

KRYTERIUM BEZPIECZEŃSTWA RUCHU W PROJEKTOWANIU INFRASTRUKTURY DROGOWEJ - WYZWANIA PRZYSZŁOŚCI

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



„V Warmińsko-Mazurskie Forum Drogownictwa”
25-26 wrzesień 2018

- 1. Ogólne uwarunkowania i trendy w projektowaniu infrastruktury drogowej jako tło do zdefiniowania wyzwań przyszłości**
- 2. Bezpieczeństwo ruchu w przepisach projektowania – najważniejsze determinanty wyznaczania zasad**
- 3. Jaka będzie „odpowiedź” w przepisach projektowania na nowe wyzwania?**

PRZYSZŁOŚĆ INFRASTRUKTURY DROGOWEJ - ZMIANY POSTRZEGANIA DRÓG W XXI WIEKU

„Bezpieczne i niezawodne drogi”. Głównym celem jest poprawa bezpieczeństwa i sprawności dróg m.in. poprzez lepsze planowanie nowej infrastruktury i usprawnienie systemu zarządzania infrastrukturą istniejącą

„Inteligentne drogi”. Głównym celem jest poprawa przepływu informacji, zmniejszenie zakłóceń płynności ruchu i poprawa komfortu podróżowania. Uzyska się to poprzez lepsze zbieranie i przetwarzanie szerokiego zbioru danych wpływających na utrzymanie dróg i zarządzanie ruchem

„Energooszczędne drogi”. Celem jest zmniejszenie i optymalizacja zużycia energii w budowie i utrzymaniu infrastruktury drogowej, a także wprowadzenie rozwiązań odzyskiwania energii i jej pozyskiwania ze źródeł odnawialnych przez instalacje zintegrowane z infrastrukturą drogową

„Drogi o niskiej emisji zanieczyszczeń”. Celem jest redukcja emisji zanieczyszczeń związanych z ruchem pojazdów i uciążliwości przyrodniczych przy równoczesnym uwzględnieniu coraz większych ograniczeń dopuszczalnych poziomów emisji zanieczyszczeń

„Drogi współtworzące środowisko życia”. Celem jest optymalizacja rozwiązań infrastruktury zapewniającej powiązania gospodarcze i społeczne przy równoczesnym uwzględnieniu aspektów przyrodniczych, estetycznych, krajobrazowych, kulturowych

„Drogi elementem zrównoważonego rozwoju”. Celem jest rozwój infrastruktury zgodnie z wymaganiami ochrony naturalnego środowiska, racjonalizacją kosztów budowy i eksploatacji oraz wysokiej jakości funkcjonowania

„Drogi nośnikiem innowacji”. Rozwiązania infrastruktury drogowej powinny nadążać za niezwykle innowacyjnymi zmianami wprowadzanymi przez przemysł samochodowy (integracja innowacyjnych rozwiązań pojazdów z rozwiązaniami drogowymi)

OGÓLNE KRYTERIA PROJEKTOWANIA INFRASTRUKTURY DROGOWEJ

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

Jak równocześnie spełnić wymienione kryteria?

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 w różnych sytuacjach na drodze**
- **dostosowanie technicznych rozwiązań elementów dróg, skrzyżowań i węzłów do psychologicznych oraz psychofizycznych uwarunkowań użytkowników dróg - percepcja, przetwarzanie informacji i podejmowanie decyzji adekwatnych do zmieniających się sytuacji na drodze**

Ramowe wymagania brd w projektowaniu - cd:

- **dobrze optyczne prowadzenie kierującego pojazdem i dostatecznie wczesne dostrzeganie miejsc rozdziału kierunków jazdy (*decyzje uczestników ruchu*)**
- **zrozumiałość funkcjonowania skrzyżowań i węzłów (*decyzje uczestników ruchu*)**
- **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 (*decyzje uczestników ruchu*)**
- **eliminacja z otoczenia drogi przeszkód lub ich zabezpieczenie minimalizujące skutki ewentualnych zderzeń z pojazdami**

Współczesne podejścia do poprawy brd:

- 1. Niższe prędkości**
- 2. Stworzenie warunków do wyprzedzania**
- 3. Zmniejszenie liczby potencjalnych konfliktów na skrzyżowaniach**
- 4. Ochrona „słabych” użytkowników dróg**
- 5. Bezpieczne otoczenie dróg**

Szczególne wymagania dotyczące dróg (GP – Z)

- 1. Zwiększenie stopnia standaryzacji dróg**
- 2. Mniej typów (klas) dróg**
- 3. Dopasowanie typu drogi do jej funkcji w sieci**
- 4. Przekształcenia sieci - idea „dróg samo-objaśniających”**

„Nowe” zasady projektowania głównych ulic:

- 1. Dążenie do kompromisu i uwzględniania różnych oczekiwań związanych z użytkowaniem drogi/ulic**
- 2. Planowanie równoważące „popyt i podaż” z akcentem na „podaż”**
- 3. Badania i wiedza o ruchu wszystkich użytkowników dróg jako podstawa projektowania**
- 4. Projektowanie „od fasady do fasady”**
- 5. „Myślenie” o sąsiadujących z drogą budynkach**
- 6. Poprawa jakości przestrzeni miast, wzmacnianie ich tożsamości**

„Nowe” zasady projektowania głównych ulic – cd.:

- 7. Projektowanie z zachowaniem wysokich standardów bezpieczeństwa**
- 8. Budowanie dróg „dla wszystkich”**
- 9. Ochrona środowiska i otoczenia dróg**
- 10. Zapewnienie przydatności także w przyszłości**
- 11. Projektowanie z uzyskaniem dobrego stosunku kosztów do korzyści**
- 12. Angażowanie zainteresowanych i pełna informacja**

DZIAŁANIA PROWADZĄCE DO PROJEKTOWANIA I BUDOWY BARDZIEJ BEZPIECZNYCH DRÓG

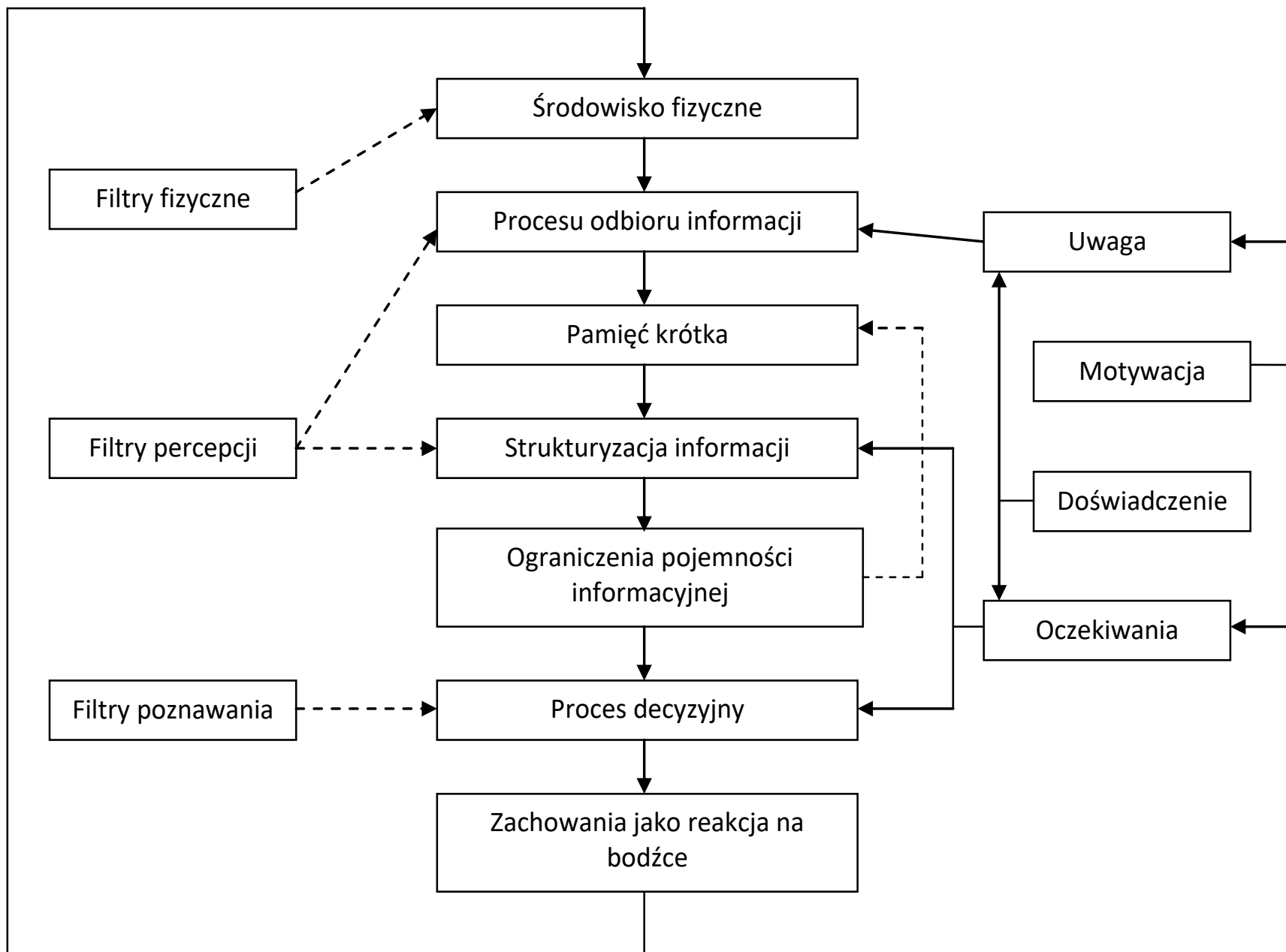
- 1. Doskonalenie przepisów projektowania – wykorzystanie współczesnej wiedzy i wyników badań bezpośredniego i pośredniego wpływu infrastruktury na brd, dostosowanie do zmieniających się uwarunkowań systemu „Człowiek – Pojazd - Droga”**
- 2. Popularyzacja wiedzy o „dobrych praktykach”**
- 3. Stosowanie narzędzi zarządzania bezpieczeństwem ruchu drogowego jako procedur obowiązujących w odniesieniu do całej sieci dróg**

AKTUALIZACJA ZASAD PROJEKTOWANIA Z UWAGI NA WYMAGANIA BRD – wskazania

- 1. Reagowanie na braki sprawności infrastruktury i zagrożenia brd**
- 2. Nowe elementy wiedzy o funkcjonowaniu człowieka jako użytkownika drogi**
- 3. Lepsza wiedza o pośrednim wpływie infrastruktury na brd**
- 4. Zmieniające się oczekiwania społeczne w stosunku do dróg**
- 5. Racjonalizacja kosztów z uwzględnieniem ich wszystkich składników**
- 6. Rozwój techniczny pojazdów, wspomaganie decyzji kierujących, automatyzacja**
- 7. Gwałtowny rozwój ITS i nowe możliwości**
- 8. Możliwości wykorzystywania masowych danych w zarządzaniu drogami i ruchem**

PROBLEMY

- 1. Postęp technologiczny w konstrukcji i wyposażeniu pojazdów obejmuje tylko część pojazdów uczestniczących w ruchu**
- 2. Współistnienie na drodze przez wiele lat pojazdów „tradycyjnych” i autonomicznych**
- 3. Podstawowa sieć dróg została zaprojektowana według „starych” zasad – powiązane „starego” z „nowym”**
- 4. Zachowanie istotnej roli człowieka w procesie decyzyjnym - *narzędzia wspomagania podejmowania decyzji, poznanie tego procesu, czynnik losowości,***



Model Rumar'a percepcji i rozpoznawania sytuacji w ruchu drogowym

Model rozpoznawania zagrożeń

1	Wykrycie zagrożenia	Czy jest coś niebezpiecznego?
2	Zlokalizowanie zagrożenia	Gdzie?
3	Identyfikacja	Co jest zagrożeniem?
4	Oszacowanie istotności zagrożenia	a) odniesienie do wzorca b) aktywowanie schematów c) percepcja i oszacowanie prędkości i odległości
5	Oceny	a) Pierwszorzędna: natychmiastowość i intensywność zagrożeń b) Drugorzędna: możliwości zapobiegania zagrożeniom c) powtórna ocena
6	Przewidywanie zagrożenia	Prognoza rozwoju sytuacji i dostosowania do niej zachowania kierującego

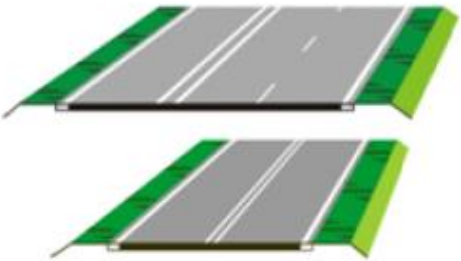
Ograniczenia percepcji i przetwarzania informacji

– jak te ograniczenia uwzględniać w projektowaniu?

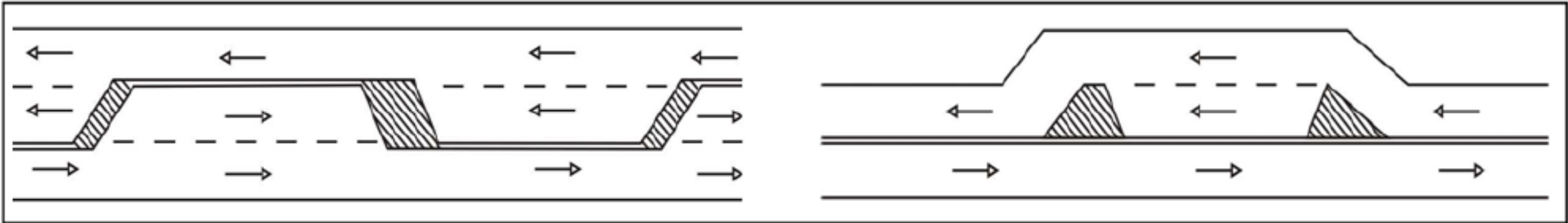
- Fizyczne filtry dotyczą przeszkód/barier, które utrudniają percepcję i ocenę sytuacji na drodze. Do ograniczeń tych należą warunki oświetlenia, fizyczne przeszkody zakrywające pole obserwacji itp. – *rola drogi i jej otoczenia.....*
- Filtry percepcji odnoszą się do fizjologicznych procesów postrzegania. Odbiór bodźców wizualnych (wzrokowych) jest ograniczany głównie sprawnością wzroku zależną np. od danej osoby, jej wieku, a także od warunków oświetlenia
- Filtry procesu poznawania wiążą się z takimi funkcjami człowieka, jak napięcie uwagi, motywy działania, doświadczenia i oczekiwania. Występować może w tym przypadku niedokładne przetwarzanie informacji, np. niewłaściwe oszacowanie prędkości lub odległości, ograniczenia zdolności przetwarzania przy nadmiarze informacji, braki informacji zwrotnej z otoczenia - *rola drogi i jej otoczenia.....*

NOWE ZAŁOŻENIA I PROPONOWANE ZMIANY W ODNIESIENIU DO PRĘDKOŚCI W PROJEKTOWANIU

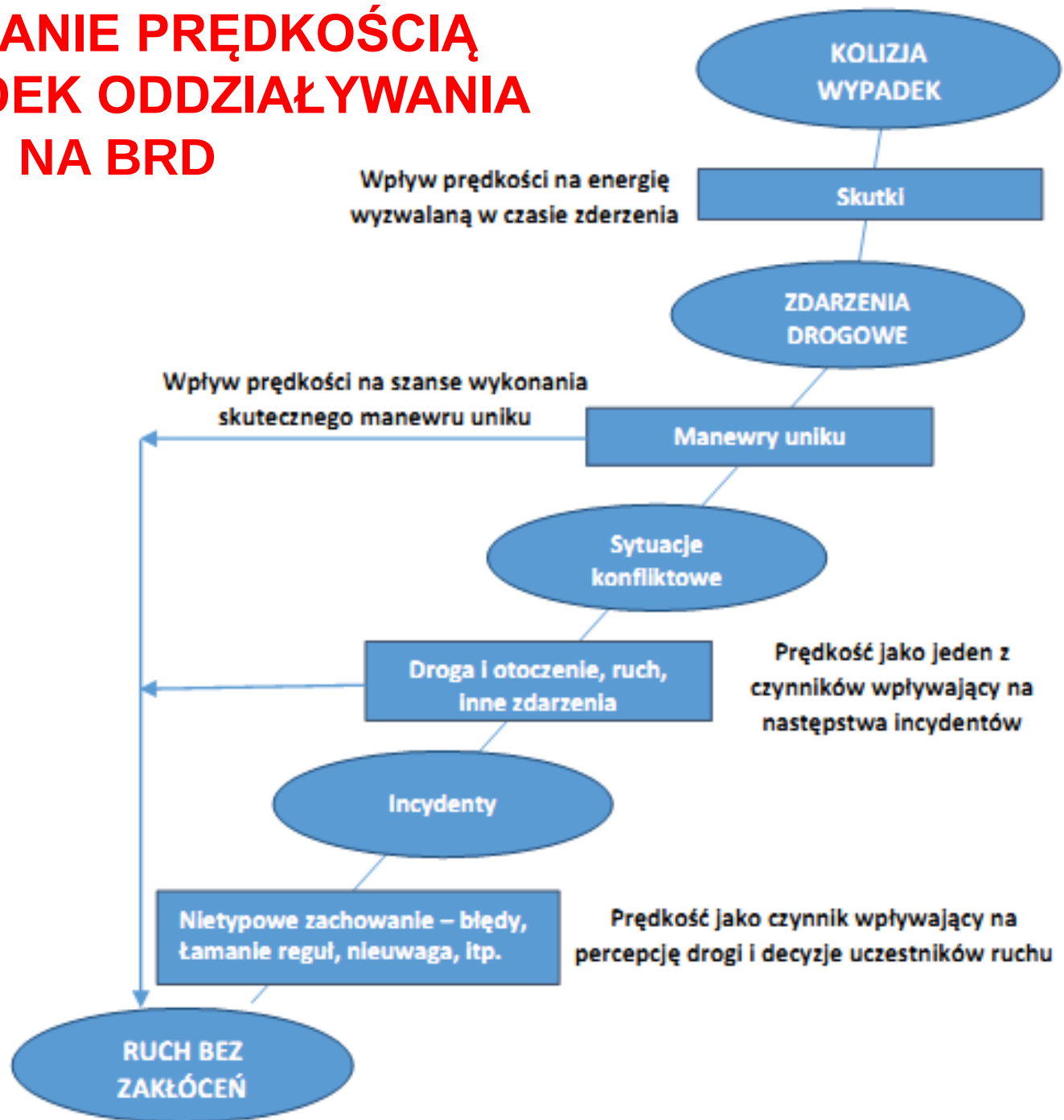
- **Dostosowanie rozwiązań infrastruktury do funkcji oraz oczekiwań użytkowników dróg**
- **Powiązanie projektowania z prędkością operacyjną (użytkową np. V_{85} lub V_{90}) przy uwzględnieniu ograniczeń prędkości**
- **Oddziaływanie na prędkość nie tylko przez rozwiązania drogowe, ale także poprzez nadzór**
- **Wprowadzenie pojęcia „klas projektowania” powiązanych z oczekiwaną prędkością (*przykład RAL - Niemcy*)**

Design class	Planning speed	Type of road operation	Cross sections	Alignment	Junctions
EKL 1	110				
EKL 2	100				
EKL 3	90				
EKL 4	70				

() Separate lanes for non-motorized traffic are recommends; however, it is not mandatory.



ZARZĄDZANIE PRĘDKOŚCIĄ JAKO ŚRODEK ODDZIAŁYWANIA NA BRD



Szersze rozumienie celów zarządzania prędkością

- 1. zapewnienie bezpieczeństwa wszystkim uczestnikom ruchu drogowego**
- 2. kompleksowe rozwiązywanie problemów bezpieczeństwa ruchu obejmującego łączenie działań (inżynieria, nadzór, edukacja)**
- 3. przekształcenie sieci dróg w sieć hierarchiczną**
- 4. przejrzyste procedury stosowania ograniczeń prędkości oraz ich usuwania jeśli nie znajdują one racjonalnego uzasadnienia**
- 5. zwiększenie poziomu akceptacji rozwiązań o charakterze restrykcyjnym**
- 6. wspieranie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego miast i regionów**
- 7. zapewnienie sprawności ruchu i racjonalizacja jego kosztów**
- 8. poprawa warunków mieszkaniowych w otoczeniu dróg, wzrost poczucia bezpieczeństwa i komfortu mieszkańców**
- 9. ograniczanie niekorzystnych oddziaływań na środowisko**

WIDOCZNOŚĆ W PROJEKTOWANIU DRÓG

Czynniki determinujące odległość widoczności
na zatrzymanie przed przeszkodą

$$L_{WZ} = t_r \cdot V + \frac{V^2}{19,6 \cdot (\mu_{l_{\max}} \cdot \eta \pm i)}$$

$$L_{WZ} = t_r \cdot V + \frac{V^2}{2b}$$

V – prędkość [m/s]

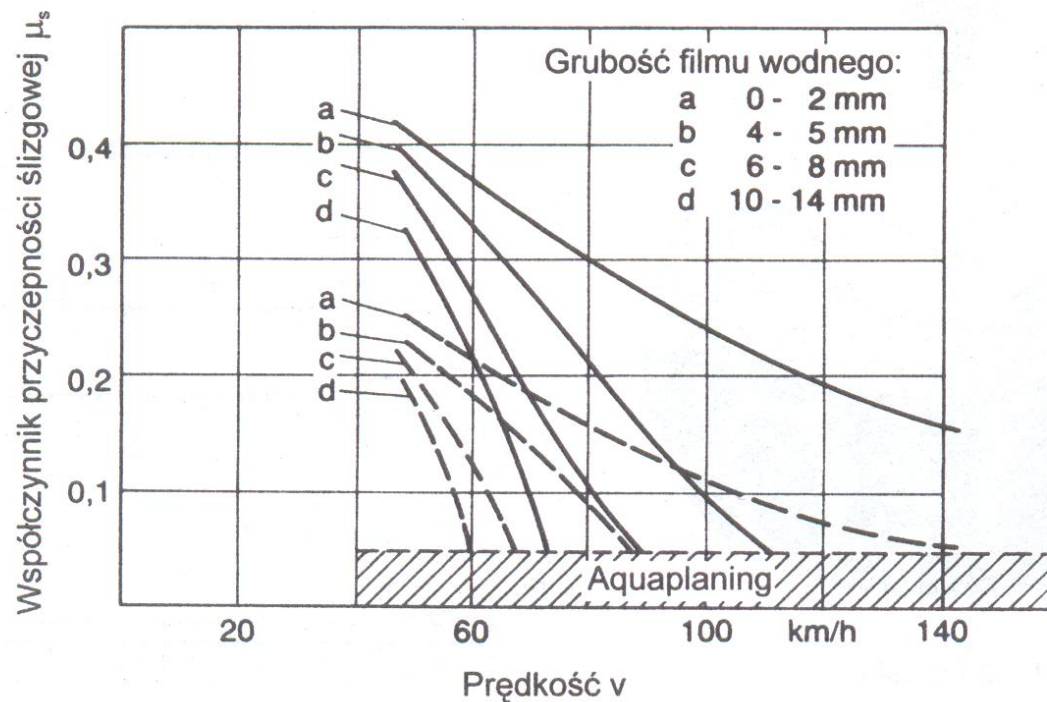
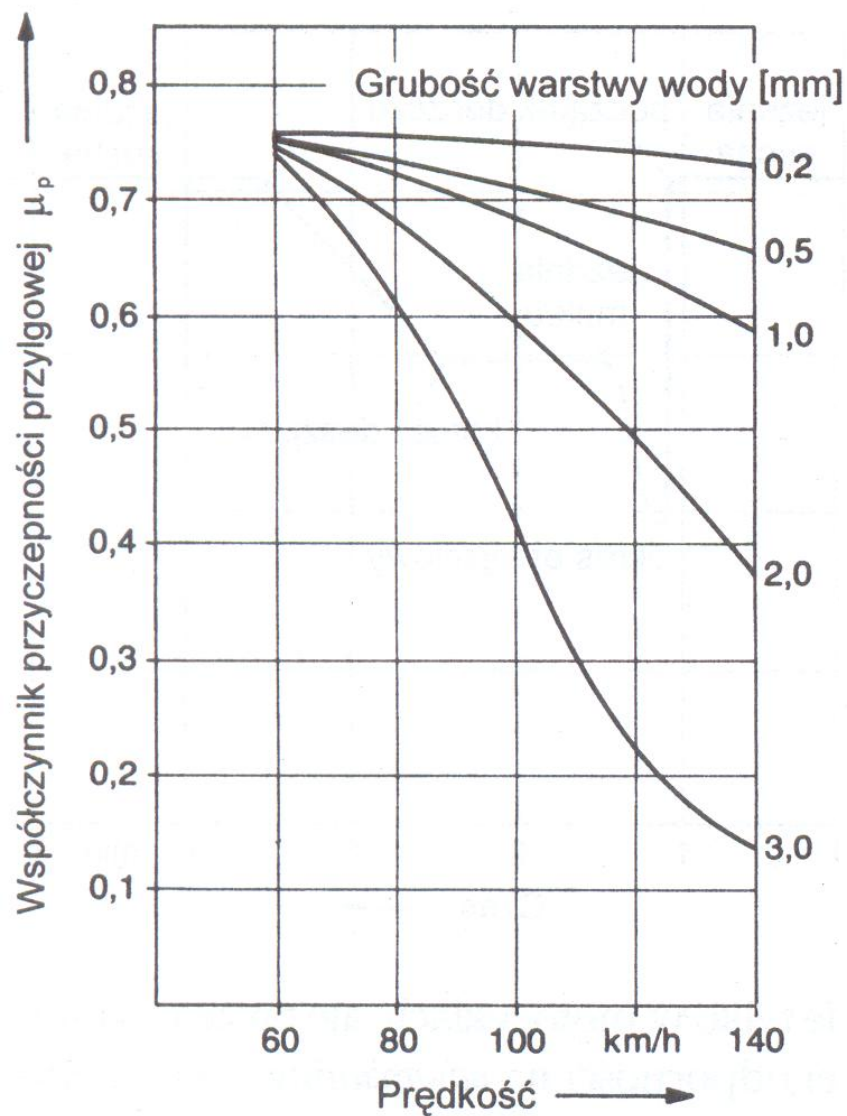
t_r – czas reakcji kierującego [s]

$\mu_{l_{\max}}$ – **współczynnik przyczepności podłużnej**

i – pochylenie podłużne [%/100]

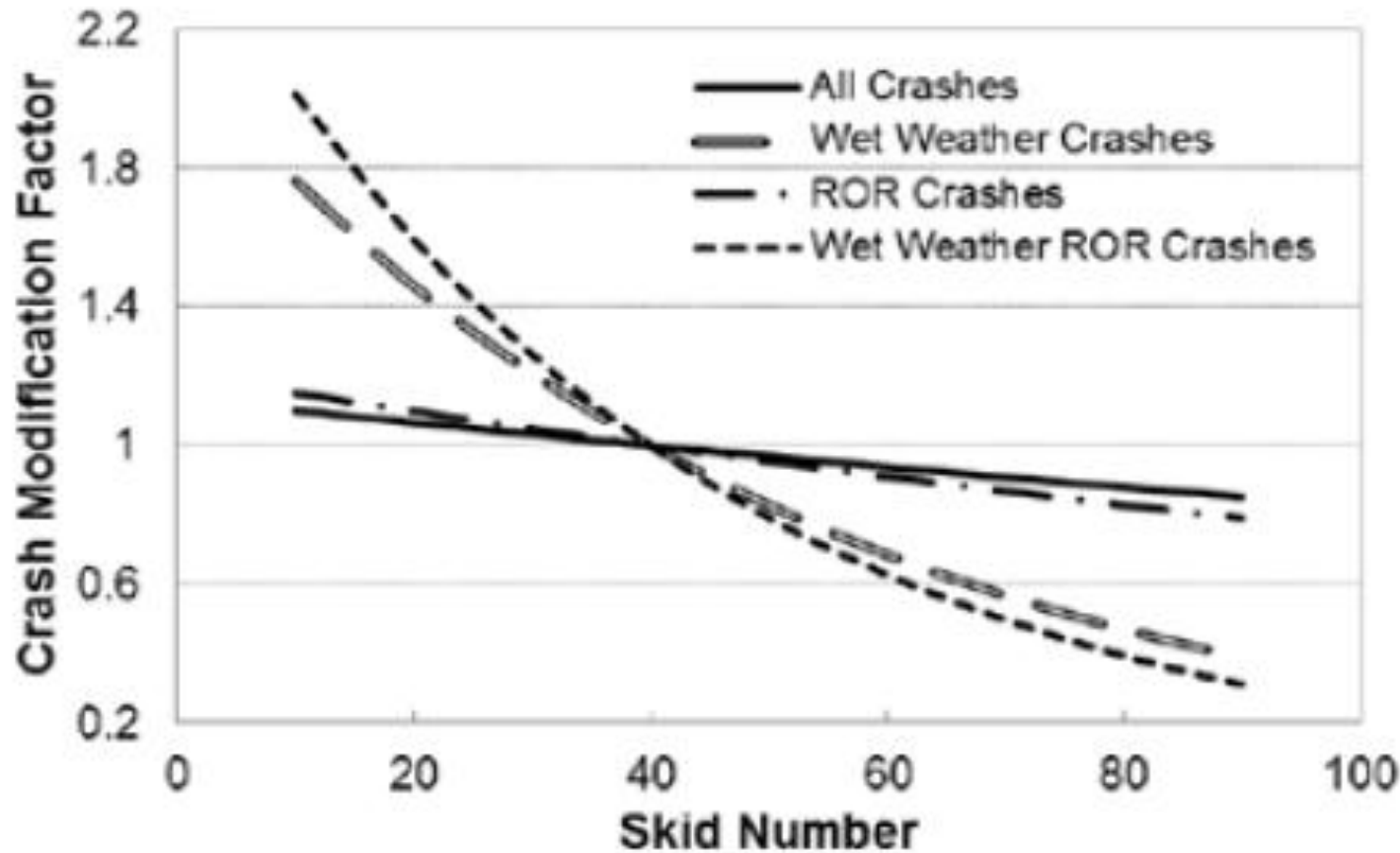
b – opóźnienie przy hamowaniu – powiązanie ze stanem jezdni – jaką wartość maksymalną można przyjąć? [m/s²]

Zmiana wartości współczynnika przyczepności w zależności od występowania wody na jezdni



— opona z bieżnikiem o głębokości 8 mm
 --- opona bez bieżnika

Współczynnik szorstkości w obrębie krzywych
Pozytywny wpływ w odniesieniu do wypadków rejestrowanych na mokrej nawierzchni



Source: Pratt et al. (2014).

Bardziej bezpieczne przekroje poprzeczne

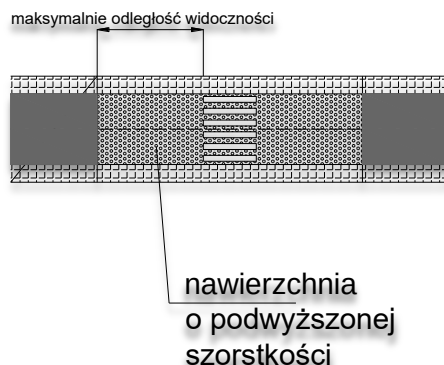
Stosowanie łagodniejszych pochyłeń skarp w celu minimalizacji skutków wypadnięcia pojazdu z drogi, np. na łukach. Stosowanie łagodnych pochyłeń eliminuje także potrzebę stosowania barier ochronnych

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

Inne urządzenia, stosowanie barier dla motocyklistów, o wyższych parametrach, znaki na podporach z cechami pasywnego bezpieczeństwa ruchu



STOSOWANIE OZNAKOWANIA NIEKONWENCJONALNEGO:

- poprawa sprawności i bezpieczeństwa ruchu w sytuacjach, gdy typowe rozwiązania nie przynoszą oczekiwanych efektów i można przypuszczać, że środkami przekazu dodatkowych informacji możliwe jest uzyskanie poprawy**
- spełnienie nowych wymagań związanych z rozwojem ITS i systemów informacyjnych wspomagających decyzje kierujących pojazdami;**
- ujednolicenie przekazu informacji lub podawania ostrzeżeń o zagrożeniach w ruchu drogowym na ciągach dróg tranzytowych z dużym udziałem ruchu międzynarodowego;**
- realizacja badań naukowych oraz weryfikacja innowacyjnych rozwiązań z zakresu organizacji i sterowania ruchem drogowym.**

Niekonwencjonalne oznakowanie dróg

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)

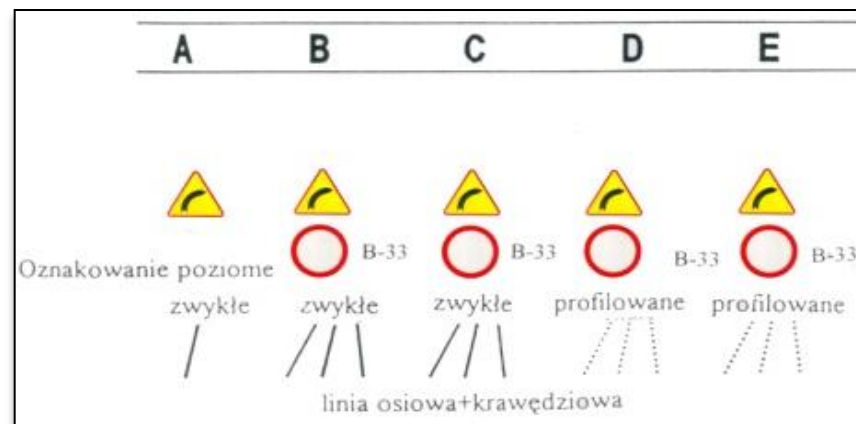
Aktywne oznakowanie ostrzegawcze stosowane w sytuacjach wystąpienia określonych zagrożeń. Zapewnienie lepszej dostrzegalności i zwrócenie uwagi na miejsca zwiększonego zagrożenia bezpieczeństwa

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)

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





Wywóz
nysowa

UWAGA!

100



PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ



PAMIĘTAJ

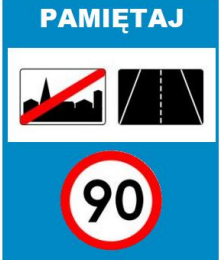


Uśrednione wyniki ankietowych badań znaków eksperymentalnych.

Lp.	Badany znak	Deklarowany poziom zrozumienia znaczenia znaku	Udział deklarujących, że spotkali się już z badanym znakiem	Uwagi
1		8%	26%	D
2		56%	21%	B
3		72%	44%	A
4		33%	14%	łącznie ze znaczeniami bliskimi C

Przykład wyników badań ankietowych

7		26%	59%	D
8		11% (42%)	20%	W nawiasie wynik wraz ze znaczeniem bliskoznacznym C
9		17%	31%	D

22		57% (66%)	6%	W nawiasie wynik wraz ze znaczeniem bliskoznacznym B
23		40% (48%)	13%	W nawiasie wynik wraz ze znaczeniem bliskoznacznym C
24		36%	4%	C
25		21% (76%)	17%	W nawiasie wynik wraz ze znaczeniem bliskoznacznym A

Przykład wyników badań ankietowych

Środki ITS

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

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)

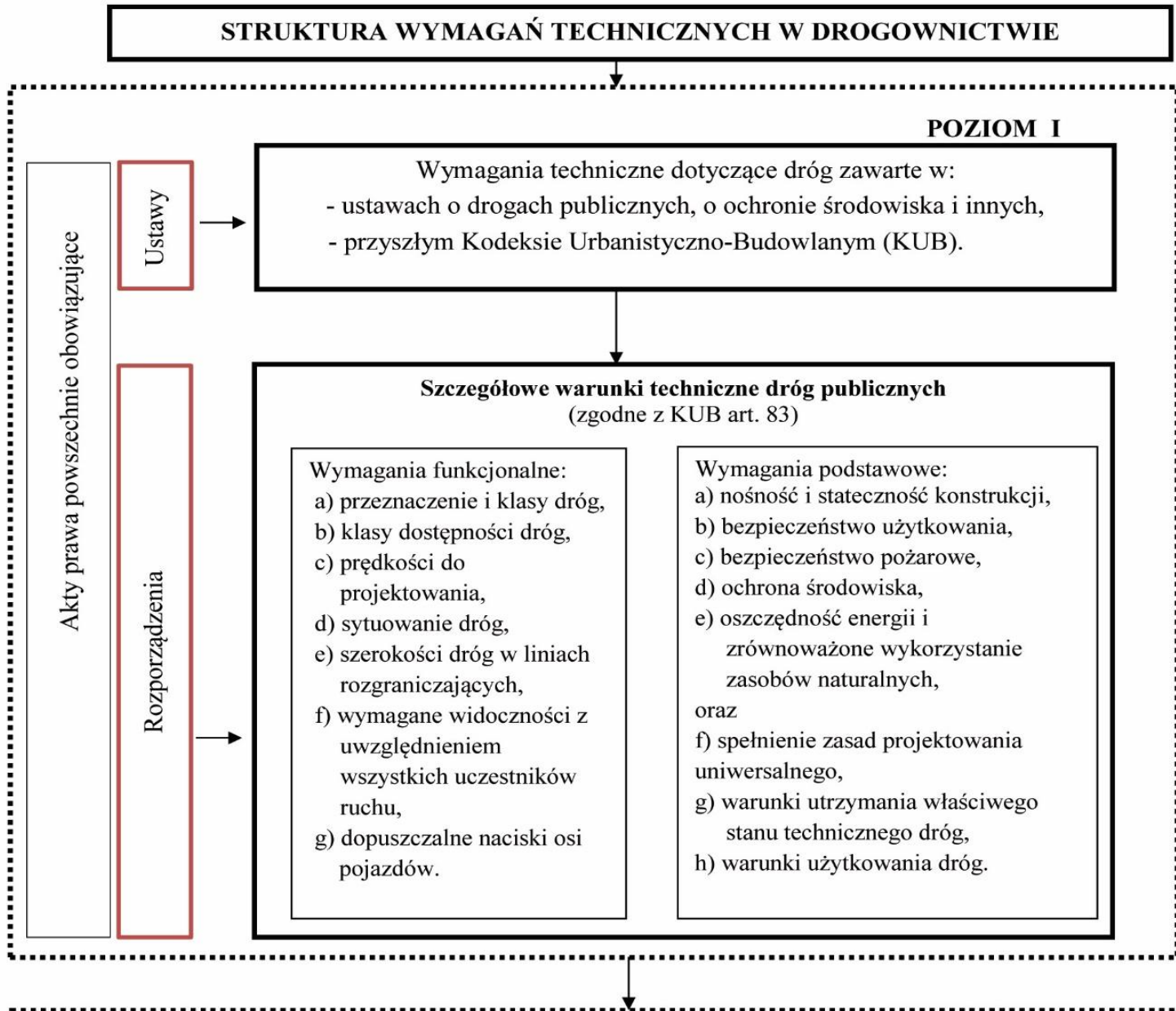
Doświadczenia i kierunki zmian przepisów

- rozwiązania techniczne dróg i ich wyposażenie mają ułatwiać uczestnikom ruchu identyfikację ich funkcji oraz „podpowiadać” sposób zachowania
- dążenie do klasyfikacji dróg wspierającej ich podział na 3 funkcjonalne grupy: tzw. drogi ruchowe, zbierająco - rozprowadzające i rezydencjalne (obsługujące ruch lokalny)
- zmienia się podejście do roli prędkości w projektowaniu dróg przez odejście od formalnie ustalanych wielu wartości prędkości projektowych na rzecz przyjmowania prędkości projektowania ściśle powiązanej z oczekiwaniami użytkowników dróg, przy wyraźnym powiązaniu z prędkością dopuszczalną

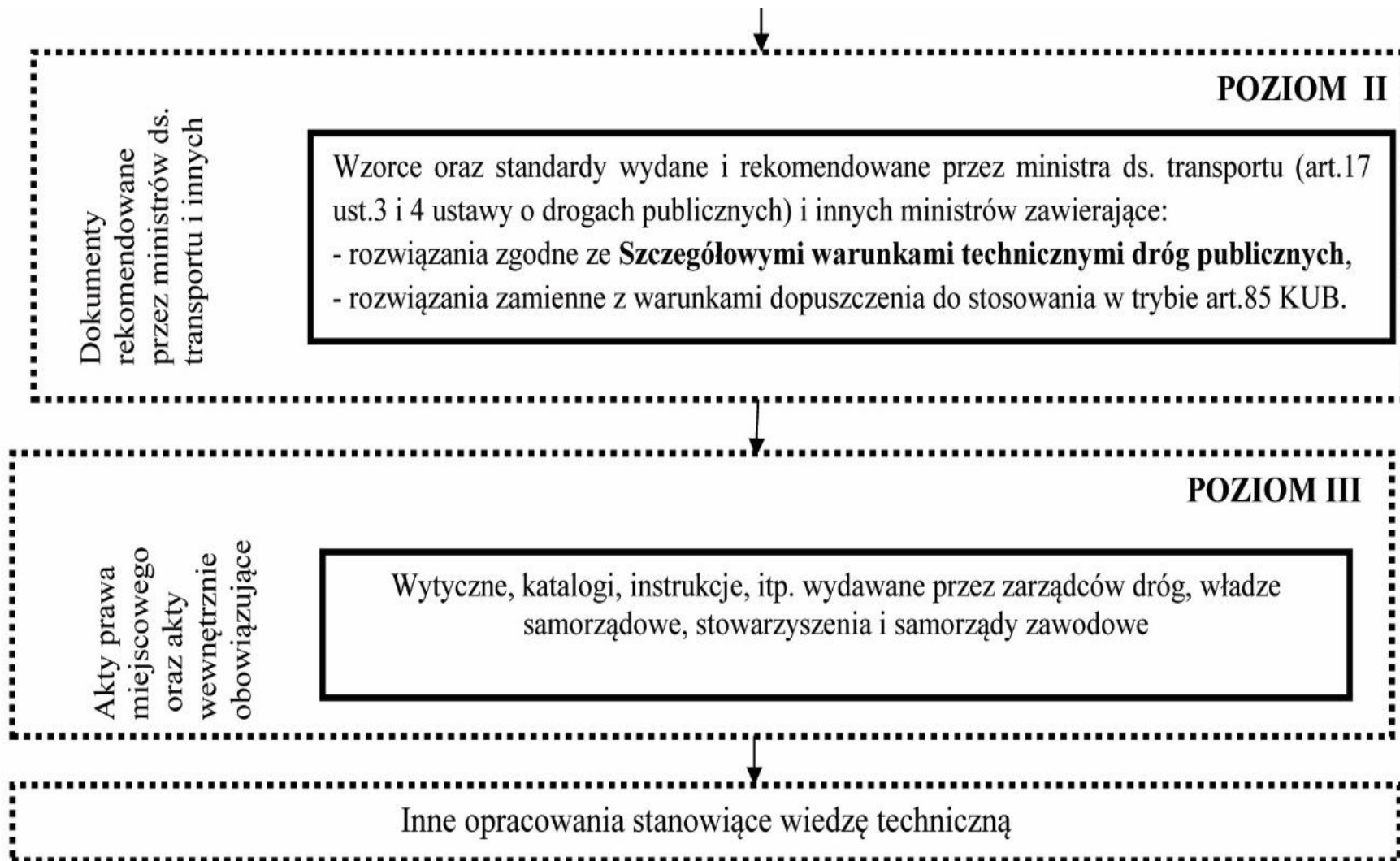
- **eliminacja z praktyki rozwiązań uznanych za niebezpieczne (np. 1x4) nowe elementy w przekroju poprzecznym związane z niechronionymi uczestnikami ruchu, wprowadzanie przekroju 2+1, zmniejszanie szerokości pasów ruchu w celu ograniczenia prędkości**
- **wprowadzanie nowych form skrzyżowań, w szczególności rond z nietypowymi elementami (*np. ronda turbinowe, dodatkowe pasy ruchu poza jezdnią ronda*)**
- **wprowadzenie obligatoryjnego wymagania dotyczącego przejezdności skrzyżowań przez różne typy pojazdów**

- **wyraźne rozróżnienie wymagań dla dróg o różnych funkcjach transportowych i przestrzennych. W stosunku do dróg niższych klas oraz dróg w trudnych warunkach terenowych a także w przypadku ich przebudowy przyjmowanie bardziej łagodnych wymagań projektowych - z zachowaniem podstawowych warunków brd**
- **upowszechnienie środków uspokojenia ruchu na drogach różnych kategorii**
- **weryfikacja zasad ustalania klasy drogi**
- **eliminacja zagrożeń z otoczenia dróg - „bezpieczne otoczenie jezdni”**
- **środki ITS jako integralny element projektów - podniesienie poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego**

Koncepcja zmiany struktury przepisów projektowania dróg w Polsce



Koncepcja zmiany struktury przepisów projektowania dróg w Polsce





**Dziękuję za uwagę
sgaca@pk.edu.pl**

WNIOSKI ?

**„Nie budujmy dróg na podstawie wiedzy dnia
wczorajszego”**

Zaproszenie do dyskusji