



# INŻYNIERIA RUCHU

## rozdział 8

### Projektowanie sygnalizacji - podstawy

WERSJA 2013

#### Podstawowe przepisy

Rozporządzenie Ministrów: Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r.

„W sprawie znaków i sygnałów drogowych”

Dz. U. 2002 nr 170 poz. 1393

Załączniki 1, 2, 3, 4 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r.

„W sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach”

Dz. U. 2003 nr 220 poz. 2181

Załącznik 3:

„Szczegółowe warunki techniczne dla sygnałów drogowych i warunki ich umieszczania na drogach”

### **Spis treści załącznika 3 – rozdziały 1 ÷ 3**

1. Przepisy ogólne
  - 1.1. Postanowienia wstępne
  - 1.2. Warunki budowy lub modernizacji sygnalizacji
  - 1.3. Zasady utrzymania sygnalizacji
  
2. Pojęcia podstawowe
  - 2.1. Pojęcia ogólne
  - 2.2. Pojęcia związane z sygnalizacją
  
3. Warunki techniczne
  - 3.1. Pojęcia podstawowe
  - 3.2. Rodzaje sygnalizatorów
  - 3.3. Wymagania funkcjonalne urządzeń sygnalizacji

### **Spis treści załącznika 3 – rozdziały 4 ÷ 5**

4. Rodzaje sygnałów
  - 4.1. Zasady ogólne
  - 4.2. Sygnały dla kierujących pojazdami
  - 4.3. Sygnały dla pieszych
  - 4.4. Sygnały dla rowerzystów
  - 4.5. Sygnały dla pieszych i rowerzystów
  - 4.6. Sygnały dla kierujących tramwajami
  - 4.7. Sygnały dla kierujących autobusami
  
5. Rodzaje sygnalizacji
  - 5.1. Zasady podziału sygnalizacji
  - 5.2. Podział ze względu na przeznaczenie
  - 5.3. Podział ze względu na powtarzalność pracy
  - 5.4. Podział ze względu na trwałość instalacji
  - 5.5. Podział ze względu na współpracę z innymi sygnalizacjami

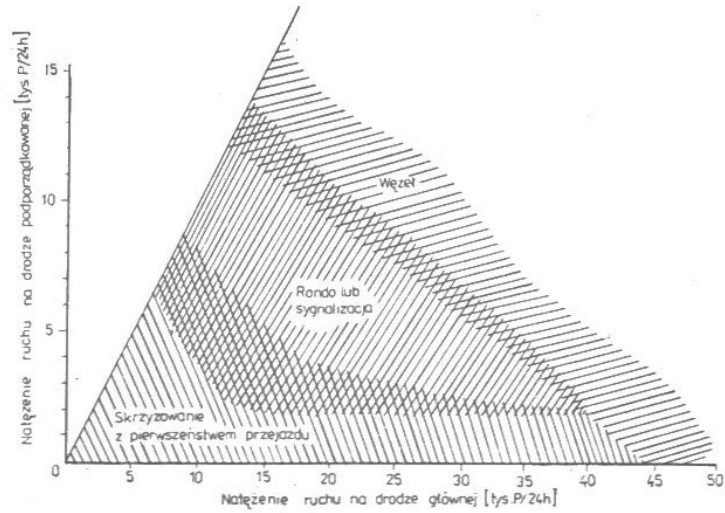
### **Spis treści załącznika 3 – rozdziały 6 ÷ 8**

- 6. Ocena konieczności stosowania sygnalizacji
  - 6.1. Zasady ogólne
  - 6.2. Zasady szczegółowe
  - 6.3. Pomocnicze kryterium punktowe dla oceny potrzeby zastosowania sygnalizacji świetlnej
  
- 7. Zasady lokalizacji i umieszczania sygnalizatorów
  - 7.1. Zasady ogólne
  - 7.2. Zasady umieszczania sygnalizatorów na drodze
  - 7.3. Zasady lokalizacji sygnalizatorów
  
- 8. Program sygnalizacji
  - 8.1. Zasady ogólne
  - 8.2. Wymagania formalne
  - 8.3. Wymagania bezpieczeństwa ruchu
  - 8.4. Wymagania optymalizacyjne

### **Spis treści załącznika 3 – rozdziały 9 ÷ 10**

- 9. Wymagania eksploatacyjne sygnalizacji
  - 9.1. Zasady ogólne
  - 9.2. Dokumentacja pracy sygnalizacji
  
- 10. Konstrukcje i wzory barwne

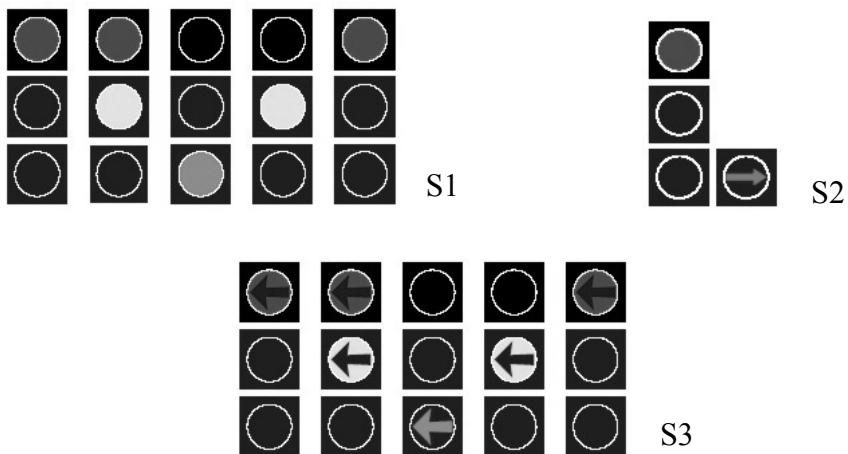
## ZAKRES ZASTOSOWAŃ SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ:



Inżynieria ruchu, rozdział 8

7

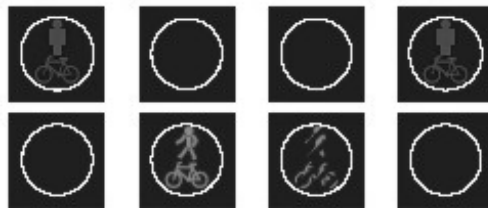
## SYGNALIZATORY (1):



Inżynieria ruchu, rozdział 8

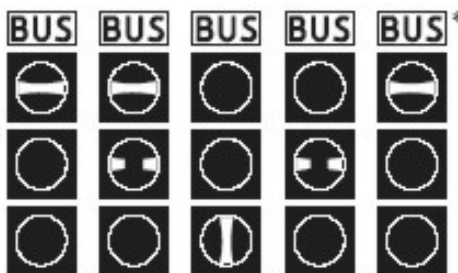
8

### SYGNALIZATORY (2):



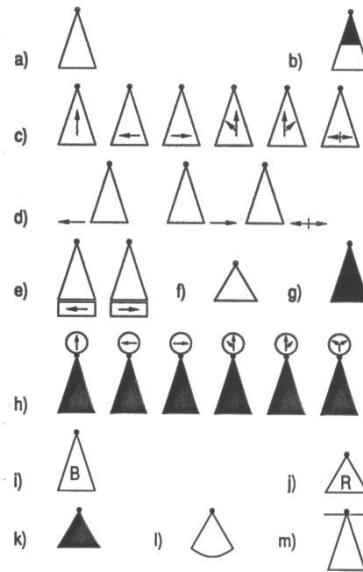
### SYGNALIZATORY (3):

dla autobusów

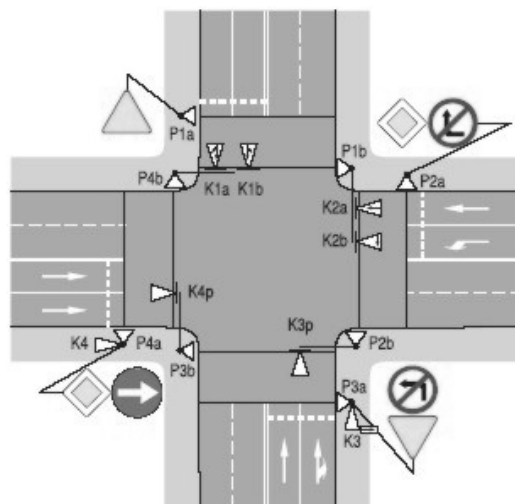


dla tramwajów

## SYMBOLE GRAFICZNE SYGNALIZATORÓW

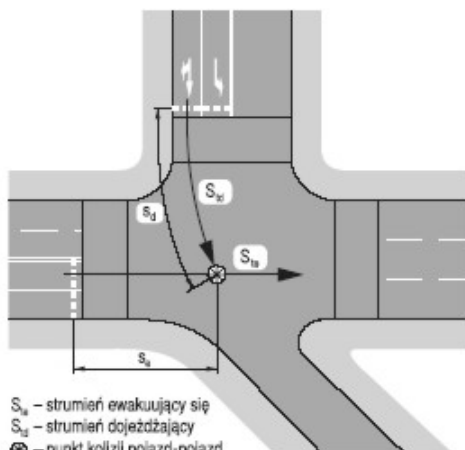


## DEFINICJE:



- strumień ruchu
- grupa sygnalizacyjna
- grupy kolizyjne
- punkt kolizji
- cykl sygnalizacyjny
- faza sygnalizacyjna
- czas międzyzielony
- program sygnalizacji

### OBLICZANIE CZASÓW MIĘDZYZIELONYCH:



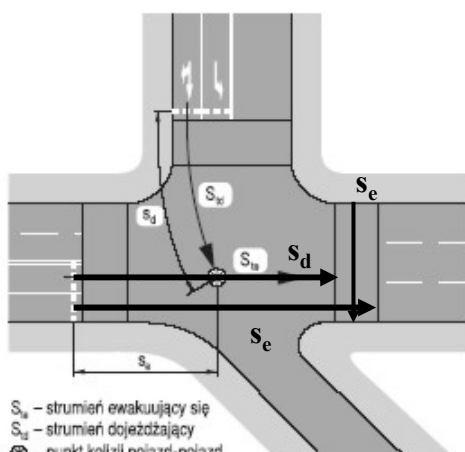
$S_e$  – strumień ewakuujący się  
 $S_d$  – strumień dojeżdżający  
 $\otimes$  – punkt kolizji pojazd-pojazd  
 $s_e$  – droga ewakuacji  
 $s_d$  – droga dojazdu

$$t_m = t_z + t_e - t_d$$

$$t_e = \frac{s_e + l_p}{v_e}$$

$$t_d = \frac{s_d}{v_d} + 1$$

### CZASY MIĘDZYZIELONE Z UDZIAŁEM PIESZYCH:



$S_e$  – strumień ewakuujący się  
 $S_d$  – strumień dojeżdżający  
 $\otimes$  – punkt kolizji pojazd-pojazd  
 $s_e$  – droga ewakuacji  
 $s_d$  – droga dojazdu

$v_e$  :

- dla pieszych = 1,4 m/s (1,0 m/s w przypadku przejść dla niepełnosprawnych),
- dla rowerzystów = 2,8 m/s

## Przykład obliczeń i macierzy czasów międzyzielonych

gr. ewak. (1)	gr. dojazd. (2)	tz (3)	se (4)	ve (5)	lp (6)	le (7)	sd (8)	vd (9)	a (10)	td1 (11)	td2 (12)	td (13)	tm (14)	po zaokr. (15)
K1	K2	3	6	13,8	10	1,2	15	19,4	3,5	1,8	3,1	1,8	2,4	3
K1	K4	3	11	13,8	10	1,5	5	19,4	3,5	1,3	1,9	1,3	3,3	4
K2	K1	3	15	14	10	1,6	6	13,8	3,5	1,4	2,1	1,4	3,4	4
K2	K3	3	6	14	10	1,1	10	13,8	3,5	1,7	2,6	1,7	2,4	3
K3	K2	3	6	13,8	10	1,4	6	19,4	3,5	1,3	2,1	1,3	3,1	4
K3	K4	3	5	13,8	10	1,1	10	19,4	3,5	1,5	2,6	1,5	2,6	3
K4	K1	3	5	14	10	1,1	11	13,8	3,5	1,8	2,7	1,8	2,3	3
K4	K3	3	10	14	10	1,4	5	13,8	3,5	1,4	1,9	1,4	3,1	4

	K1	K2	K3	K4	
K1		3		4	K1
K2	4		3		K2
K3		4		3	K3
K4	3		4		K4
	K1	K2	K3	K4	

Inżynieria ruchu, rozdział 8

15

## Przykład obliczeń czasów międzyzielonych z udziałem pieszych

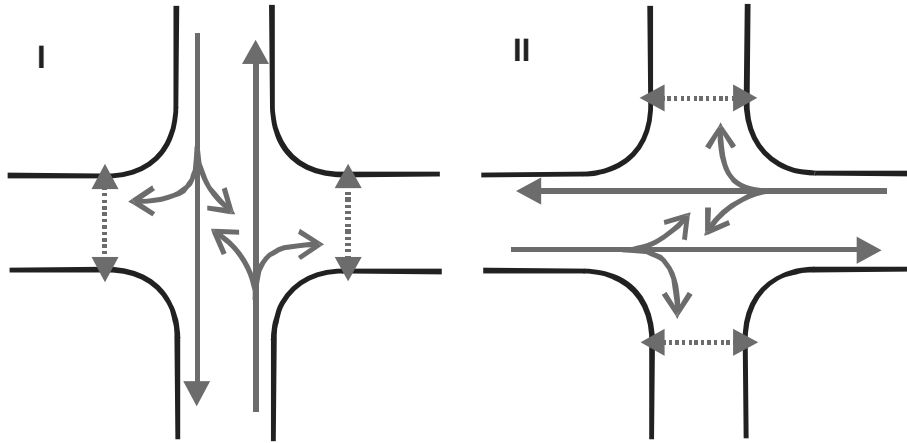
gr. ewak. (1)	gr. dojazd. (2)	tz (3)	se (4)	ve (5)	lp (6)	le (7)	sd (8)	vd (9)	a (10)	td1 (11)	td2 (12)	td (13)	tm (14)	po zaokr. (15)
K1a	K3b	3	23	13,9	10	2,4	22	13,9	3,5	2,6	3,7	2,6	2,9	3
K1b	K3a	3	18	13,9	10	2,0	24	13,9	3,5	2,7	3,8	2,7	2,3	3
K4a	K4a	3	15	13,9	10	1,8	15	13,9	3,5	2,1	3,1	2,1	2,7	3
K4b	K4b	3	30	13,9	10	2,9	17	13,9	3,5	2,2	3,3	2,2	3,7	4
K2	K3b	3	25	13,9	10	2,5	32	13,9	3,5	3,3	4,4	3,3	2,2	3
K4a	K4a	3	30	13,9	10	2,9	25	13,9	3,5	2,8	3,9	2,8	3,1	4
K3a	K1b	3	24	13,9	10	2,4	18	13,9	3,5	2,3	3,3	2,3	3,2	4
K4a	K4a	3	27	13,9	10	2,7	12	13,9	3,5	1,9	2,8	1,9	3,8	4
K3b	K1a	3	22	13,9	10	2,3	23	13,9	3,5	2,7	3,7	2,7	2,6	3
K2	K2	3	32	13,9	10	3,0	25	13,9	3,5	2,8	3,9	2,8	3,2	4
K4a	K4a	3	37	13,9	10	3,4	25	13,9	3,5	2,8	3,9	2,8	3,6	4
K1a	K1a	3	20	13,9	10	2,2	13	13,9	3,5	1,9	2,9	1,9	3,2	4
K1b	K1b	3	15	13,9	10	1,8	15	13,9	3,5	2,1	3,1	2,1	2,7	3
K2	K2	3	25	13,9	10	2,5	30	13,9	3,5	3,2	4,2	3,2	2,4	3
K3a	K3a	3	12	13,9	10	1,6	27	13,9	3,5	2,9	4,0	2,9	1,6	2
K3b	K3b	3	25	13,9	10	2,5	37	13,9	3,5	3,7	4,7	3,7	1,9	2
K4b	K1b	3	17	13,9	10	1,9	30	13,9	3,5	3,2	4,2	3,2	1,8	2
K1a	PR2	3	40	13,9	10	3,6						0,0	6,6	7
K1b	PR3	3	41	13,9	10	3,7						0,0	6,7	7
K2	PR2	3	10	13,9	10	1,4						0,0	4,4	5
K3a	PR3	3	12	13,9	10	1,6						0,0	4,6	5
K3b	PR4	3	37	13,9	10	3,4						0,0	6,4	7
K3b	PR3	3	12	13,9	10	1,6						0,0	4,6	5
K4a	PR4	3	10	13,9	10	1,4						0,0	4,4	5
K4b	PR3	3	27	13,9	10	2,7						0,0	5,7	6
K4b	PR4	3	11	13,9	10	1,5						0,0	4,5	5
PR2	K1a	0	8	1,4	0	5,7	32	13,9	3,5	3,3	4,4	3,3	2,4	3
K2	K2	0	8	1,4	0	5,7	2	13,9	3,5	1,1	1,4	1,1	4,6	5
PR3	K1b	0	11	1,4	0	7,9	31	13,9	3,5	3,2	4,3	3,2	4,6	5
K3a	K3a	0	11	1,4	0	7,9	2	13,9	3,5	1,1	1,4	1,1	6,7	7
K3b	K3b	0	11	1,4	0	7,9	2	13,9	3,5	1,1	1,4	1,1	6,7	7
K4b	K4b	0	11	1,4	0	7,9	18	13,9	3,5	2,3	3,3	2,3	5,6	6
PR4	K3a	0	12	1,4	0	8,6	28	13,9	3,5	3,0	4,1	3,0	5,6	6
K4a	K4a	0	12	1,4	0	8,6	2	13,9	3,5	1,1	1,4	1,1	7,4	8
K4b	K4b	0	12	1,4	0	8,6	2	13,9	3,5	1,1	1,4	1,1	7,4	8

Inżynieria ruchu, rozdział 8

16



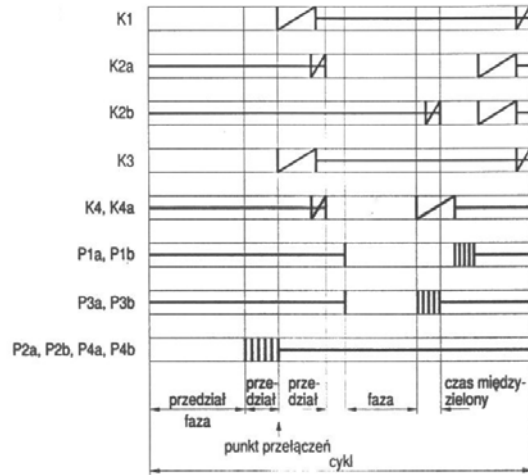
## Dwie fazy ruchu



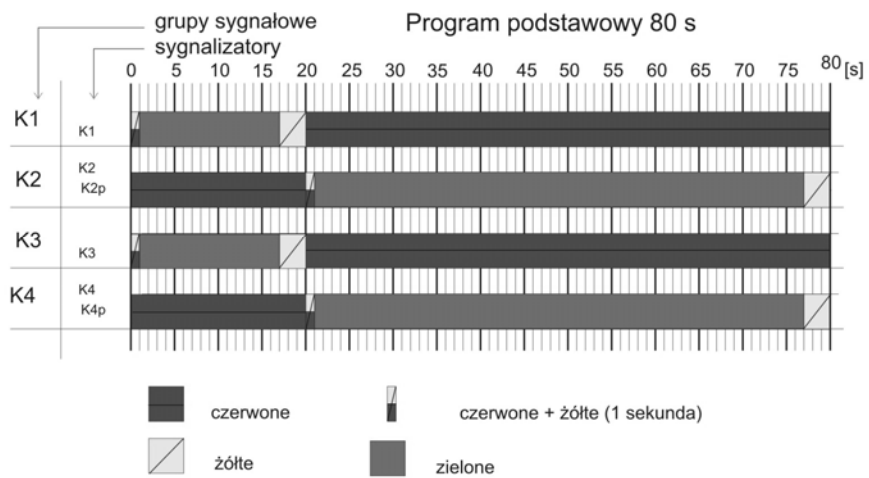
## Symbole sygnałów w wersji czarno- białej



## Program sygnalizacji (wersja czarno-biała)



## Program sygnalizacji (wersja kolorowa)

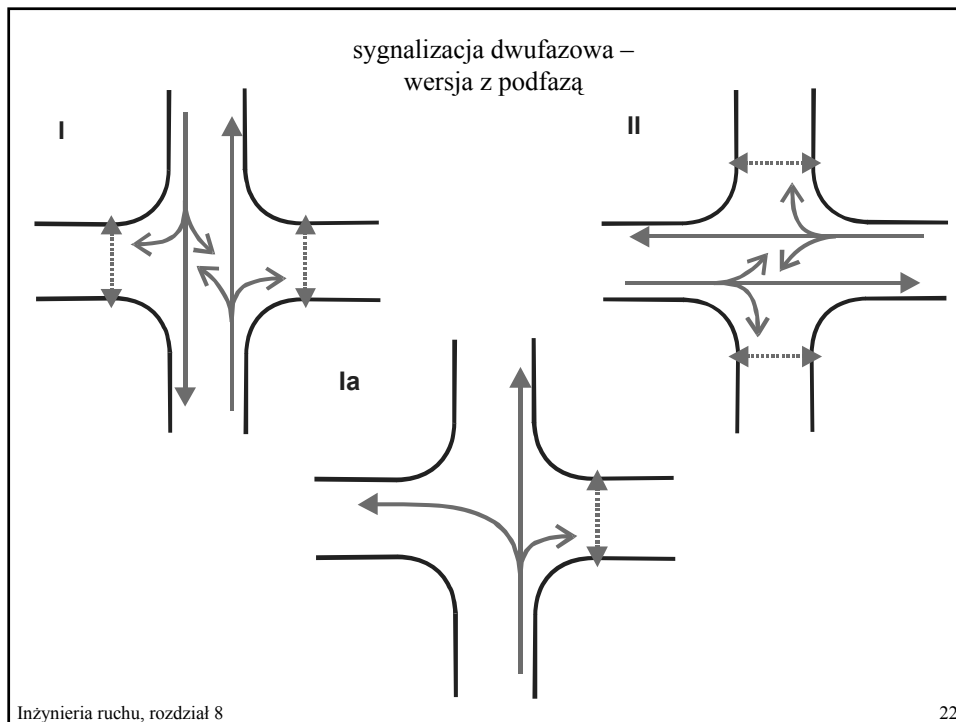


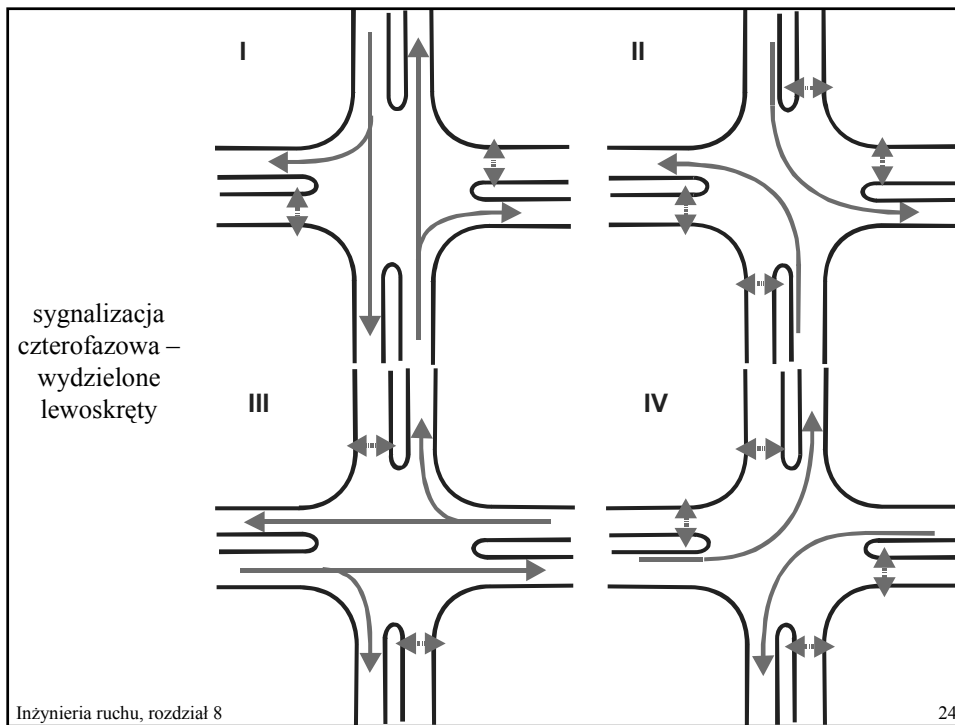
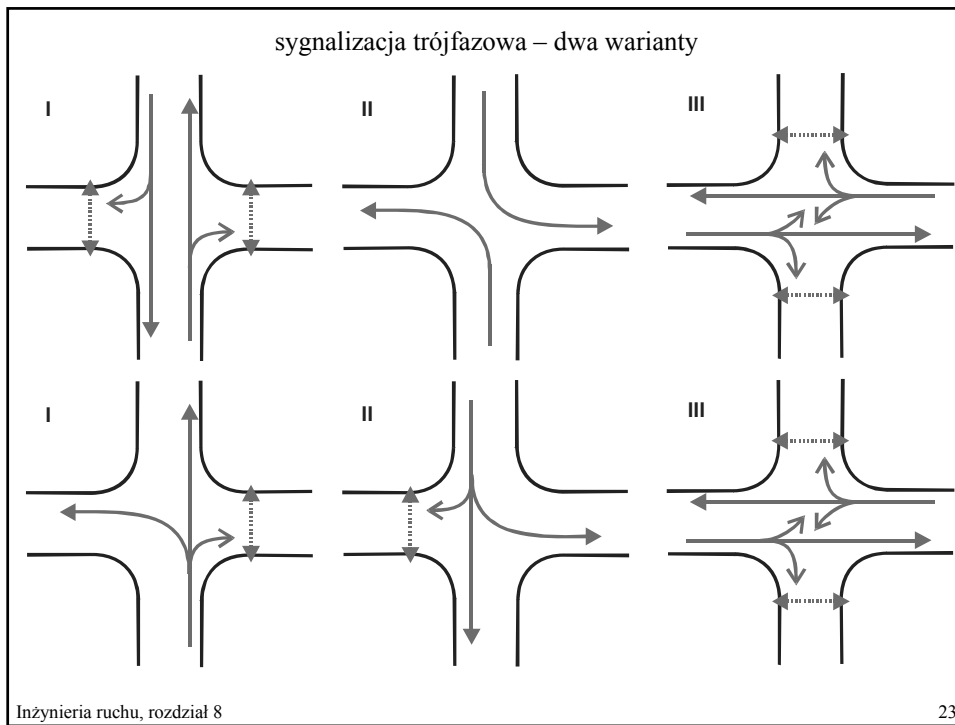


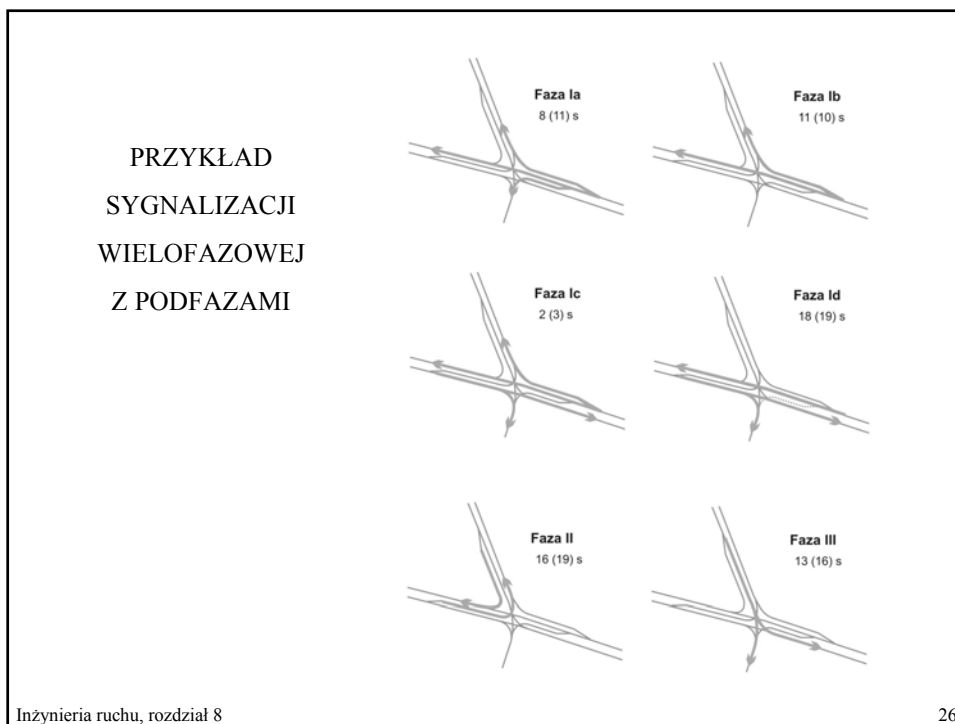
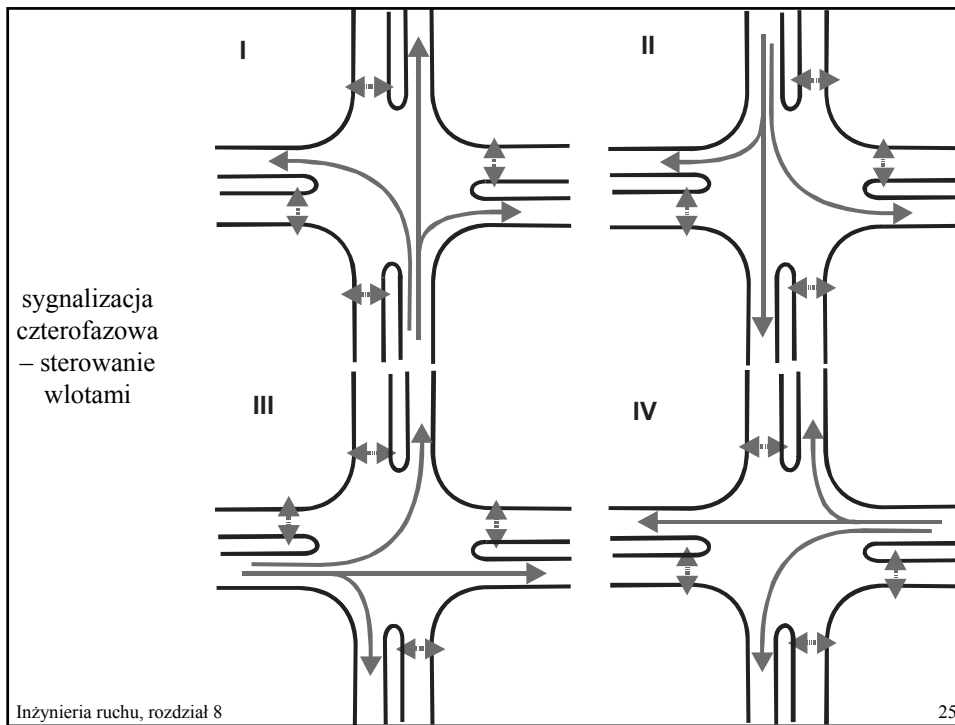
# INŻYNIERIA RUCHU

## rozdział 9 Sygnalizacje wielofazowe

WERSJA 2013







## Podstawowe pojęcia

Natężenie nasycenia -  
przykład dla relacji „na wprost”

$$S = [S_0 + 200 \cdot (w - 3,5) - 30 \cdot \delta_i \cdot i] \cdot \frac{1}{1 + u_c}$$

Obciążenie relacji (wlotu, fazy)

$$y = \frac{Q}{S}$$

Czynniki	Pasy z relacjami bezkolizyjnymi			Pasy z kolizyjnymi relacjami skrzyżnymi				
	W	L P	LW WP LWP	L	P	LW	WP	LWP
Szerokość pasa ruchu	●	●	●	○	○	●	●	●
Promień skrzyżtu		●	●	○	○	○	○	○
Spadek na wlocie	●	●	●	○	○	●	●	●
Położenie pasa na wlocie		●	●	○	○	○	○	○
Powierzchnia oczekiwania dla skrzyżtu w lewo lub w prawo				●	●	●	●	●
Udział pojazdów ciężkich	●	●	●	●	●	●	●	●
Natężenia strumienia priorytetowego pojazdów i/lub pieszych				●	●	●	●	●
Przystanki komunikacji zbiorowej	●		●			●	●	●
Krótki, dodatkowy pas ruchu	●	●	● WP	●	●		●	
Struktura kierunkowa ruchu			●			●	●	●
Długość sygnału zielonego	●	●	●	●	●	●	●	●
Ruch na sygnale dopuszczającym skrzyżcie w kierunku wskazanym strzałką		●	●		(○) <sup>1)</sup>		(○) <sup>1)</sup>	(○) <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> w analizie istniejących rozwiązań

Oznaczenia: ● – czynnik zalecany do uwzględnienia,  
○ – czynnik możliwy do uwzględnienia.

## Obliczanie długości cyklu

Wzór Webstera

$$T_C = \frac{1,5 \cdot t_o + 5}{1 - Y}$$

Dobór długości cyklu

$$T_C = 60 \div 120s$$

## Obliczanie długości faz

Podział względem stopni nasycenia

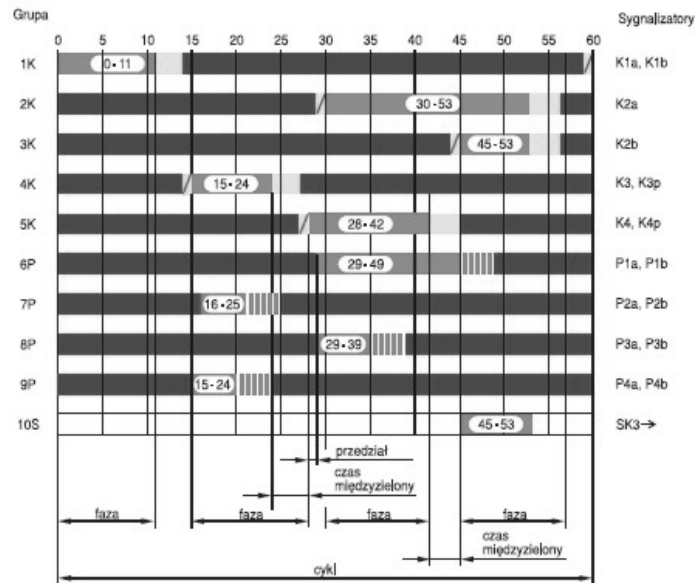
$$t_{zi} = T_Z \cdot \frac{y_i}{Y}$$

Długości minimalne

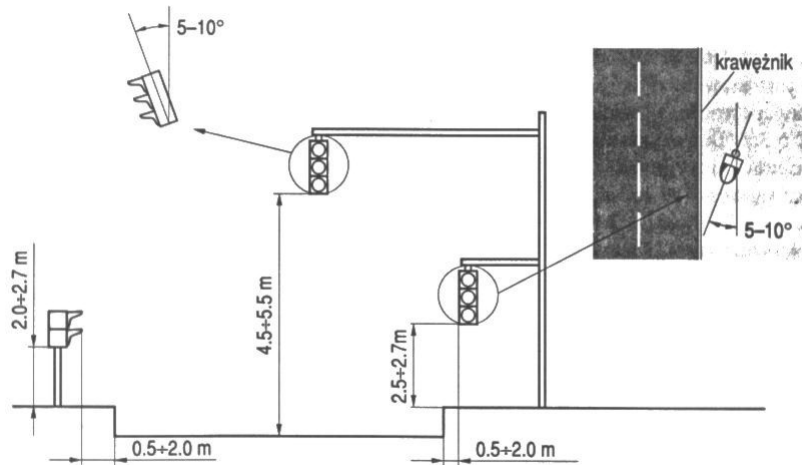
$$t_{z \min} = 8s$$

pokonanie przejścia przez pieszych

## PROGRAM SYGNALIZACJI W WERSJI KOLOROWEJ



## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW





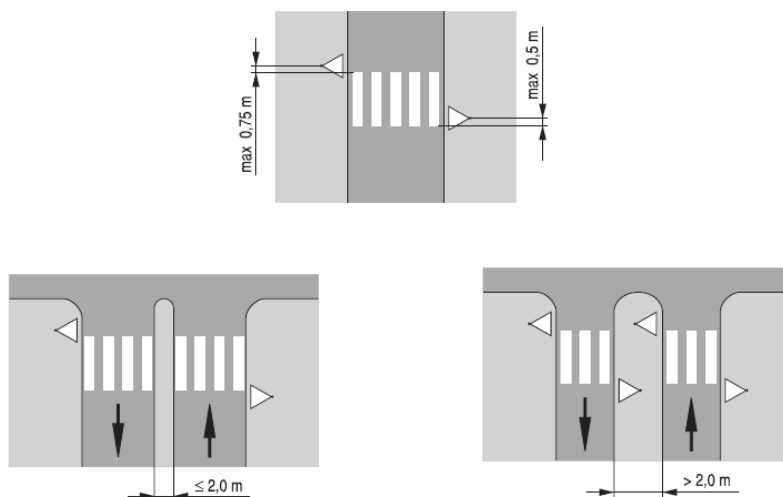
## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW

Lp.	Polożenie sygnalizatora i rodzaj skrajni	Wartość skrajni [m]		
		minimalna	zalecana	maksymalna
<b>I. Sygnalizatory obok jezdni</b>				
1.	Skrajnia pionowa w zależności od sposobu umieszczenia sygnalizatora – dla sygnalizatorów na maszcie – dla sygnalizatorów podwieszonych	2,0 2,5	2,2 2,5	2,7 2,7
2.	Skrajnia pionowa dla sygnalizatorów pomocniczych	0,8	1,2	1,5
3.	Skrajnia pozioma w stosunku do krawężnika na odcinkach dróg, na prostej i na łukach o promieniu $R \geq 100$ m – przy dopuszczalnej prędkości $v \leq 60$ km/h – przy dopuszczalnej prędkości $v > 60$ km/h	0,5 0,75	0,7 0,9	2,0 2,0
4.	Skrajnia pozioma w stosunku do krawężnika na łukach o promieniu $R < 100$ m – przy dopuszczalnej prędkości $v \leq 60$ km/h – przy dopuszczalnej prędkości $v > 60$ km/h	0,75 1,0	0,9 1,2	2,0 2,0
<b>II. Sygnalizatory nad jezdnią</b>				
5.	Skrajnia pionowa normalna	4,5	4,7	5,5
6.	Skrajnia pionowa podwyższona	5,5	5,5	6,0
<b>III. Sygnalizatory obok torowiska tramwajowego</b>				
7.	Skrajnia pozioma w stosunku do osi torów tramwajowych	1,7	2,0	3,2
8.	Skrajnia pozioma dla sygnalizatorów podwieszanych w stosunku do drutu jezdniego	2,5	2,5	4,0
9.	Skrajnia pionowa dla sygnalizatorów podwieszanych w stosunku do drutu jezdniego	1,0	1,5	2,0
10.	Skrajnia pionowa dla sygnalizatorów na maszcie	2,5	2,5	2,7

Inżynieria ruchu, rozdział 8

33

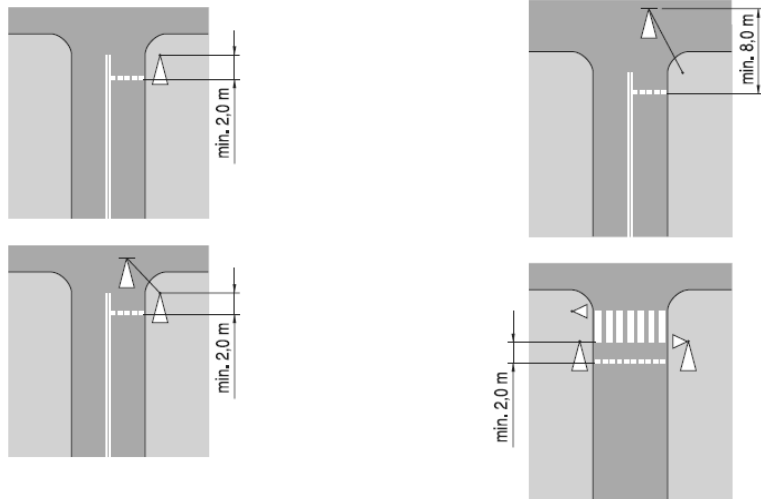
## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW



Inżynieria ruchu, rozdział 8

34

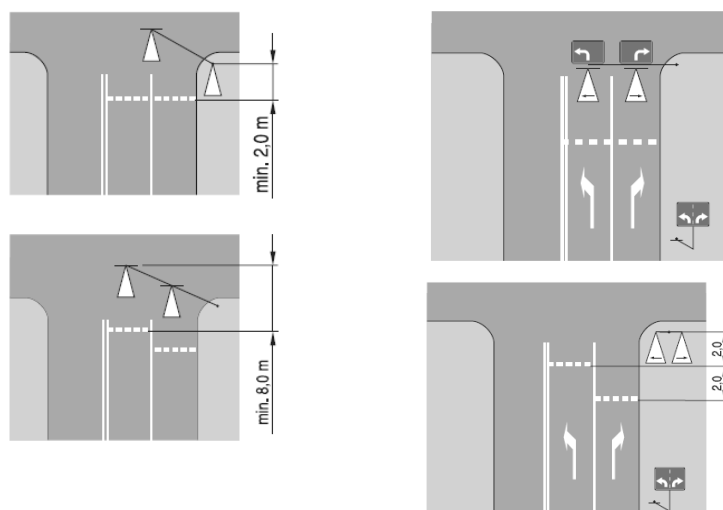
## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW



Inżynieria ruchu, rozdział 8

35

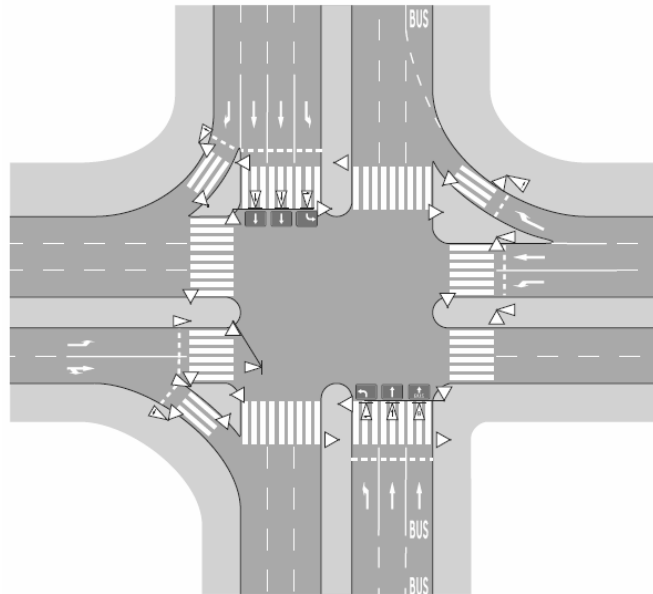
## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW



Inżynieria ruchu, rozdział 8

36

## LOKALIZACJA SYGNALIZATORÓW



Inżynieria ruchu, rozdział 8

37



## INŻYNIERIA RUCHU

rozdział 10

Wielkości oceny warunków ruchu

WERSJA 2013

## Sposoby organizacji ruchu na skrzyżowaniach - przypomnienie

1. Skrzyżowanie o wlotach równorzędnych
2. Skrzyżowanie z wyznaczoną drogą (relacją) z pierwszeństwem przejazdu
3. Rondo
4. Skrzyżowanie wyposażone w sygnalizację świetlną (sterującą ruchem)

## Inne terminy związane z oceną warunków ruchu dla skrzyżowań

Rezerwa przepustowości:

$$\Delta C = C - Q$$

Stopecień wykorzystania przepustowości:

$$X = \frac{Q}{C}$$

## Komplet wielkości do oceny warunków ruchu

włot/ relacja	$Q$	$G_e$	$\lambda$	$S$	$C$	$\Delta C$	$X$	$d$	PSR
	[P/h]	[s]	-	[P/h]	[P/h]	[P/h]	-	[s]	-

Uwaga: nie wszystkie wielkości występują w każdym typie skrzyżowania

## POZIOM SWOBODY RUCHU - PSR

**Poziom swobody ruchu** - jakościowa miara warunków ruchu uwzględniająca odczucia użytkowników ruchu drogowego.

**Warunki ruchu:**

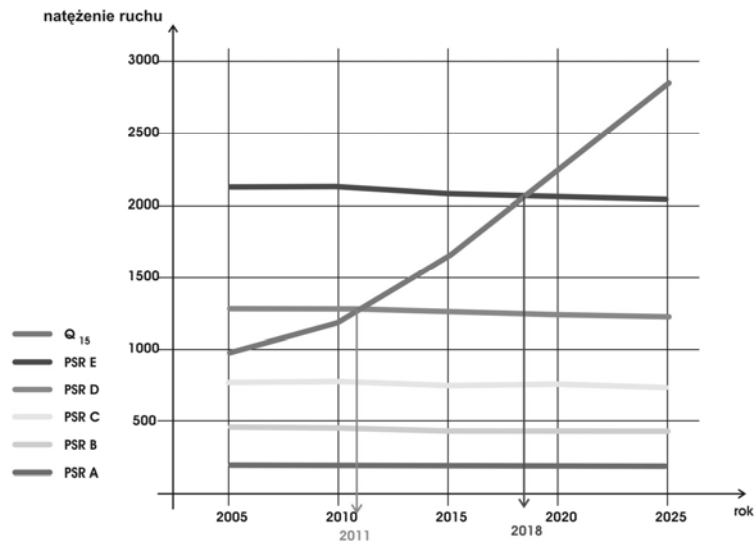
**PSR I** – bardzo dobre

**PSR II** - dobre

**PSR III** - przeciętne

**PSR IV** - złe

## Przykład PSR



## PRZEPUSTOWOŚĆ DROGI

**Przepustowość możliwa** -  $[C_m]$  największa liczba pojazdów osobowych jaka może w idealnych warunkach geometrycznych i ruchowych przejechać przez przekrój jezdni.

**Przepustowość rzeczywista** -  $[C_{wr}]$  obliczona dla określonych warunków geometrycznych i ruchowych.

**Krytyczne natężenie ruchu** - natężenie po przekroczeniu którego warunki ruchu będą gorsze od ustalonych dla danego poziomu swobody ruchu.

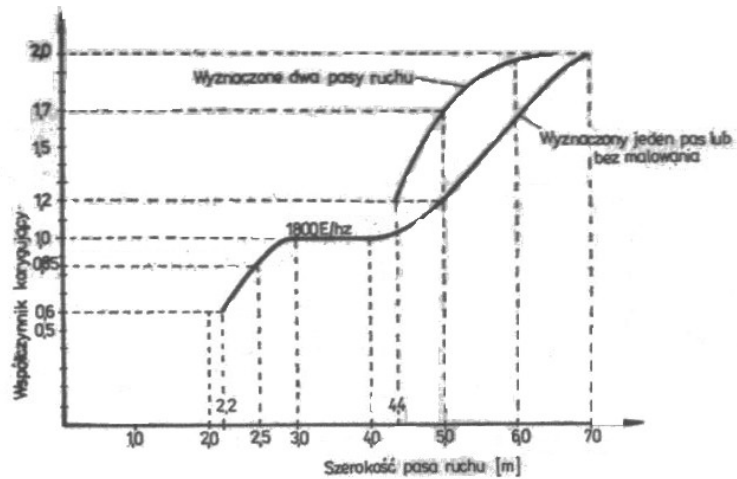
## Obliczanie przepustowości

$$C = C_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \cdot f_n$$

## Parametry wpływające na przepustowość

- szerokość pasa ruchu i poboczy, rodzaj poboczy
- liczba pasów ruchu
- struktura kierunkowa ruchu
- struktura rodzajowa ruchu
- pochylenie podłużne jezdni (typ terenu)
- promień łuków poziomych
- przeszkody boczne i inne elementy towarzyszące
- lokalizacja
- organizacja ruchu
- widoczność
- elementy blokujące
- natężenie ruchu relacji nadrzędnych
- natężenie ruchu badanej relacji
- czas reakcji kierowców
- długość (udział) sygnału zielonego

## Przykład wpływu szerokości



## Przykład wpływu struktury rodzajowej ruchu

$$f_C = [1 + u_C (E_C - 1)]^{-1}$$

Rodzaj pojazdu	Oznaczenie	Wartość współczynnika przeliczeniowego
Samochody osobowe i mikrobusy	$E_o$	1,0
Samochody ciężarowe i autobusy	$E_c$	1,7
Samochody ciężarowe z przyczepami lub naczepami, autobusy przegubowe	$E_{cp}$	2,5
Motocykle i rowery	$E_{mr}$	0,5



## Podstawowe instrukcje do oceny warunków ruchu

Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board, [www.trb.org](http://www.trb.org)

Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Instrukcja obliczania, GDDKiA Warszawa 2004

Metoda obliczania przepustowości rond. Instrukcja obliczania, GDDKiA Warszawa 2004

Metoda obliczania przepustowości skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej. Instrukcja obliczania, GDDKiA Warszawa 2004

Instrukcja obliczania przepustowości dróg zamiejskich, GDDP Warszawa 1991

Instrukcja obliczania przepustowości dróg I i II klasy technicznej (autostrady i drogi ekspresowe)", GDDP Warszawa 1995

## Wielkości w oparciu o które ustala się PSR dla skrzyżowań

straty czasu (d)

PSR	Średnie straty czasu [s]	
	Skrzyżowanie wyposażone w sygnalizację	Skrzyżowanie bez sygnalizacji lub rondo
I	$\leq 20$	$\leq 15$
II	$20 \div 45$	$15 \div 30$
III	$45 \div 80$	$30 \div 50$
IV	$> 80$	$> 50$



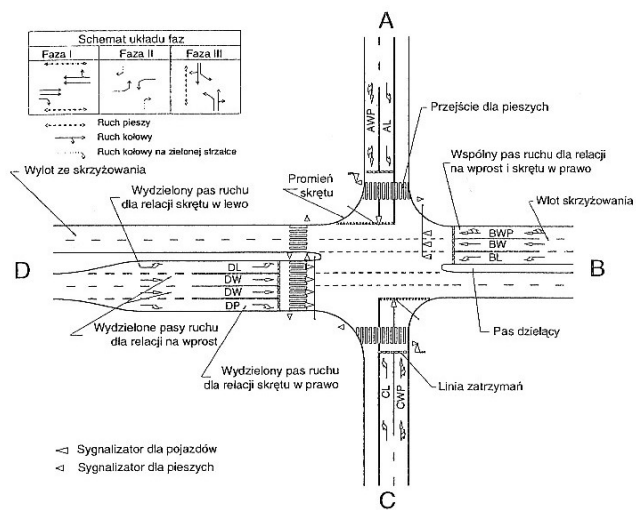
# INŻYNIERIA RUCHU

## rozdział 11

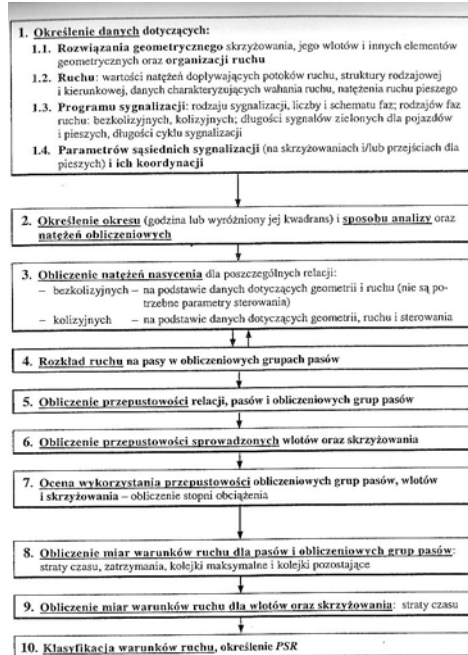
### Ocena warunków ruchu dla skrzyżowań z sygnalizacją

WERSJA 2013

## Elementy skrzyżowania wyposażonego w sygnalizację



## Procedura oceny warunków ruchu



Czynniki	Pasy z relacjami bezkolizyjnymi			Pasy z kolizyjnymi relacjami skrętnymi				
	W	L P	LW WP LWP	L	P	LW	WP	LWP
Szerokość pasa ruchu	●	●	●	○	○	●	●	●
Promień skrętu		●	●	○	○	○	○	○
Spadek na wlocie	●	●	●	○	○	●	●	●
Położenie pasa na wlocie		●	●	○	○	○	○	○
Powierzchnia oczekiwania dla skrętu w lewo lub w prawo				●	●	●	●	●
Udział pojazdów ciężkich	●	●	●	●	●	●	●	●
Natężenia strumienia priorytetowego pojazdów i/lub pieszych				●	●	●	●	●
Przystanki komunikacji zbiorowej	●		●			●	●	●
Krótki, dodatkowy pas ruchu	●	●	● WP	●	●		●	
Struktura kierunkowa ruchu			●			●	●	●
Długość sygnału zielonego	●	●	●	●	●	●	●	●
Ruch na sygnale dopuszczającym skręcanie w kierunku wskazanym strzałką		●	●		(O) <sup>1)</sup>		(O) <sup>1)</sup>	(O) <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> w analizie istniejących rozwiązań

Oznaczenia: ● – czynnik zalecany do uwzględnienia,  
○ – czynnik możliwy do uwzględnienia.

### Dodatkowe wielkości występujące dla skrzyżowań wyposażonych w sygnalizację

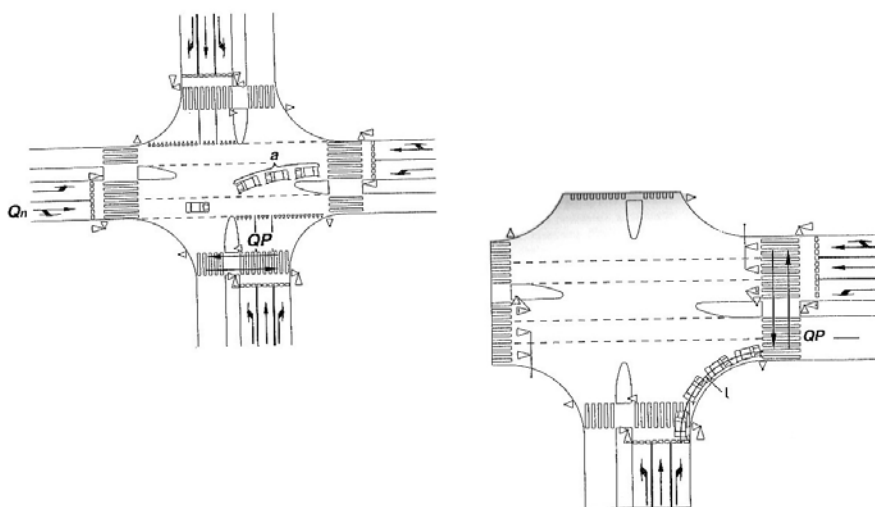
$$C = S \cdot \frac{G_e}{T}$$

↳ Natężenie nasycenia

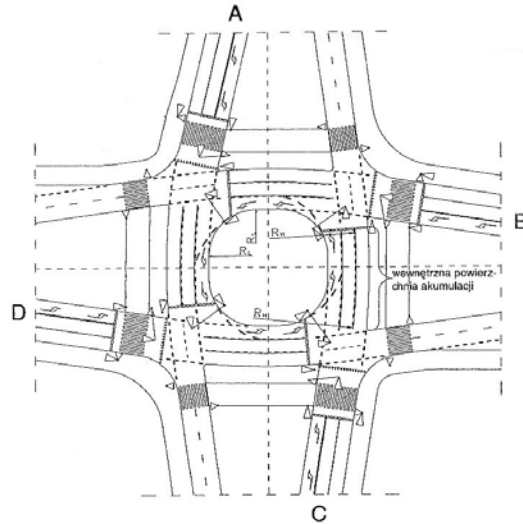
Rodzaj relacji	$S$ [E/hz]	
Na wprost	1900	
Bezkolizyjna w lewo	1750	
Bezkolizyjna w prawo	1600	
Kolizyjna z pojazdami z przeciwnego wlotu: - skręt w lewo na pasie niewdzielonym, - skręt w lewo na pasie wydzielonym	$n = 1$ $1400 - 1,75 Q_n$	$n > 1$ $1500 \cdot e^{-\frac{Q_n}{750}}$
	$1620 - 1,75 Q_n$	$1500 \cdot e^{-\frac{Q_n}{750}} + 250$
Kolizyjna z pieszymi na skrzyżowaniu położonym w: - centrum, ulice handlowe, - poza centrum i przy małym ruchu pieszych	800	
	1300	

$n$  – liczba pasów ruchu z potokiem nadrzędnym,  $Q_n$  – natężenie relacji nadrzędnej

### Wpływ relacji skrętnych



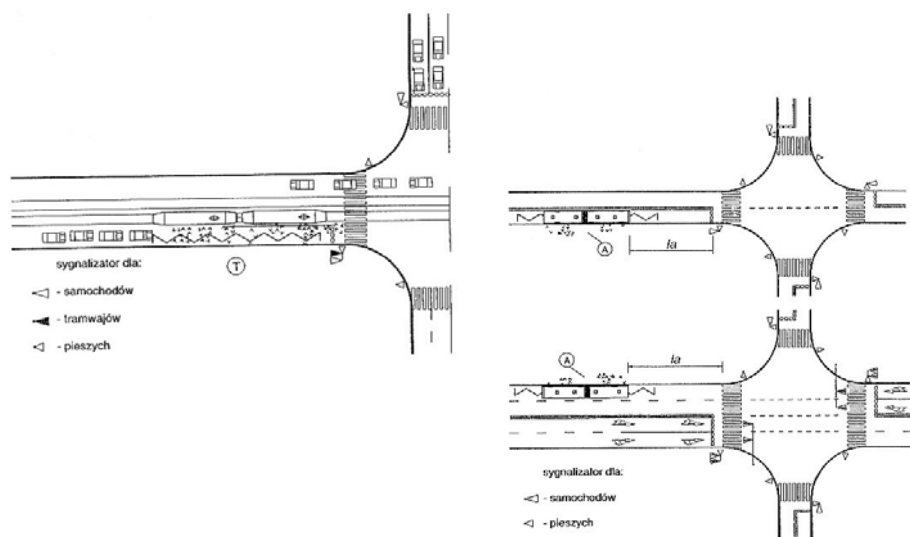
## Wpływ powierzchni akumulacji



Inżynieria ruchu, rozdział 8

57

## Wpływ przystanków



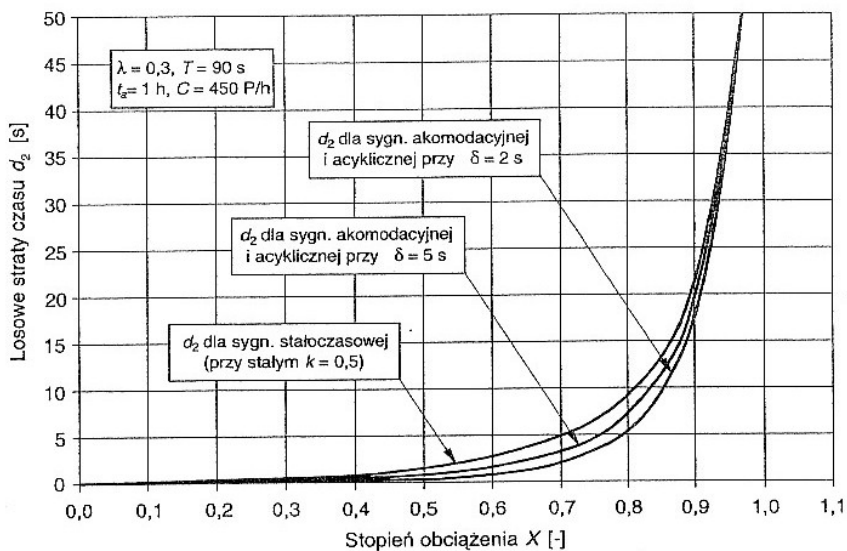
Inżynieria ruchu, rozdział 8

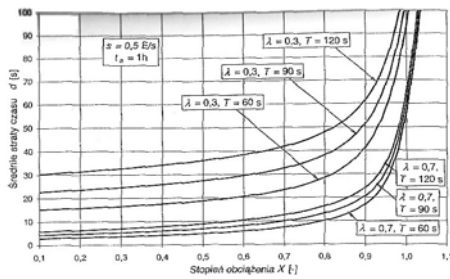
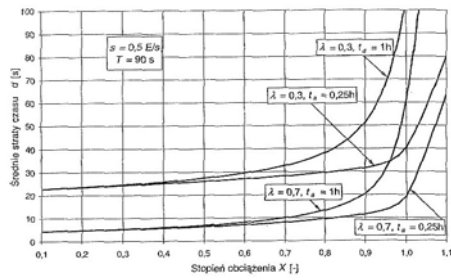
58

Straty czasu  $d = f_k \cdot d_1 + d_2$

$$d_1 = \frac{T}{2} \cdot \frac{(1-\lambda)^2}{1 - [\min\{1, X\} \cdot \lambda]} \quad d_2 = 900 \cdot t_a \cdot \left[ (X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \frac{7 \cdot r_s \cdot w_s \cdot X^2}{C \cdot t_a}} \right]$$

- $d$  – średnie straty czasu [s/P],
- $d_1$  – straty czasu wynikające z zatrzymań na sygnale czerwonym (tzw. regularne straty czasu zakładające stały dopływ, z jednakowymi odstępami między pojazdami) [s/P],
- $d_2$  – straty czasu wynikające z losowych wahań ruchu i okresowych przeciążeń obliczeniowych grup pasów [s/P],
- $f_k$  – współczynnik koordynacji sygnalizacji wyznaczany wg wzoru (6.4),
- $\lambda = G_r / T$  – udział efektywnego sygnału zielonego  $G_r$  w cyklu sygnalizacji  $T$ ,
- $C$  – przepustowość obliczeniowej grupy pasów [P/h],
- $t_a$  – okres analizy w [h], obejmujący okres czasu o stałej wartości natężenia strumienia dopływającego, przyjęty zgodnie z przesłankami podanymi w p. 3.2,
- $C \cdot t_a$  – maksymalna liczba pojazdów, jaka może być obsłużona w okresie  $t_a$ ,
- $X = Q / C$  – stopień obciążenia analizowanej obliczeniowej grupy pasów,
- $r_s$  – współczynnik uwzględniający rodzaj sterowania,
- $w_s$  – współczynnik uwzględniający obecność sąsiednich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną.





PSR	Średnie straty czasu [s]
I	$\leq 20$
II	20 ÷ 45
III	45 ÷ 80
IV	> 80

Dla porównania:

PSR	Średnie straty czasu [s]
I	$\leq 20$
II	20 ÷ 45
III	45 ÷ 80
IV	> 80

EXHIBIT 16-2. LOS CRITERIA FOR SIGNALIZED INTERSECTIONS

LOS	Control Delay per Vehicle (s/veh)
A	$\leq 10$
B	> 10-20
C	> 20-35
D	> 35-55
E	> 55-80
F	> 80



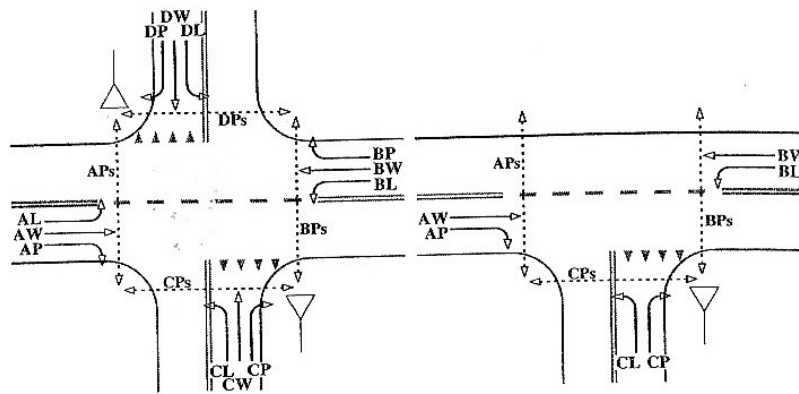
# INŻYNIERIA RUCHU

## rozdział 12

### Ocena warunków ruchu dla skrzyżowań bez sygnalizacji

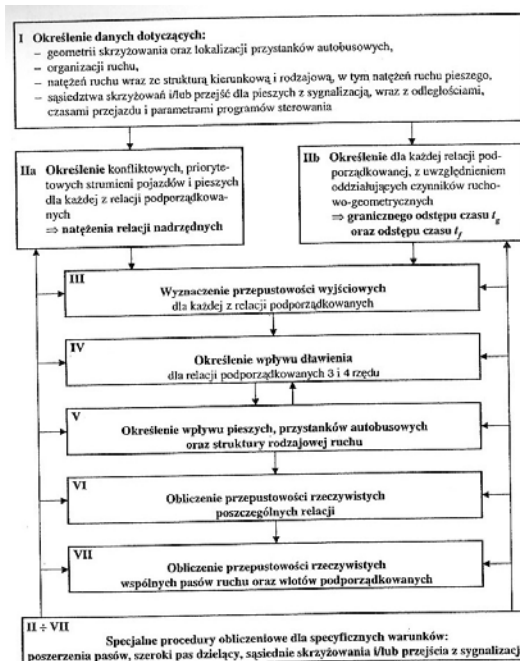
WERSJA 2013

### Wloty i relacje podporządkowane





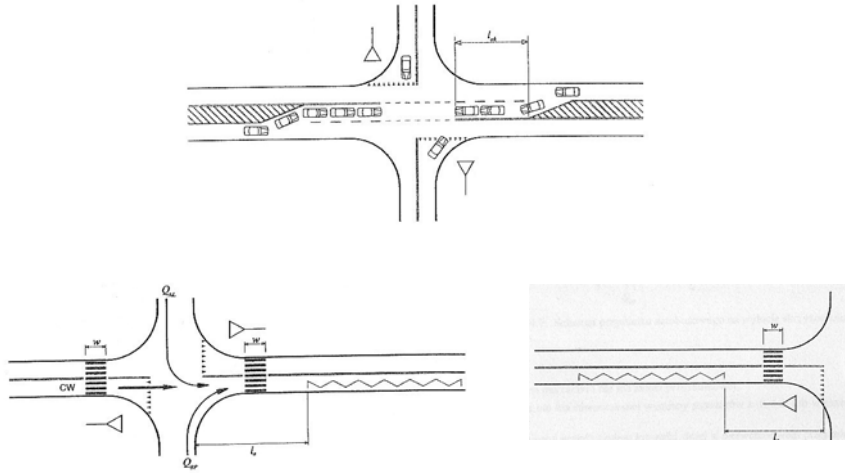
## Procedura oceny warunków ruchu



## Relacje nadrzędne

Rodzaj relacji podporządkowanej	Ilustracja i natężenia relacji nadrzędnych	
1. Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu BL, AL		
2. Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP, DP		
3. Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW, DW		
4. Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL, DL		

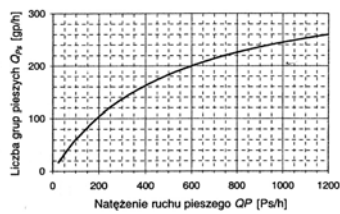
## Wpływ dodatkowych czynników



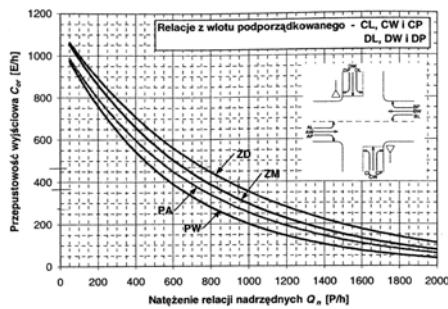
Inżynieria ruchu, rozdział 8

67

## Przepustowość wyjściowa



$$C_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left( t_g \frac{t_f}{2} \right)}$$



$$C_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left( t_g \frac{t_f}{2} \right)}$$

Inżynieria ruchu, rozdział 8

68

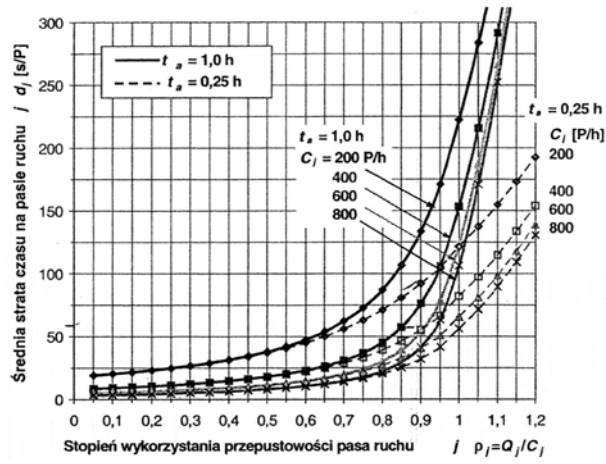
$t_g$ 

Relacja podporządkowana	Teren zabudowy				Poza terenem zabudowy	
	Miejscowości do 30 tys. mieszk.		Miejscowości powyżej 30 tys. mieszk.		W strefie dużych aglomeracji	Pozostałe
	Liczba pasów nadrzędnych					
	1	2	1	2		
Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL	5,6	6,1	5,2	5,7	5,7	6,1
Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP i DP	6,0		5,4		6,5	7,3
Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW i DW	6,1		5,5		6,5	7,0
Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL i DL	6,3		5,6		6,6	7,4

 $t_f$ 

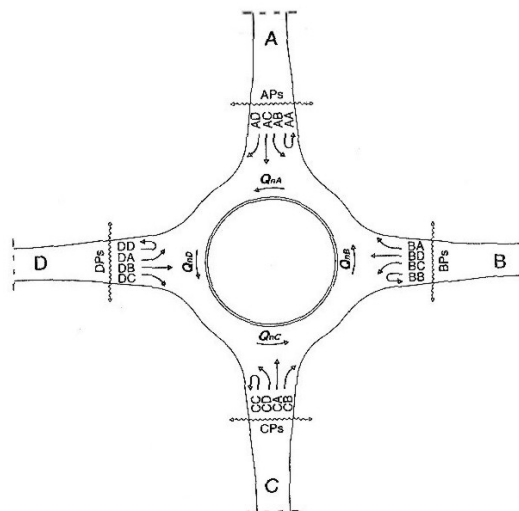
Relacja podporządkowana	Teren zabudowy	Poza terenem zabudowy	
		Znak A-7	Znak B-20
Relacja skrętu w lewo z drogi z pierwszeństwem przejazdu AL i BL	2,5	2,7	
Relacja skrętu w prawo z wlotu podporządkowanego CP i DP	3,1	3,1	3,7
Relacja na wprost z wlotu podporządkowanego CW i DW	3,3	3,5	4,0
Relacja skrętu w lewo z wlotu podporządkowanego CL i DL	3,2	3,4	3,8

## Straty czasu

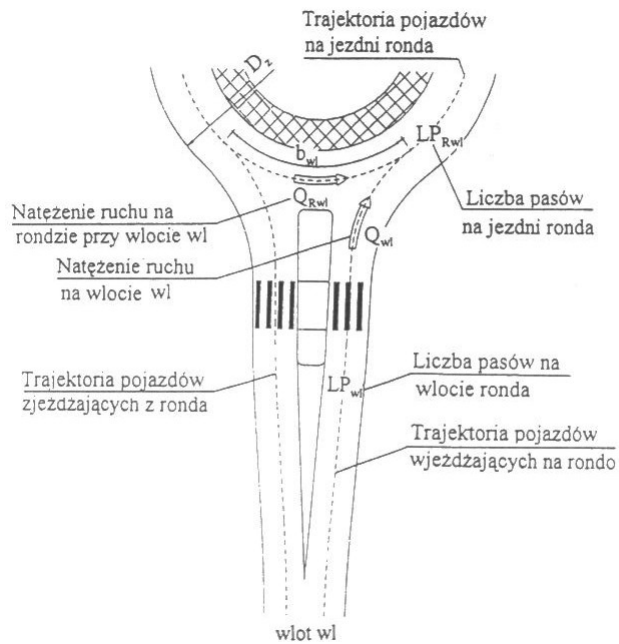


PSR	Średnie straty czasu [s]
I	$\leq 15$
II	15 ÷ 30
III	30 ÷ 50
IV	> 50

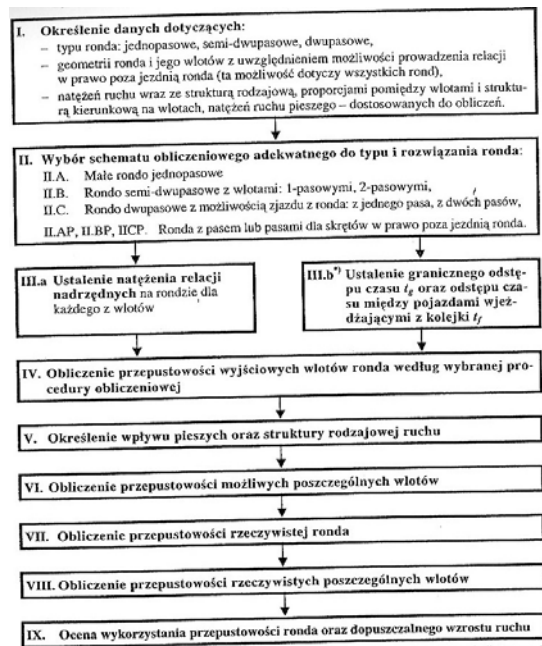
## Wloty na rondo



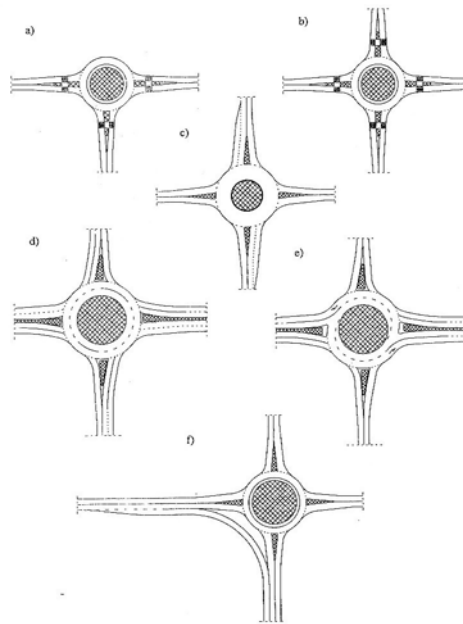
## Parametry związane z rondem



## Procedura oceny warunków ruchu



## Typy rond



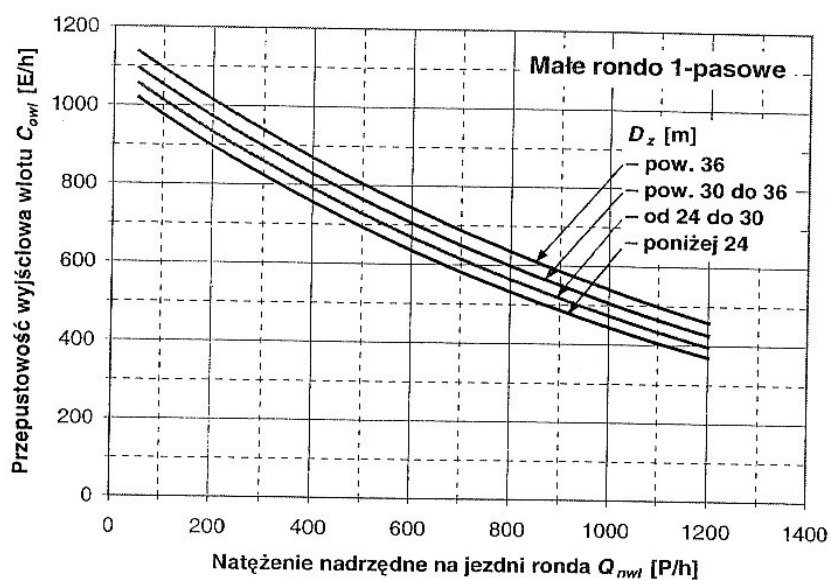
## Relacje nadrzędne

Symbol	Opis	Schemat
R1	<p>Wlot ronda jednopasowego</p> <p><math>C_{wlot}</math> – wzór (4.1), wykres rys. 4.2</p> <p>dane: <math>Q_{wlot}</math>, <math>D_z</math></p>	
RS1	<p>Wlot jednopasowy ronda semi-dwupasowego</p> <p><math>C_{wlot}</math> – wzór (4.2), wykres rys. 4.3</p> <p>dla jednego pasa na wlocie</p> <p>Dane: <math>Q_{wlot}</math>, 1 pas na wlocie</p>	
RS2	<p>Wlot dwupasowy ronda semi-dwupasowego</p> <p><math>C_{wlot}</math> – wzór (4.2), wykres rys. 4.3</p> <p>dla 2 pasów na wlocie i danego <math>m_l</math></p> <p>Dane: <math>Q_{wlot}</math>, <math>m_l</math></p>	
R21	<p>Wlot ronda dwupasowego, zjazd tylko z zewnętrznego pasa ronda</p> <p><math>C_{wlot}</math> – wzór (4.3), wykres rys. 4.4</p> <p>Dane: <math>Q_{wlot}</math></p>	
R22	<p>Wlot ronda dwupasowego, zjazd z obu pasów ronda</p> <p><math>C_{wlot}</math> – wzór (4.3), wykres rys. 4.4</p> <p>Dane: <math>Q_{wlot}</math></p>	

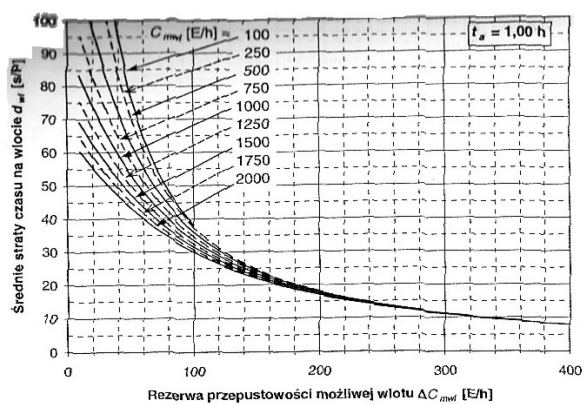
## Przepustowość wyjściowa

$$C_0 = \frac{Q_n \cdot \exp(-0,95 \cdot \frac{Q_n \cdot t_g}{3600})}{1 - \exp(-1,10 \cdot \frac{Q_n \cdot t_f}{3600})}$$

Średnica $D_z$ [m]	< 24	24 ÷ 30	30 ÷ 36	> 36
Ostęp $t_g$ [s]	5,0	4,8	4,6	4,5
Ostęp $t_f$ [s]	3,0	2,9	2,8	2,7



## Straty czasu



PSR	Średnie straty czasu [s]
I	$\leq 15$
II	15 ÷ 30
III	30 ÷ 50
IV	> 50

## Dla porównania

PSR	Średnie straty czasu [s]
I	$\leq 15$
II	15 ÷ 30
III	30 ÷ 50
IV	> 50

Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50
F	> 50





# INŻYNIERIA RUCHU

## rozdział 13

### Ocena warunków ruchu na węzłach drogowych

#### Przykłady oceny

WERSJA 2013

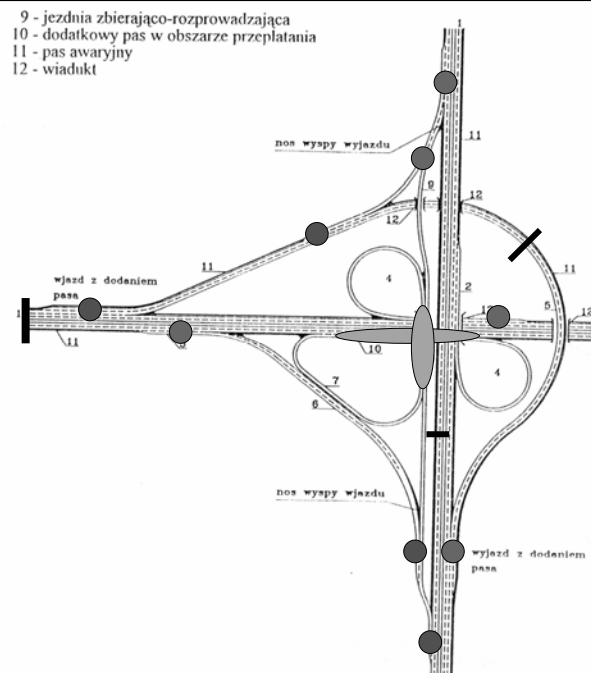
#### Elementy węzła podlegające ocenie warunków ruchu:

Odcinki „międzywęzłowe”

Odcinki przeplatania

Zjazdy (pasy wyłączenia)

Wjazdy (pasy włączenia)



### Wpływ pojazdów ciężkich oraz nierównomierności ruchu

$$f_C = [1 + u_C (E_C - 1)]^{-1}$$

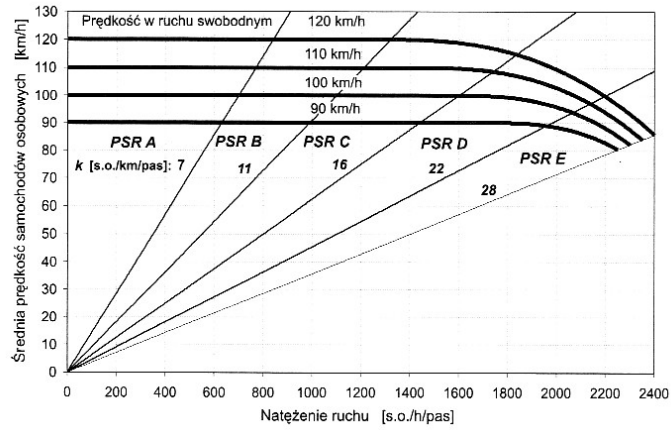
$$Q_0 = \frac{Q_m}{k_{15}}$$

$$k_{15} = \frac{Q}{4 \cdot q_{15}^{\max}}$$

### Odcinki międzywęzłowe dróg ruchu szybkiego

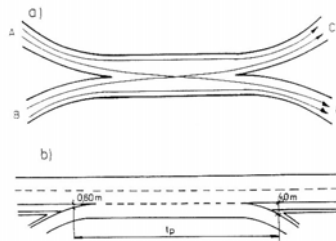
PSR	maksymalna $k_0$ [E/km/pas]	minimalna $V$ [km/h]	$Q_k$ [E/h/pas]	maksymalne $Q/C$
Prędkość ruchu swobodnego $V_s = 120$ km/h				
A	6	120	720	0,33
B	10	120	1200	0,55
C	15	114	1710	0,78
D	20	105	2100	0,95
E	21,5	102	2200	1,00
F	zmienna	zmienna	zmienne	zmienne
Prędkość ruchu swobodnego $V_s = 100$ km/h				
A	6	100	600	0,27
B	10	100	1000	0,45
C	15	100	1500	0,68
D	20	96	1910	0,87
E	25,3	87	2200	1,00
F	zmienna	zmienna	zmienne	zmienne

### Odcinki międzywęzłowe dróg ruchu szybkiego – c.d.



### Odcinki przeplatania

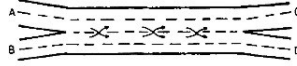
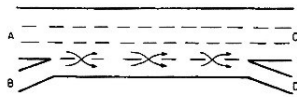
$$V = 24 + \frac{80}{1 + a \cdot \left(1 + \frac{Q_p}{Q}\right)^b \cdot \left(\frac{Q}{n}\right)^c \cdot (3,3 \cdot l_p)^d}$$



PSR	minimalna $V_w$ [km/h]	minimalna $V_n$ [km/h]
A	88	97
B	80	87
C	72	77
D	64	68
E	56	56
F	< 56	< 56

### Odcinki przeplatania – c.d.

Typ A



Typ B



Typ C

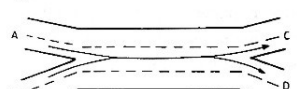
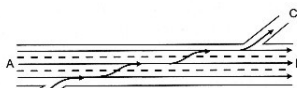
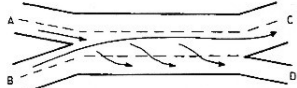
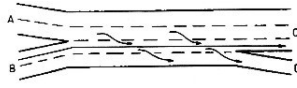
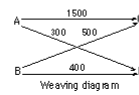
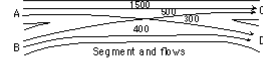
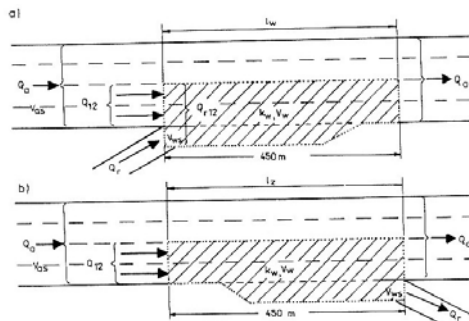


EXHIBIT 2-4-4. CONSTRUCTION AND USE OF WEAVING DIAGRAMS



### Wjazdy i zjazdy

$$k = 3,403 + 0,00456 \cdot Q_r + 0,00485 \cdot Q_{12} - 0,0128 \cdot l_w$$

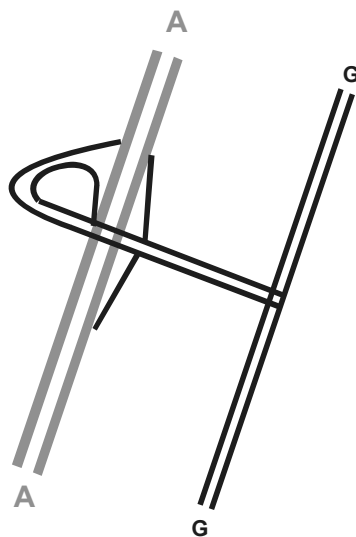


$$k = 2,643 + 0,00534 \cdot Q_{12} - 0,0183 \cdot l_z$$

### Wjazdy i zjazdy –c.d.

PSR	maksymalna $k$ [E/km/pas]	minimalna $V$ [km/h]
A	6,0	93
B	12,5	90
C	17,5	83
D	22,0	74
E	25,0 ÷ 27,5	67
F	> 23,0	< 67

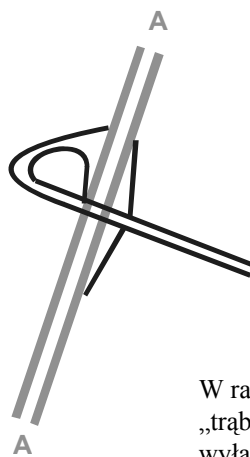
### Przykłady



Dane „startowe”:

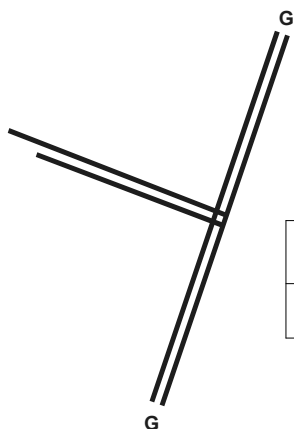
- Konfiguracja węzeł / skrzyżowanie
- Struktura kierunkowa ruchu
- Udział pojazdów ciężkich

### Elementy węzła do oceny warunków ruchu



W ramach węzła typu „trąbka” wystąpią: 2 pasy wyłączenia i 2 pasy włączenia

### Skrzyżowanie jako wlot podporządkowany



Warunki ruchu wyznaczamy dla trzech relacji: oba skręty z wlotu podporządkowanego oraz lewoskręt z drogi głównej.

wlot/ relacja	$Q$ [E/h]	$Q_n$ [E/h]	$t_g$ [s]	$t_f$ [s]	$C$ [E/h]	$\Delta C$ [P/h]	$X$ -	$d$ [s]	$PSR$ -

### Skrzyżowanie jako wlot podporządkowany – c.d.

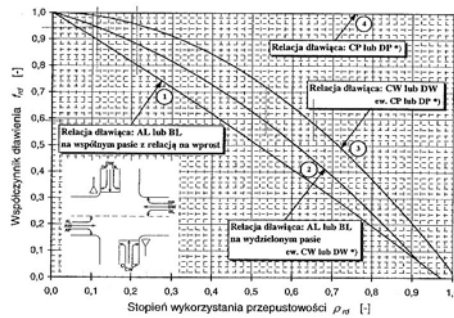
W lewo:

$$C_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,10 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

W prawo:

$$C_0 = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-1,07 \cdot \frac{Q_n}{3600} \left( t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$$

$$\rho_d = \frac{Q_L}{C_L}$$



Inżynieria ruchu, rozdział 8

93

### Skrzyżowanie jako rondo

Zakładamy rondo jednopasowe. Warunki ruchu wyznaczamy dla czterech relacji – każdego z wlotów.

wlot/ relacja	$Q$ [E/h]	$Q_n$ [E/h]	$t_g$ [s]	$t_f$ [s]	$C$ [E/h]	$\Delta C$ [P/h]	$X$ -	$d$ [s]	$PSR$ -

$$C_0 = \frac{Q_n \cdot \exp\left(-0,95 \cdot \frac{Q_n \cdot t_g}{3600}\right)}{1 - \exp\left(-1,10 \cdot \frac{Q_n \cdot t_f}{3600}\right)}$$

Inżynieria ruchu, rozdział 8

94

### Skrzyżowanie wyposażone w sygnalizację trójfazową

Dla każdej relacji należy obliczyć wielkości według zestawienia:

wlot/ relacja	$Q$	$G_e$	$\lambda$	$S$	$C$	$\Delta C$	$X$	$d$	$PSR$
	[E/h]	[s]	-	[E/h]	[E/h]	[E/h]	-	[s]	-

$$d = \frac{T_c}{2} \cdot \frac{(1 - \lambda)^2}{1 - (X \cdot \lambda)} + 900 \cdot \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{3,5 \cdot X^2}{C}} \right]$$