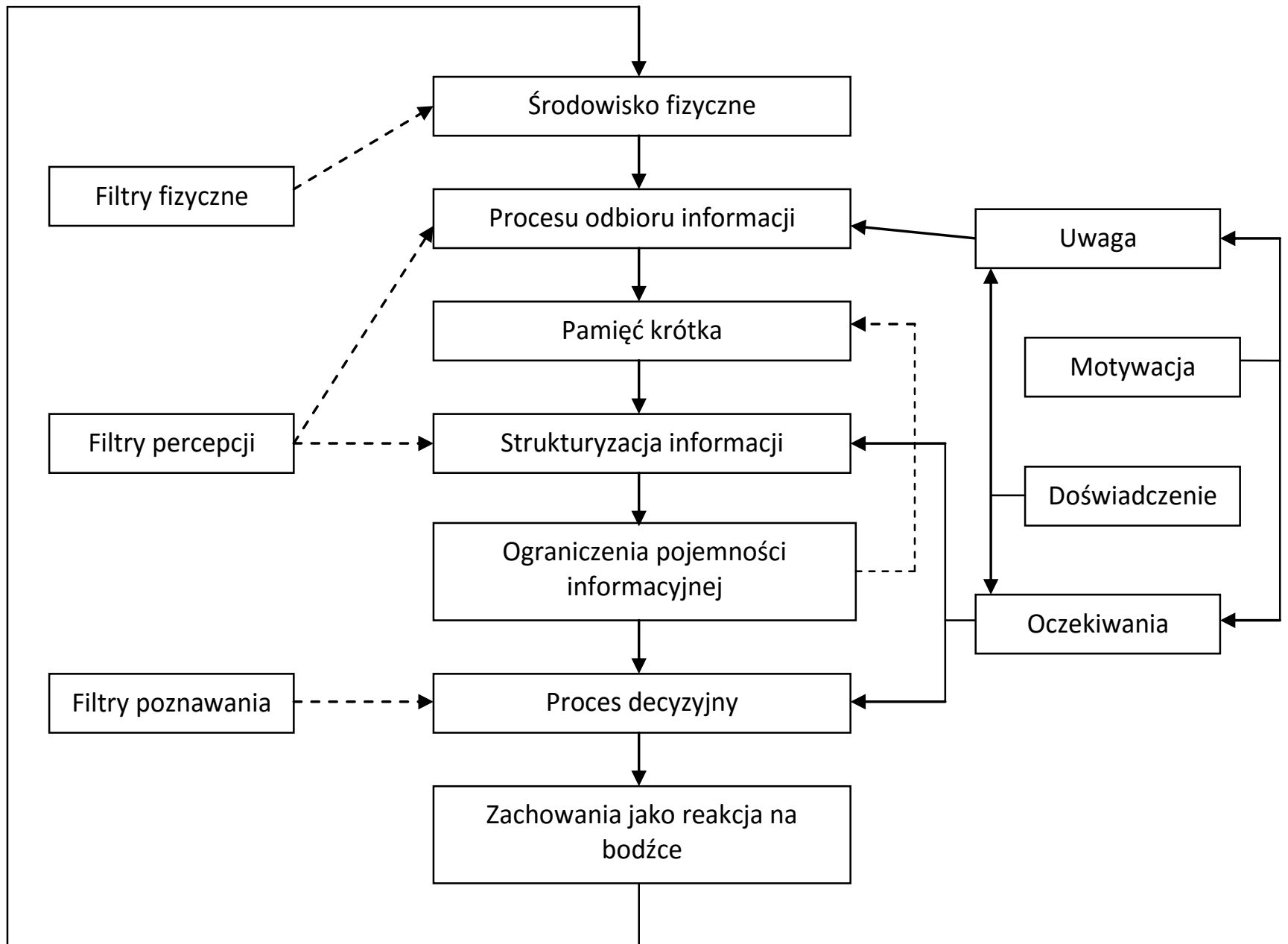
- **spełnienie warunków dynamiki ruchu pojazdów opisywane przez modele (równowagi sił działających na pojazdy, wyprzedzanie na odcinku drogi, zmiany pasów ruchu, droga hamowania i rozpędzania)**
- **zapewnienie widoczności dla różnych sytuacji na drodze**
- **dostosowanie technicznych rozwiązań elementów 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**
- **rozumiałość 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**

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**



Model Rumar'a percepcji i rozpoznawania sytuacji w ruchu drogowym

ZESTAWIENIE ŚRODKÓW ZWIĘKSZAJĄCYCH BRD
- opracowanie KBDiIR PK na zlecenie ZDW w Krakowie



MAŁOPOLSKA

**KATALOG ROZWIĄZAŃ INŻYNIERYJNYCH
PODNOŚĄCYCH BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWANIA
DRÓG W RAMACH DWÓCH OBSZARÓW:
BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU KOŁOWYM ORAZ
BEZPIECZEŃSTWO PIESZYCH I ROWERZYSTÓW W
PODZIALE NA ROZWIĄZANIA STANDARDOWE ORAZ
NIESTANDARDOWE**

Grupy środków podnoszących BRD

- I. Oznakowanie poziome**
- II. Oznakowanie pionowe**
- III. Urządzenia bezpieczeństwa ruchu**
- IV. Przystanki autobusowe**
- V. Przekrój poprzeczny**
- VI. Bariery**
- VII. Otoczenie drogi**
- VIII. Bezpieczne skrzyżowania**
- IX. Przejścia drogowe przez miejscowości z elementami uspokojenia ruchu**
- X. Środki ITS w zarządzaniu siecią dróg**

KATALOG ROZWIĄZAŃ INŻYNIERYJNYCH PODNOSZĄCYCH BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWNIKÓW DRÓG

ZESTAWIENIE ZBIORCZE

BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU KOŁOWYM		
Urządzenia dla ruchu kołowego		
1	2	3
Lp	Standardowe	Ponadstandardowe
I. Oznakowanie poziome		
1		Oznakowanie grubowarstwowe poprawiające percepcję drogi (lepiej dostrzegalne oznakowanie) szczególnie w trudnych warunkach oświetlenia i meteorologicznych (głównie w czasie opadów deszczu)
2	Zgodnie z przepisami (Dz. U. 220) na drogach wojewódzkich wymagane jest oznakowanie cienkowarstwowe	Oznakowanie wibracyjno-akustyczne (krawędziowe) poprawiające percepcję drogi (lepiej dostrzegalne oznakowanie) w trudnych warunkach oświetlenia i meteorologicznych (głównie w czasie opadów deszczu) i sygnalizujące kierującemu opuszczenie pasa ruchu w przypadku spowodowanym np. rozproszeniem uwagi innymi czynnościami, znużeniem, zasypianiem
3	Zgodnie z przepisami (Dz. U. 220) typowym rozwiązaniem w przypadku przejść dla pieszych jest oznakowanie typu „zebra”	Niekonwencjonalne oznakowanie przejść dla pieszych (np. czerwone tło „zebry”, pasy poprzeczne wibracyjno-akustyczne na dojeździe do przejścia, piktogramy na jezdni)

WYBRANE PROPOZYCJE Z KATALOGU....

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)



TRASA OMBUDSKOWA
WYDZIAŁOWI
W WARSZAWIE
12 600 000 000



OZNAKOWANIE

Oznakowanie łuków zależnie od poziomu ryzyka ocenianego skalą wymaganej redukcji prędkości na dojeździe do łuku zapewniającej bezpieczny przejazd przez łuk

Urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego o zwiększonej trwałości, zapewniające zwiększoną odporność na trudne warunki eksploatacji (np. słupki prowadzące (U-1) „samo-wstające”, kocie oczka odporne na ciężki ruch i warunki zimowe)

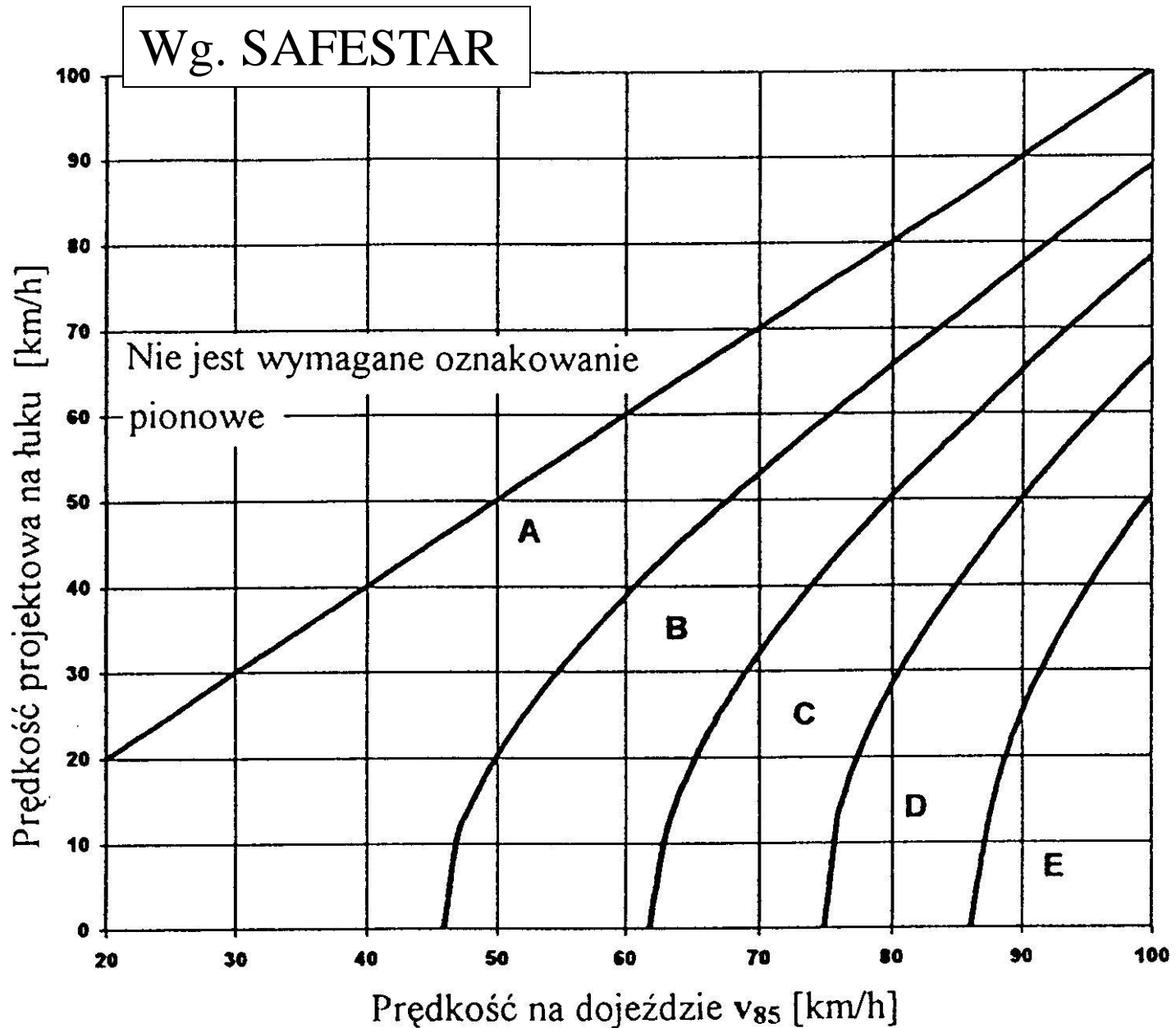
Kocie oczka poprawiające zrozumiałość przebiegu drogi i dostrzegalność jej elementów w nocnych warunkach widoczności, stosowane dodatkowo w innych miejscach niż rekomendowane w przepisach

Analiza zagrożeń i projektowanie zabezpieczeń z wykorzystaniem teorii ryzyka



Schemat oceny ryzyka i wyznaczania konieczności zabezpieczeń lub eliminacji przeszkód

Ograniczenia prędkości adekwatne do zagrożeń brd – przykład ograniczeń prędkości na łukach poziomych



Oznakowanie łuków zależnie od poziomu ryzyka

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---



Oznakowanie poziome



zwykłe

zwykłe

zwykłe

profilowane

profilowane



linia osiowa+krawędziowa

+ słupki prowadzące U-2

+ tablice U-3

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 **asfaltowych 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

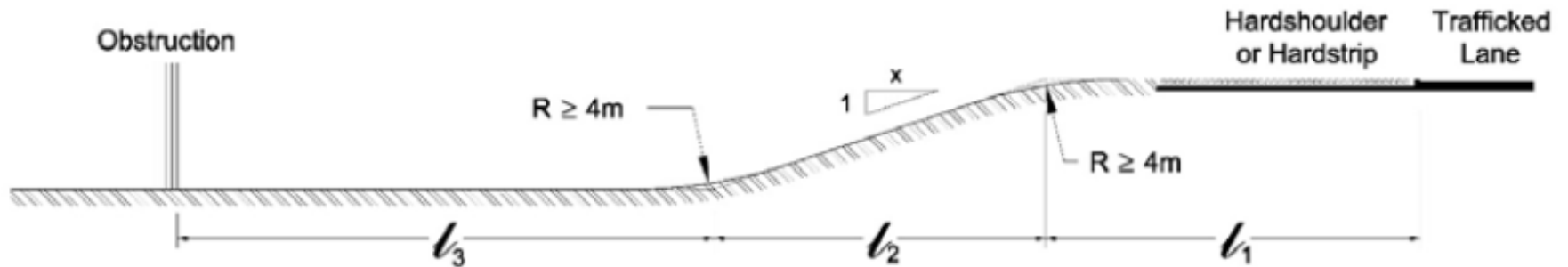
Uszorstnienie nawierzchni w rejonie łuków zmniejszające ryzyko wystąpienia poślizgu pojazdu przy złych warunkach atmosferycznych

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





	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

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. Szttywne/twarde, niechronione obiekty w odległości 0-2m od krawędzi jezdni. Nie ma możliwości "manewrów ratunkowych"	

Uwagi dotyczące projektowania przestrzeni przekroju poprzecznego 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”**

OTOCZENIE DROGI - dostępność

Zabezpieczenie otoczenia zjazdów publicznych, parkingów do sklepów i punktów usługowych. Przebudowa istniejących wjazdów i zjazdów na parking z pełną kontrolą dostępności.

Ograniczenie dostępności do drogi poprzez wprowadzenie dróg serwisowych, ciągów pieszo-jezdnych wzdłuż drogi w przypadkach, gdy nadmierna dostępność powoduje zwiększone ryzyko wypadków.

Wprowadzenie **brukowanych wjazdów indywidualnych (5m)** powodujących wstrząsy pojazdu i wstępnie oczyszczających koła pojazdów z zanieczyszczeń z pól.

Wygradzenia przeciw dzikiej zwierzynie w miejscach gdzie regularnie pojawia się ona w poszukiwaniu żerowiska.

Zastosowanie oznakowania odstrasżającego zwierzynę i ograniczające jej wchodzenie przed pojazd – „**wilcze ślepia**”



WYPRZEDAŻ
BRAM, DRZWI
-50% →

BEZPIECZNE SKRZYŻOWANIA

Wprowadzenie sygnalizacji świetlnej mimo niespełnienia kryterium punktowego, jeśli identyfikowane są potencjalne zagrożenia brd –
podejście prewencyjne

Kanalizacja ruchu w tym wlotów podporządkowanych dróg gminnych
(również poprzez wyspy przejezdne minimalizujące stopień rozbudowy wlotu)

Nawierzchnia o podwyższonej szorstkości na wlotach skrzyżowań
skracająca długość drogi hamowania w sytuacjach konfliktowych

Wprowadzenie nadzoru, poprzez montaż kamer rejestrujących
nieprawidłowe zachowania na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną w
przypadkach zwiększonego zagrożenia takimi zachowaniami (rejestracja
wjazdu na sygnale czerwonym, rejestracja nadmiernej prędkości)

Nadzór strefy kolizyjnej (detekcja), niedopuszczający do wjeżdżania na
tarczę skrzyżowania przed opuszczeniem tej strefy przez inne pojazdy
(kontrola zmiany sygnałów zezwalających na wjazd na skrzyżowanie)

Zmiana w „Warunkach technicznych...” - 17.02.2015

4.3. Minimalne wartości miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni dla konkretnej prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni określa tabela:

Klasa drogi	Element nawierzchni	Minimalna wartość miarodajnego współczynnika tarcia przy prędkości zablokowanej opony względem nawierzchni		
		30 km/h	60 km/h	90 km/h
1	2	3	4	5
A, S	Pasy ruchu zasadnicze, dodatkowe, awaryjne	-	0,49*	0,44
	Pasy włączania i wyłączania, jezdnie łącznic	0,55**	0,51	-
GP, G	Pasy ruchu, pasy dodatkowe, jezdnie łącznic, utwardzone pobocza	0,51**	0,41	-

* wartość wymagania dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 90 km/h,

** wartości wymagań dla odcinków nawierzchni, na których nie można wykonać pomiarów z prędkością 60 km/h.”.

$$L_H = V_1 \cdot t_r + \frac{V_1^2 - V_0^2}{2b}$$



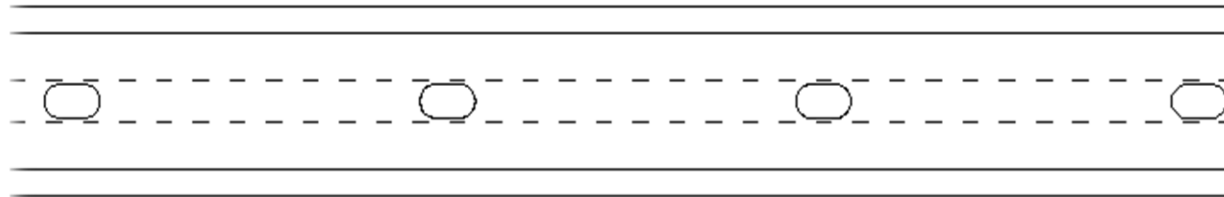
PRZEJŚCIA DROGOWE PRZEZ MIEJSCOWOŚCI Z ELEMENTAMI USPOKOJENIA RUCHU

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





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)

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

K10 BARIERY I INNE SYSTEMY ZABEZPIEZAJĄCE



Materiały Wimed

Środki zabezpieczające

- [12] Znaki na słupkach z cechami pasywnego bezpieczeństwa
- [25] Dobór barier wyższej klasy niż wynikająca z typowych przypadków stosowania
- [26] Bariery dla motocyklistów zabezpieczające w miejscach zwiększonego ryzyka wypadków motocyklistów

Potencjalne problemy eliminowane przez środki

- Redukcja skutków najechania na znak [12]
- Zwiększenie skuteczność działania (poziom powstrzymywanie) [25]
- Poprawa warunki bezpieczeństwa osób podróżujących pojazdem w przypadku zdarzenia, redukcja skutków zdarzenia [12, 25]
- Pochłonięcie energii uderzającego motocyklisty [26]
- Uniknięcie „szatkowania” motocyklisty przez podporę bariery [26]

Zalecenia przypadki zastosowań

- Miejsca nieosłonięte barierami gdzie może dochodzić wypadnięcia z drogi najechania na znak [12]
- Większe od dopuszczalnego V poruszanie się kierowców [25]
- Zapotrzebowanie większej szerokości pracującej bariery [25]
- Występowanie wzmożonego ruchu motocykli (trasy turystyczne) [26]
- Łuki poziome [25, 26]
- Skrzyżowania o słabej widoczności [26]

Uwarunkowania stosowania (plusy minusy)

- Nie stosować w sytuacji osłonięcia znaku przez barierę energochłonną [12]

Przepisy związane

- Dz U 220 ZAŁĄCZNIK Nr 4 pkt 7.1
- PN-EN 12899-1:2010
- PN-EN 1317

Korzyści	niskie	średnie	wysokie
12		
25	
26

Koszty wdrożenia	niskie	średnie	wysokie
12		
25	
26

**WDRAŻANIE ZALECEŃ
W PRAKTYCE
PROJEKTOWEJ –
rekomendacje w formie
syntetycznego opisu**

WNIOSKI

- 1. Formalne spełnienie wymagań projektowych nie zawsze jest wystarczające do zapewnienia oczekiwanego brd**
- 2. Lokalne uwarunkowania często powodują konieczność stosowania dodatkowych, w tym nietypowych środków zwiększających brd**
- 3. Przy wyborze nietypowych środków zwiększających brd należy uwzględnić:**
 - zrozumiałość i skłonność do ich akceptacji przez uczestników ruchu**
 - potwierdzoną badaniami skuteczność**
 - stosunek kosztów do korzyści**
- 4. Przenoszenie do praktyki krajowej rozwiązań zagranicznych wymaga, poza względami formalnymi (przepisy projektowania), uwzględnienia specyfiki zachowań uczestników ruchu**



Dziękuję za uwagę
sgaca@pk.edu.pl