# Transport Szynowy w Aglomeracjach

Wykład dla drugiego stopnia studiów (magisterskie), specjalność ITS

**TSA_07**

Dr hab. inż. Maciej Kruszyna, profesor uczelni

współpraca: pracownicy Zespołu Kolei i Systemów Transportu, Katedra Dróg, Mostów, Kolei i Lotnisk

# Priorytety

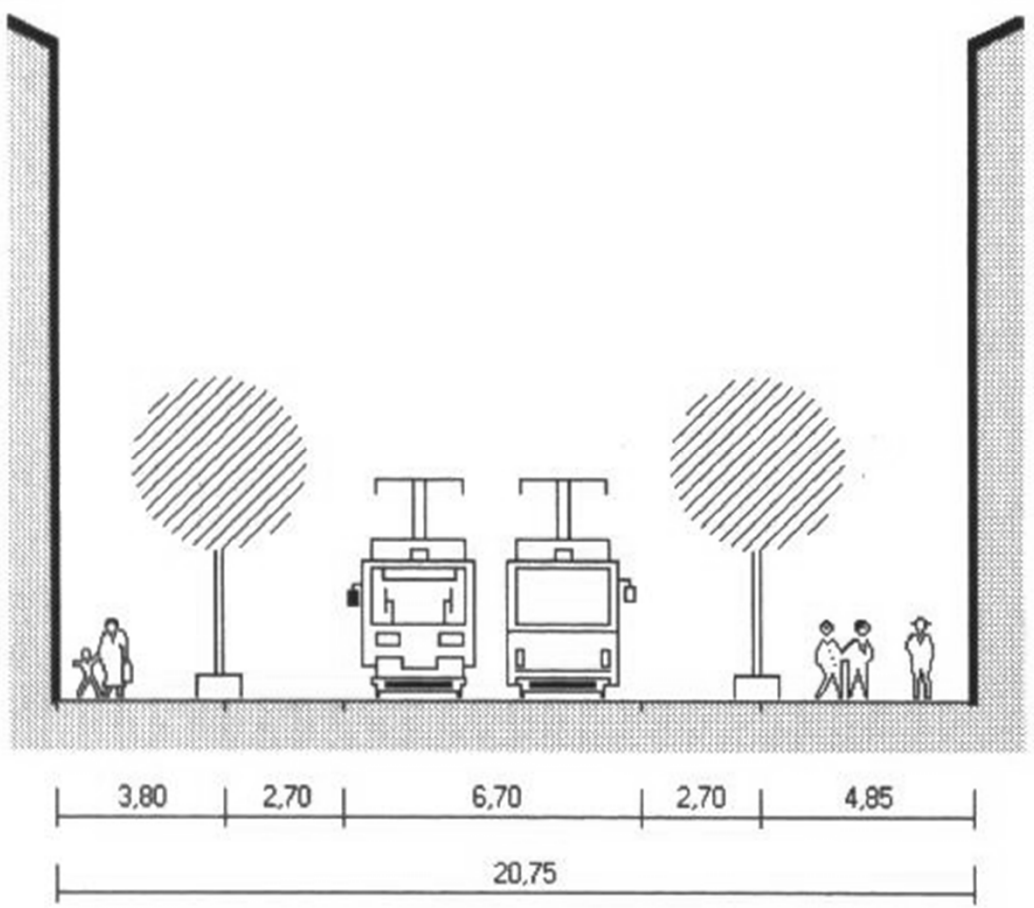


# Film – przykład z Vissima

# WYDZIELANIE TRAS I ICH PROWADZENIE – PRZYKŁAD AUGSBURG






3,80
2,70
6,70
2,70
4,85
20,75



# KOLEJNE PRZYKŁADY - RZYM




9018


P. ARGENTINA

# GOERLITZ




STRASSBURG
PASSAGE
WMF


APOLLO

# CHORZÓW



# Liczba linii a liczba kursów

„Moduł” = częstotliwość bazowa (w okresie szczytu), np.:

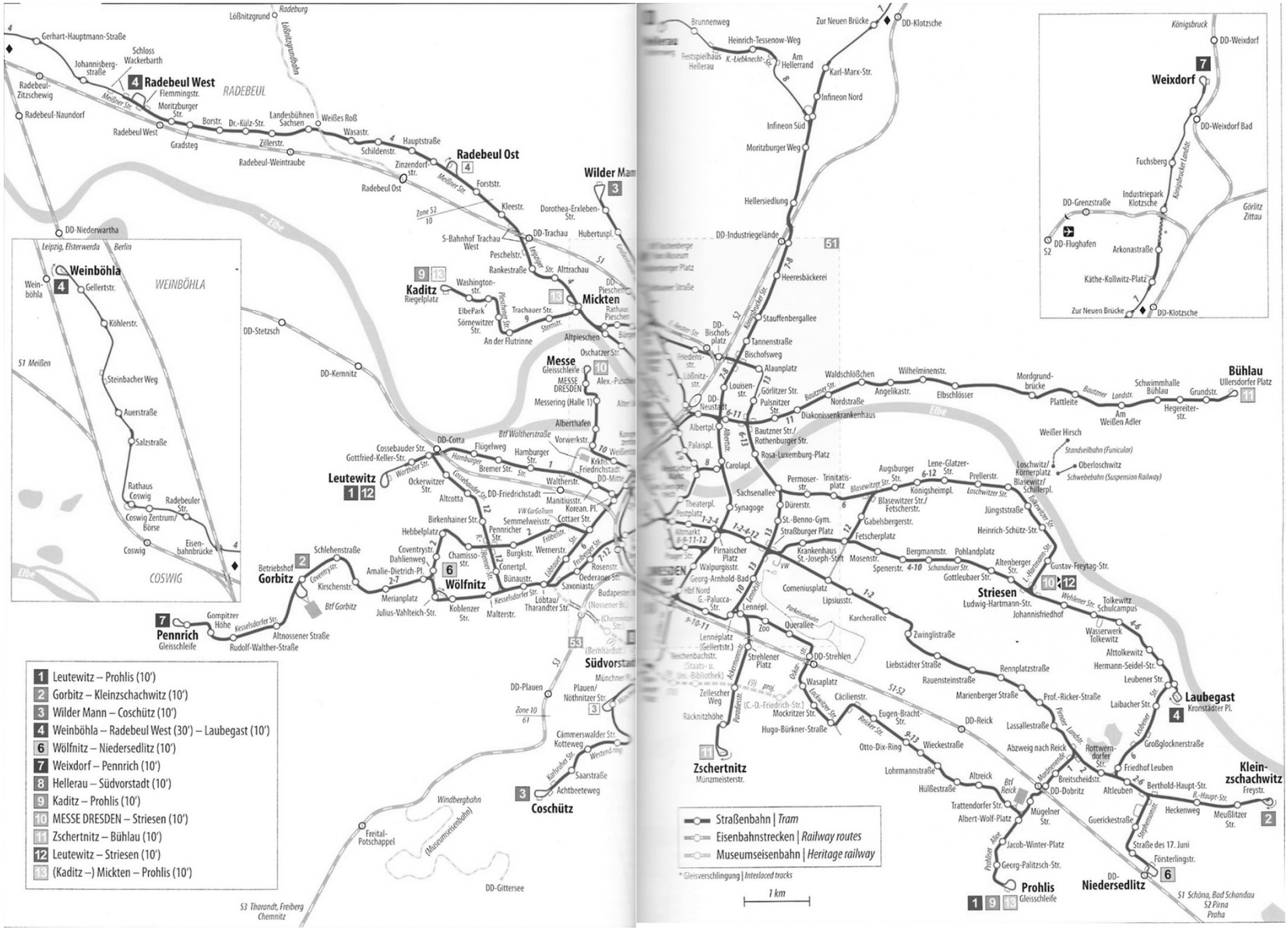
12’ (Wrocław)

10’ (popularne w Niemczech)

7,5’ (7 / 8) (Amsterdam)

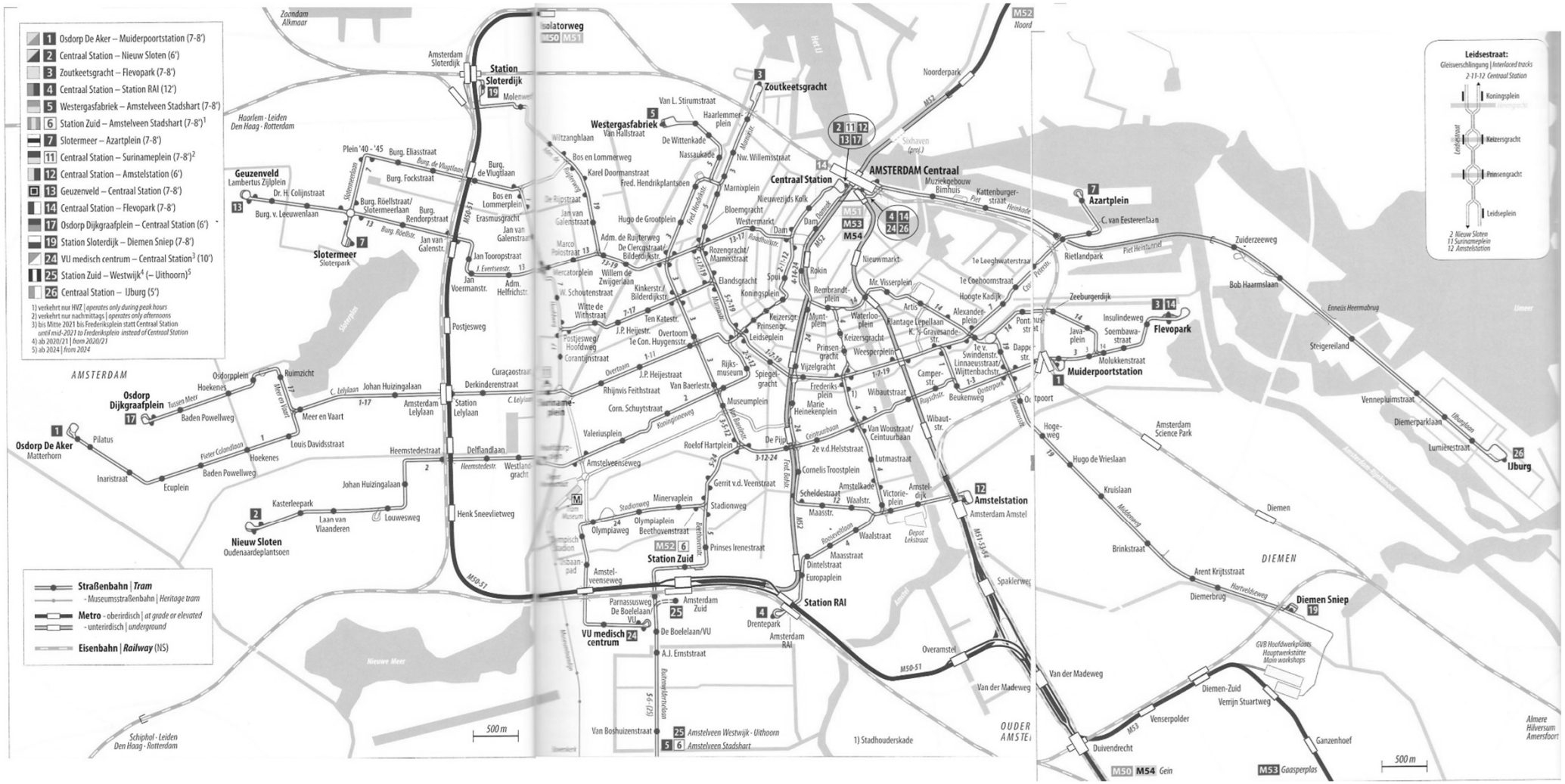
6’, 5’… (Genewa)

Mniejszy moduł (większa częstotliwość) → Mniej linii → Więcej kursów (krótsze oczekiwanie) → Konieczne sprawne węzły przesiadkowe



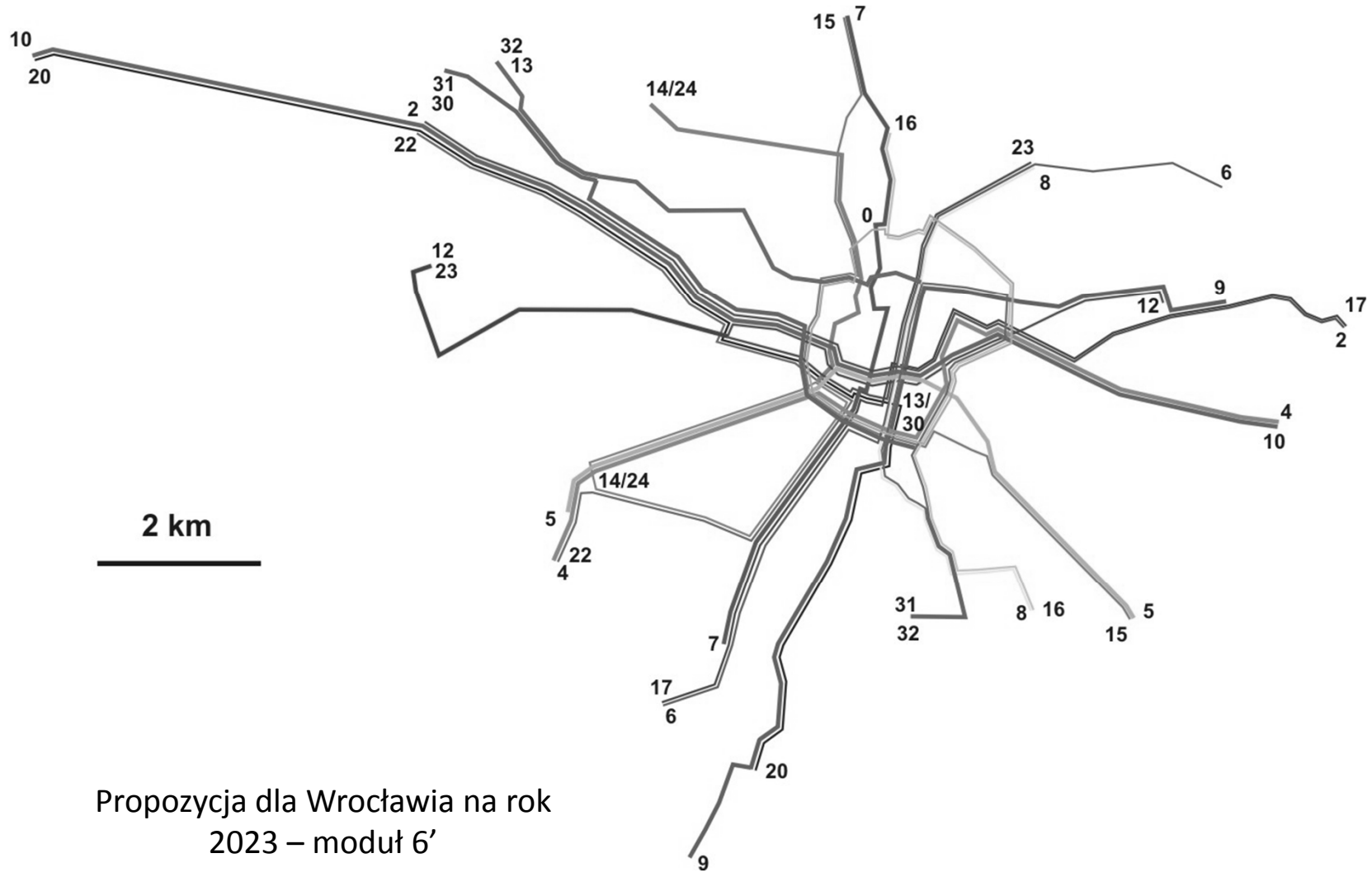

Drezno – moduł 10’
Czyli 6 kursów na 1h

# Amsterdam – moduł 7’/8’, czyli 8 kursów na 1h



# Genewa – moduł 5’, czyli 12 kursów na 1h!






Propozycja dla Wrocławia na rok 2023 – moduł 6’

Propozycja jest „zamrożona”

# MIARY JAKOŚCI W TRANSPORCIE ZBIOROWYM

## Najczęściej stosowane kryteria pasażerów:

BEZPOŚREDNIOŚĆ (BEZPRZESIADKOWOŚĆ)

PUNKTUALNOŚĆ

CZĘSTOTLIWOŚĆ (LICZBA KURSÓW)

PRĘDKOŚĆ PODRÓŻY (HANDLOWA, KOMUNIKACYJNA / EKSPLOATACYJNA)

DOJŚCIE DO I OD PRZYSTANKU

INFORMACJA O SYSTEMIE KZ

SPRZEDAŻ BILETÓW (W TYM: CENY)

WYGODA PODRÓŻY (MIEJSCA SIEDZĄCE)

WYGODA OCZEKIWANIA NA PRZYSTANKU

## Inne kryteria (przewoźnika, organizatora, ogólne):

ZAPEWNIENIE DOSTĘPNOŚCI KOMUNIKACYJNEJ

UŁATWIENIA DLA OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH I NIE W PEŁNI SPRAWNYCH

ODDZIAŁYWANIE NA ŚRODOWISKO

KOSZTY

KRYTERIA FUNKCJONALNOŚCI PRZYSTANKÓW I WĘZŁÓW:

- Zwartość
- Bezpieczeństwo
- Dostępność
- Niezawodność
- Przejrzystość
- Informacja
- Wygoda



## PRIORYTETY OGÓLNIE

Separacja (oddzielenie) tras transportu zbiorowego od jezdni (ulic) dla ruchu ogólnego:

Idealna (prowadzenie tras TZ niezależnie od przebiegu ulic)

Wyraźna (wydzielenie „fizyczne” torowiska lub pasów autobusowo – tramwajowych, także pasy autobusowe „pod prąd”)

Częściowa (wydzielenie tras za pomocą organizacji ruchu – pasy dla autobusów, torowiska tramwajowe wbudowane w jezdnie)

Niska (wydzielenie „punktowe”, na wlotach skrzyżowań, w sąsiedztwie przystanków)

Możliwe stopnie i miary priorytetu dla transportu zbiorowego:

Idealny (brak strat czasu, bardzo wysoka prędkość eksploatacyjna)

Wysoki (niewielkie straty czasu, znaczna prędkość eksploatacyjna)

Częściowy (średnie straty czasu, podwyższona prędkość eksploatacyjna)

Brak (znaczne straty czasu, przeciętna lub niska prędkość eksploatacyjna)

**Klasyfikacja priorytetów:**

**Idealny**

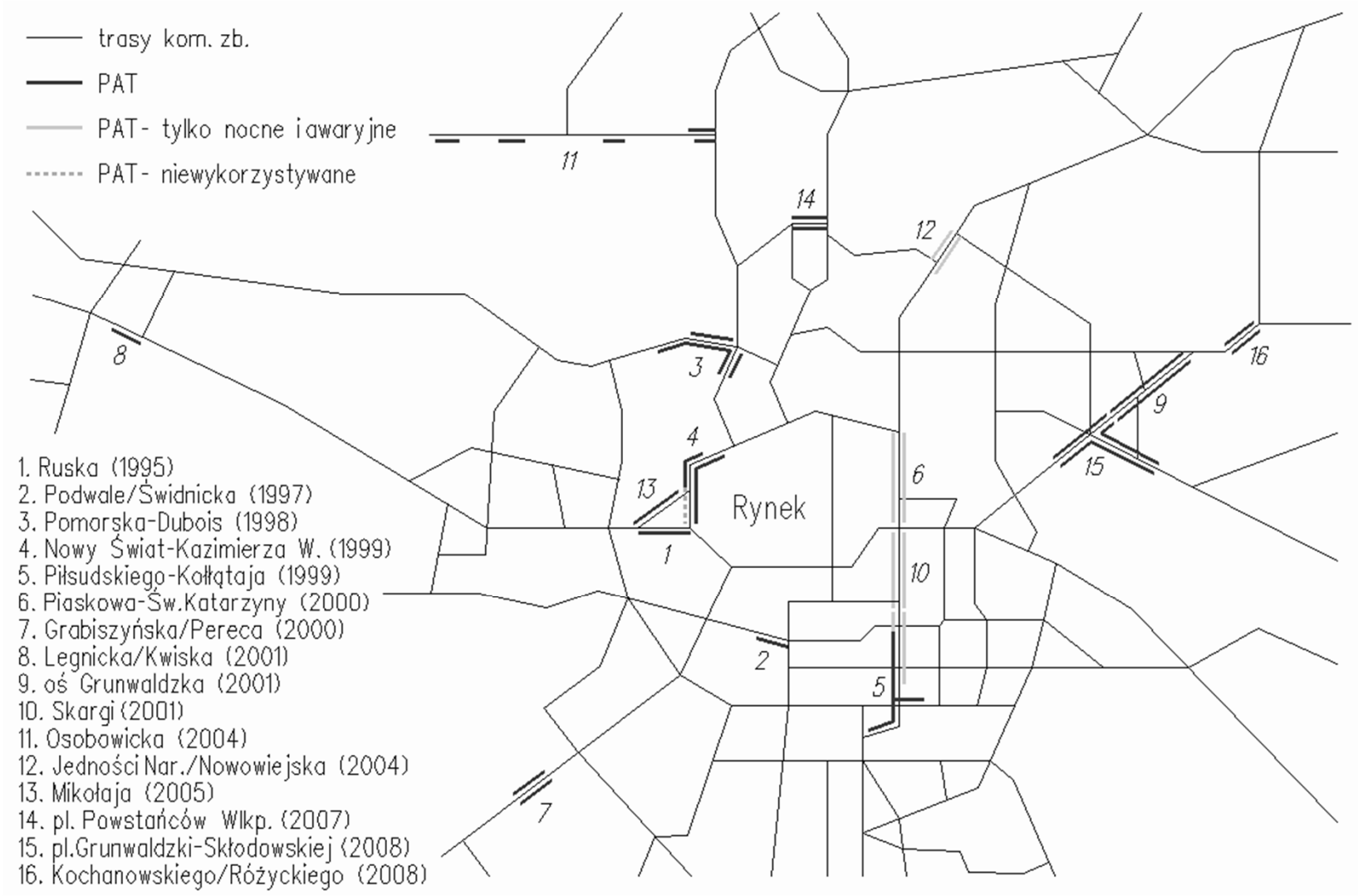
**Pełny**

**Wysoki**

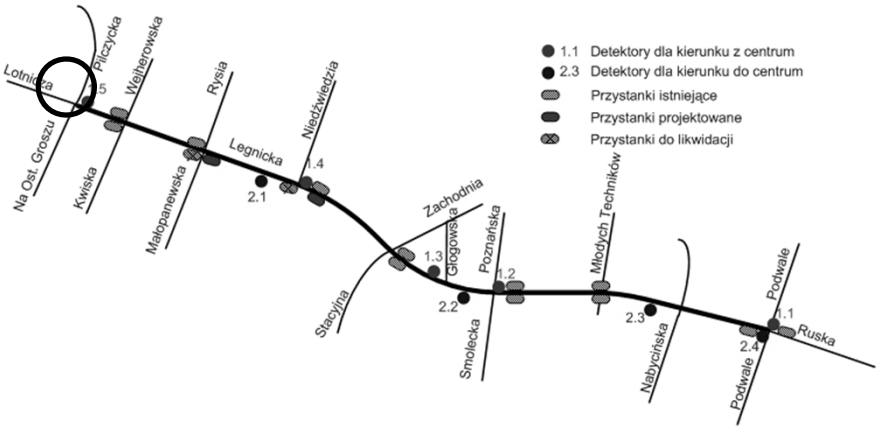
**Częściowy**

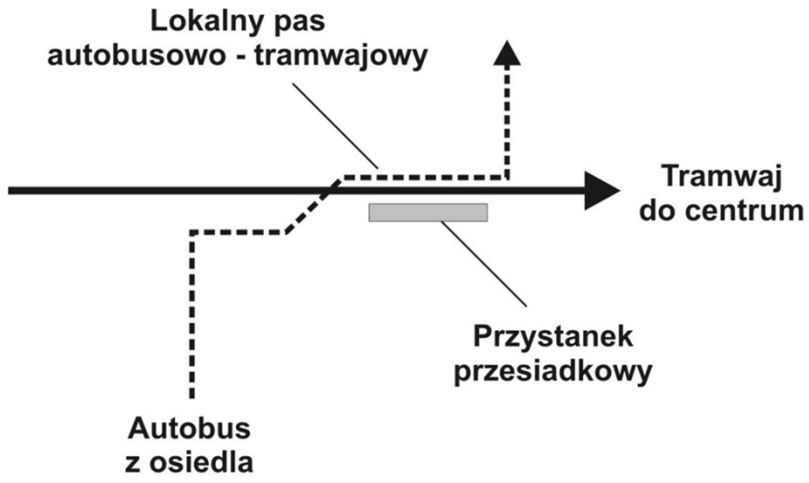
**Brak**

# Historia PAT we Wrocławiu:

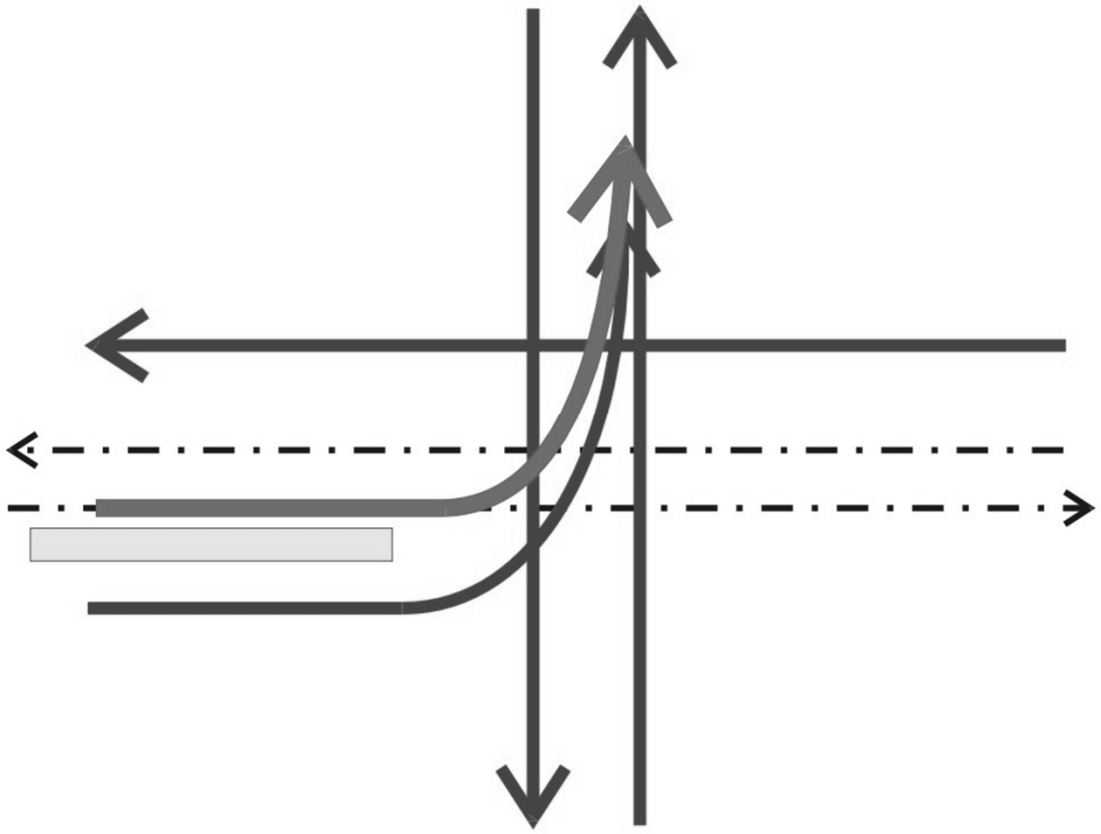


# Przykład: Wrocław, skrzyżowanie Legnickiej i Wejcherowskiej







## Zalecenia dla zasad sterowania ruchem w strefie wewnętrznej miasta mające na celu realizację zadań Polityki Transportowej:

Dla pojazdów transportu zbiorowego, pieszych i rowerzystów zdecydowanie bardziej korzystne są krótsze cykle sygnalizacji świetlnej.

Lokalizacja przystanków transportu zbiorowego powinna być starannie przemyślana z uwzględnieniem założeń i możliwości sterowania ruchem.

Dobre efekty daje prowadzenie tras dla transportu zbiorowego niezależnie od ulic dla ruchu ogólnego. Sterowania ruchem upraszcza się wtedy do właściwego nadzoru nad kolizyjnymi relacjami pojazdów transportu zbiorowego i ewentualnie nad ruchem pieszych (rowerzystów) kolizyjnym wobec tras transportu zbiorowego.

W śródmieściach o specyfice ruchu decydują: krótkie fazy sygnalizacji, niewielkie odległości między skrzyżowaniami pomiędzy którymi ruch powinien być skoordynowany, występowanie dużej liczby, nawzajem sprzecznych, relacji z priorytetami.

Nieefektywne (czy wręcz niemożliwe) staje się sterowanie adaptacyjne (akomodowane, acykliczne); lepsze efekty uzyskuje się dzięki koordynacji sygnalizacji stałocyklicznych.

Możliwa (a nawet celowa) jest detekcja ruchu oraz lokalne wpływanie na zmiany programów sygnalizacji.

# Definicje do zagadnienia sygnalizacji dostosowujących się do zmian ruchu:

Akomodacja: „przywołanie” – reakcja sygnalizacji na zgłoszenia pojazdów lub innych użytkowników systemu transportu

Detektor – urządzenie przekazujące do sterownika sygnalizacji informację o zapotrzebowaniu na zmianę programu sygnalizacji

Algorytm akomodacji – „przepis” dla urządzenia sterującego jak reagować na zgłaszane zapotrzebowanie

**SYGNALIZACJE ZALEŻNE OD RUCHU:**

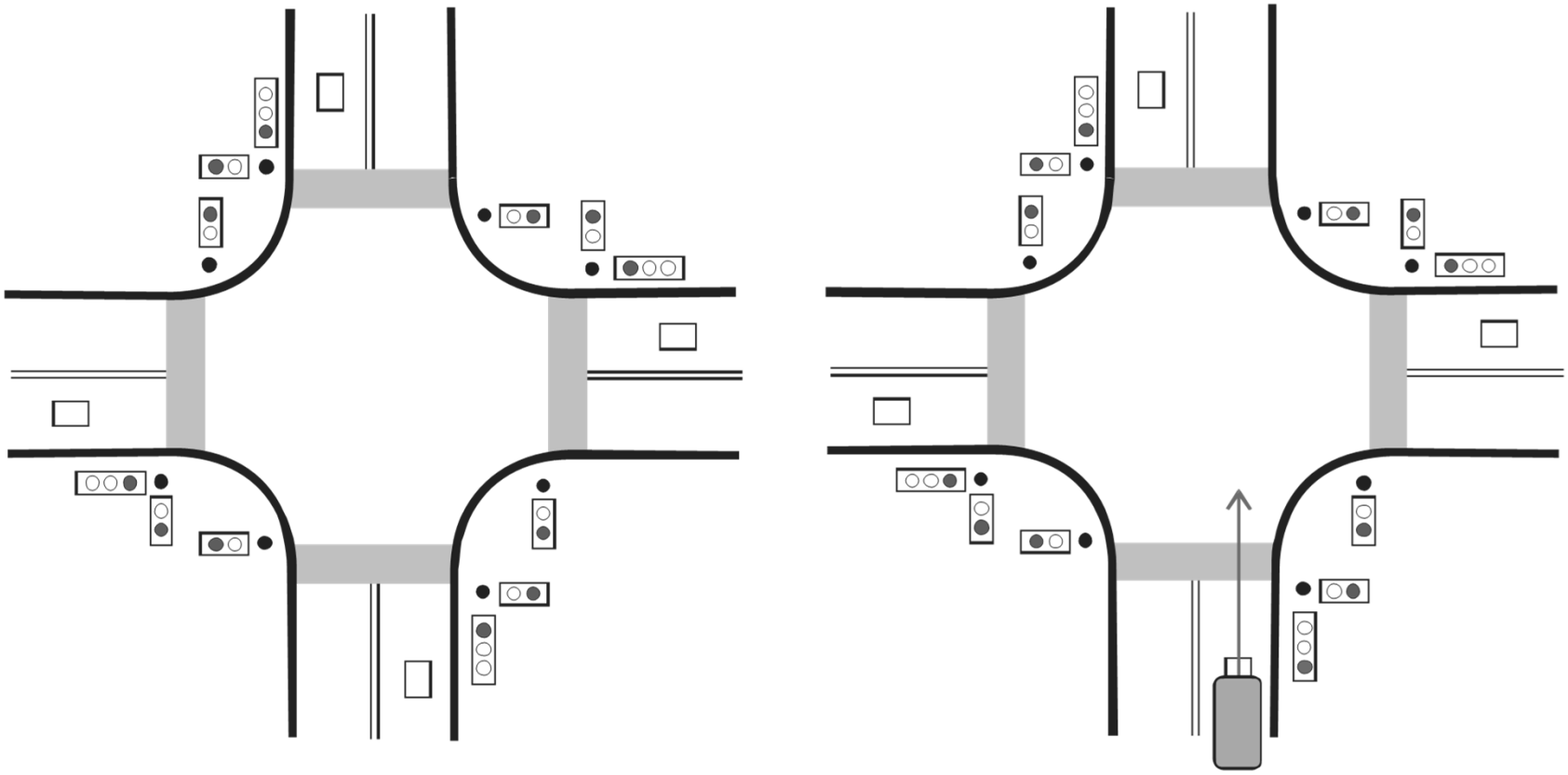
/DOSTOSOWUJĄCE SIĘ DO ZMIAN STRUKTURY KIERUNKOWEJ RUCHU/

wzbudzane (np. przywoływanie sygnału zielonego dla pieszych na przejściu przez jezdnię lub generowanie dodatkowej fazy dla sporadycznie pojawiających się pojazdów);
akomodacyjne (wydłużanie lub skracanie poszczególnych faz przy stałej ich kolejności, długość cyklu może być stała lub zmienna);
acykliczne (sygnały zielone przydzielane są stosownie do zapotrzebowania przy zachowaniu narzuconych ograniczeń np. odnośnie minimalnych i maksymalnych długości sygnałów, nie ma faz ruchu i ustalonej ich sekwencji, czyli nie ma cyklu).

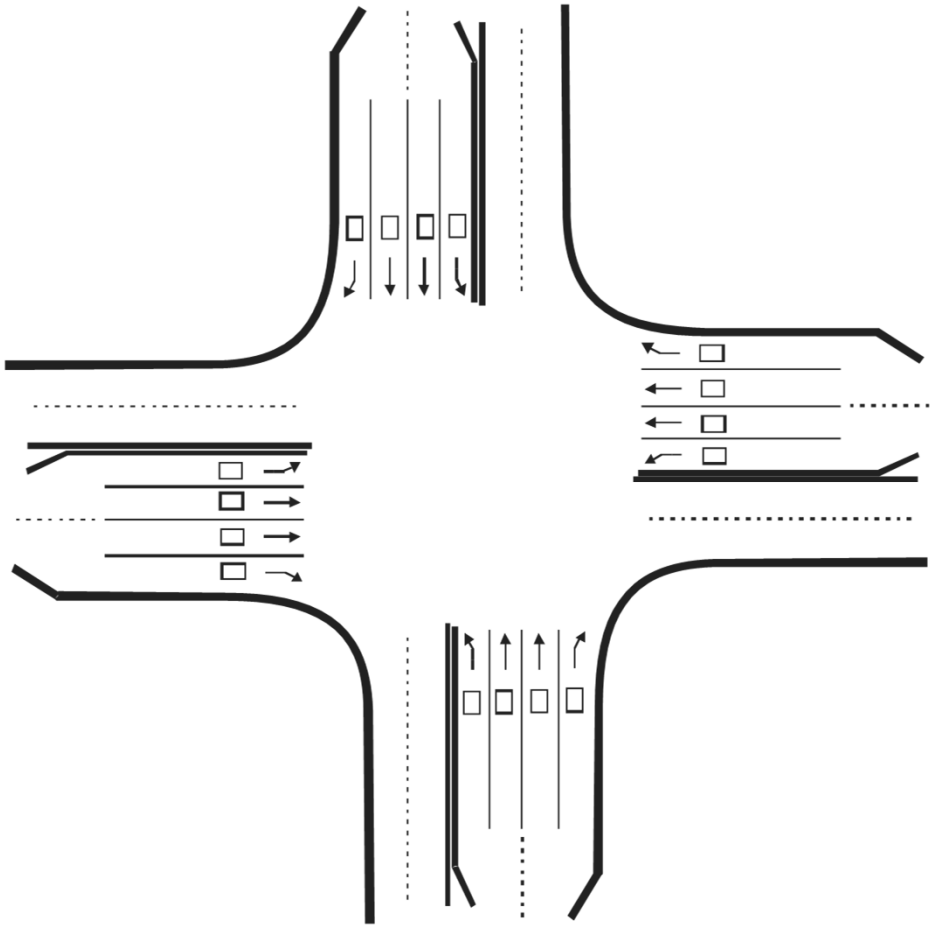
## Proste przypadki akomodacji

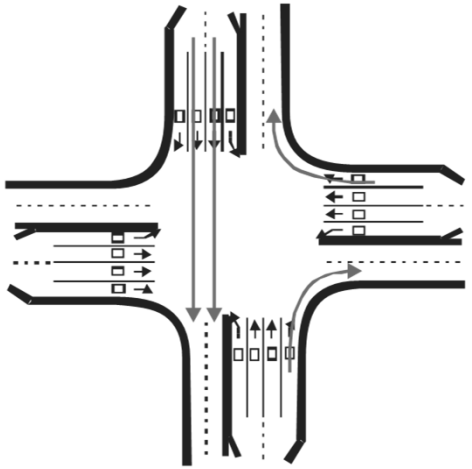
1) „zamówienie” sygnału zielonego przez pieszych poprzez wciśnięcie przycisku
2) zmiana długości sygnału zielonego dla wybranej grupy pojazdów stosownie do zgłoszeń na detektorach
3) generowanie specjalnych faz ruchu dla pojazdów transportu zbiorowego stosownie do zgłaszanego zapotrzebowania

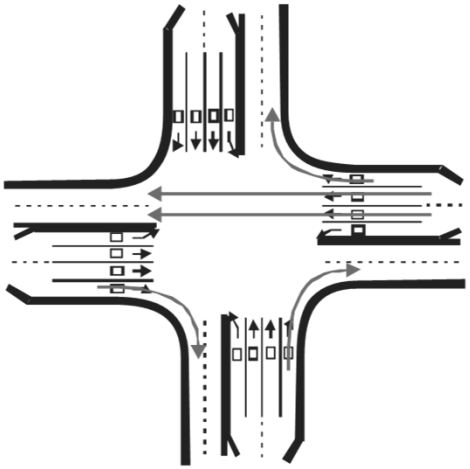
Przykład prostej sygnalizacji acyklicznej (All Red):

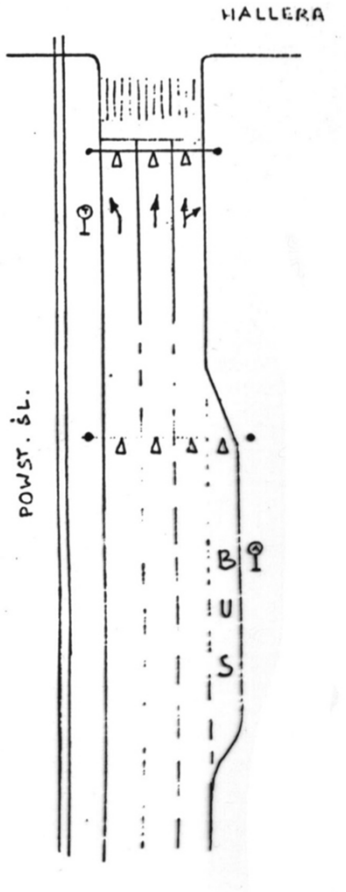


Przykład złożonej sygnalizacji acyklicznej (sterowanie grupami):

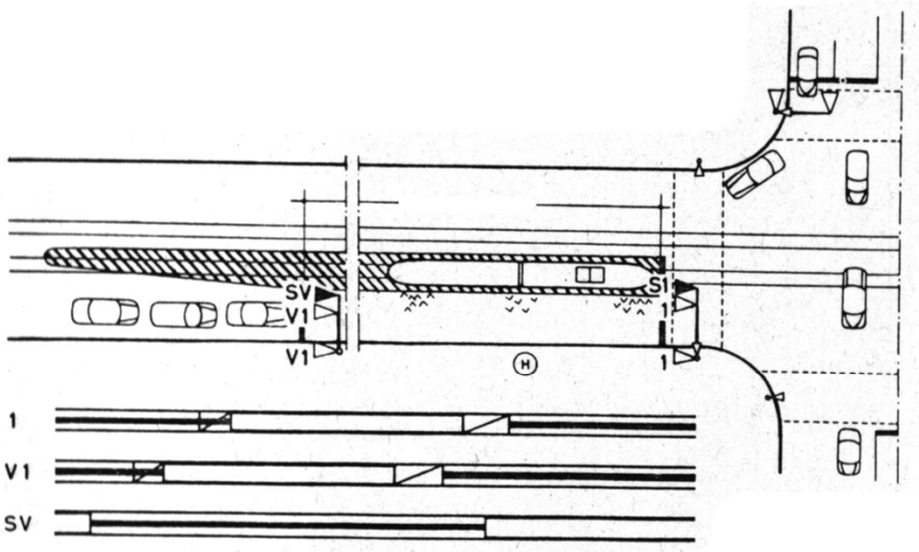


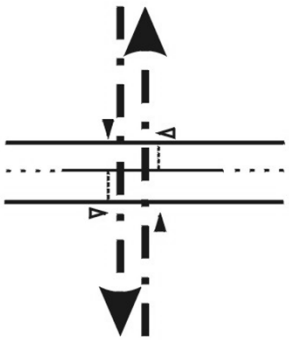




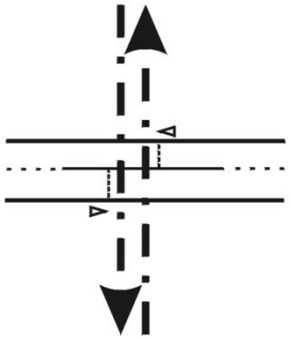



Wspomaganie transportu zbiorowego z wykorzystaniem sygnalizacji akomodacyjnej:

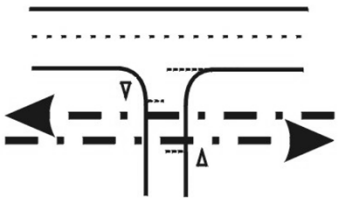




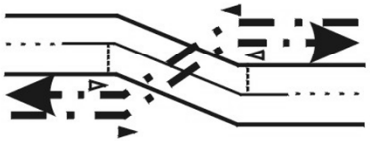
SYTUACJA 1_1



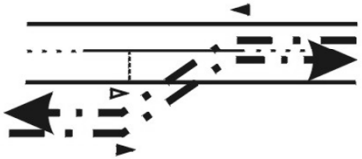
SYTUACJA 1_2



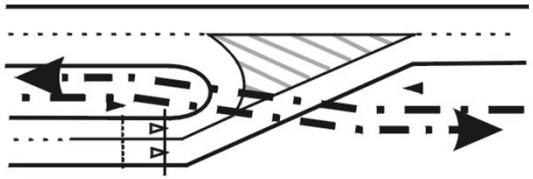
SYTUACJA 1_3



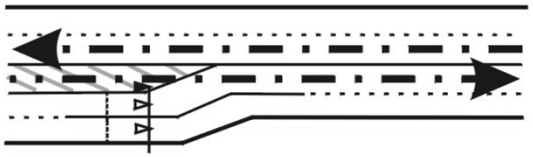
SYTUACJA 1_4



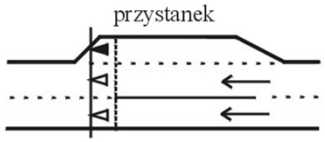
SYTUACJA 1_5



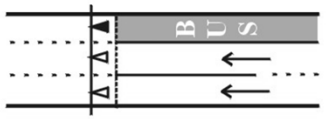
SYTUACJA 1_6



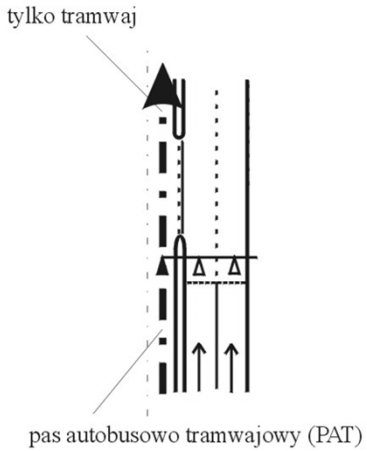
SYTUACJA 1_7



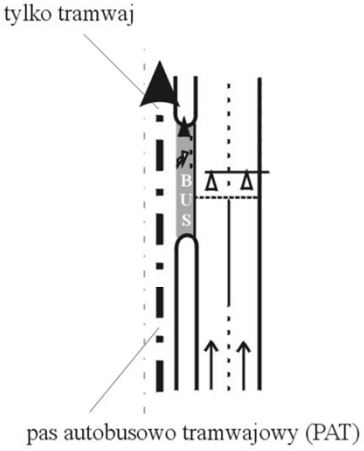

SYTUACJA 2_1



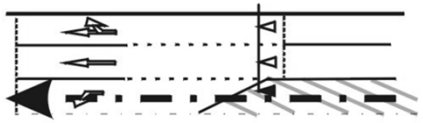

SYTUACJA 2_2



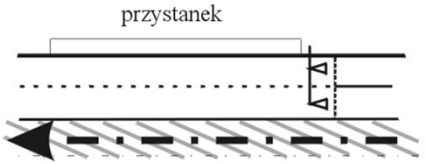

SYTUACJA 2_3



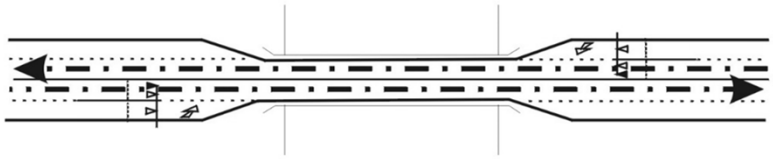

SYTUACJA 2_4



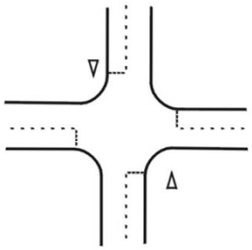
SYTUACJA 2_5



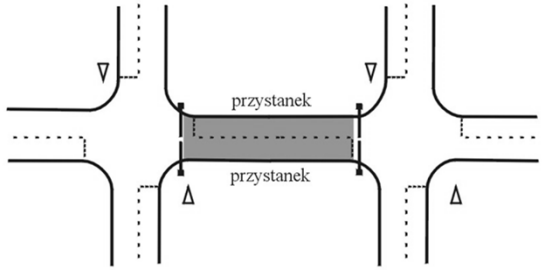

SYTUACJA 2_6



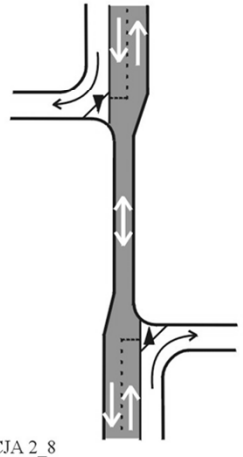
SYTUACJA 1_8



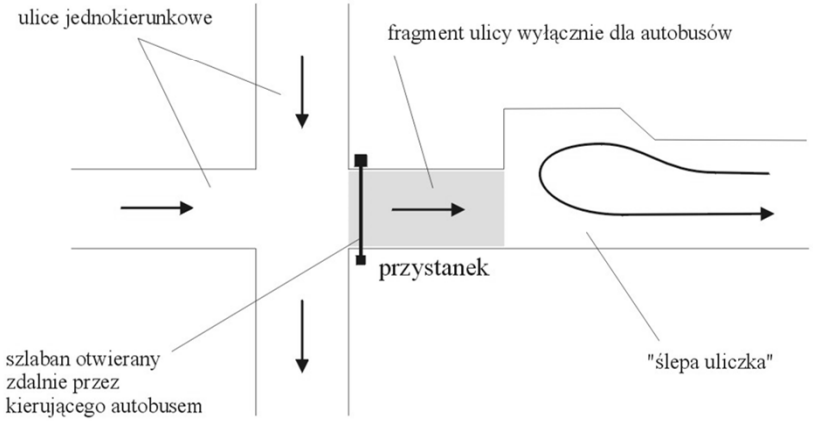
SYTUACJA 1_9

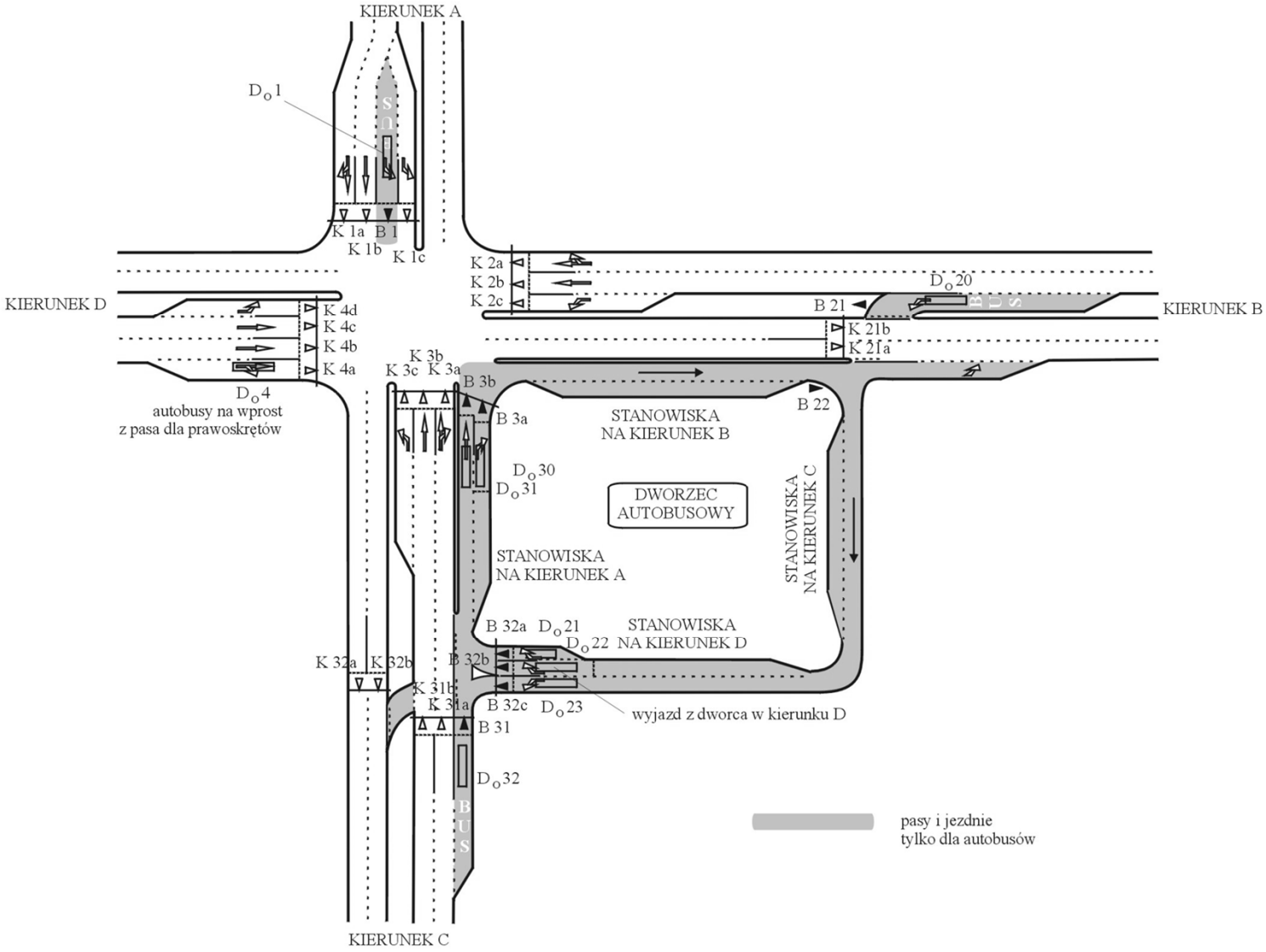



SYTUACJA 2_7



SYTUACJA 2_8




KIERUNEK A
D o 1
K 1a B 1
K 1b
K 1c
K 2a
K 2b
K 2c
D o 20
B 21
KIERUNEK B
K 21b
K 21a
KIERUNEK D
K 4d
K 4c
K 4b
K 4a
D o 4
autobusy na wprost
z pasa dla prawoskrętów
K 3b
K 3c K 3a
B 3b
B 3a
B 22
STANOWISKA
NA KIERUNEK B
D o 30
D o 31
DWORZEC
AUTOBUSOWY
STANOWISKA
NA KIERUNEK C
STANOWISKA
NA KIERUNEK A
B 32a D o 21
D o 22
STANOWISKA
NA KIERUNEK D
K 32a K 32b
B 32b
K 31b
K 31a
B 32c D o 23
wyjazd z dworca w kierunku D
B 31
D o 32
KIERUNEK C
pasy i jezdnie
tylko dla autobusów

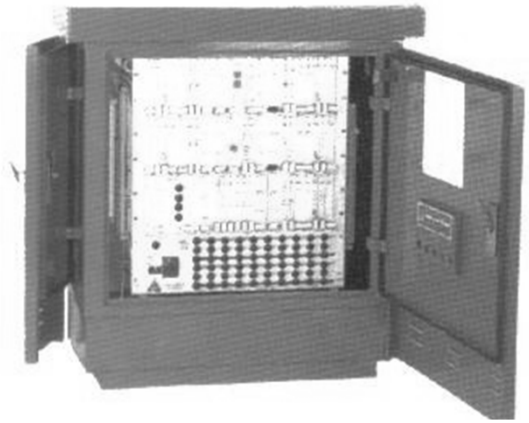
## RODZAJE DETEKTORÓW:

A. Podział ze względu na typ urządzenia:
- pneumatyczne, linkowe (obecnie nie stosowane),
- indukcyjne (bardzo popularne w Polsce),
- radarowe (Dopplerowskie),
- na podczerwień,
- video (dynamicznie rozwijane),
- dotykowe (na przycisk, „sanki").

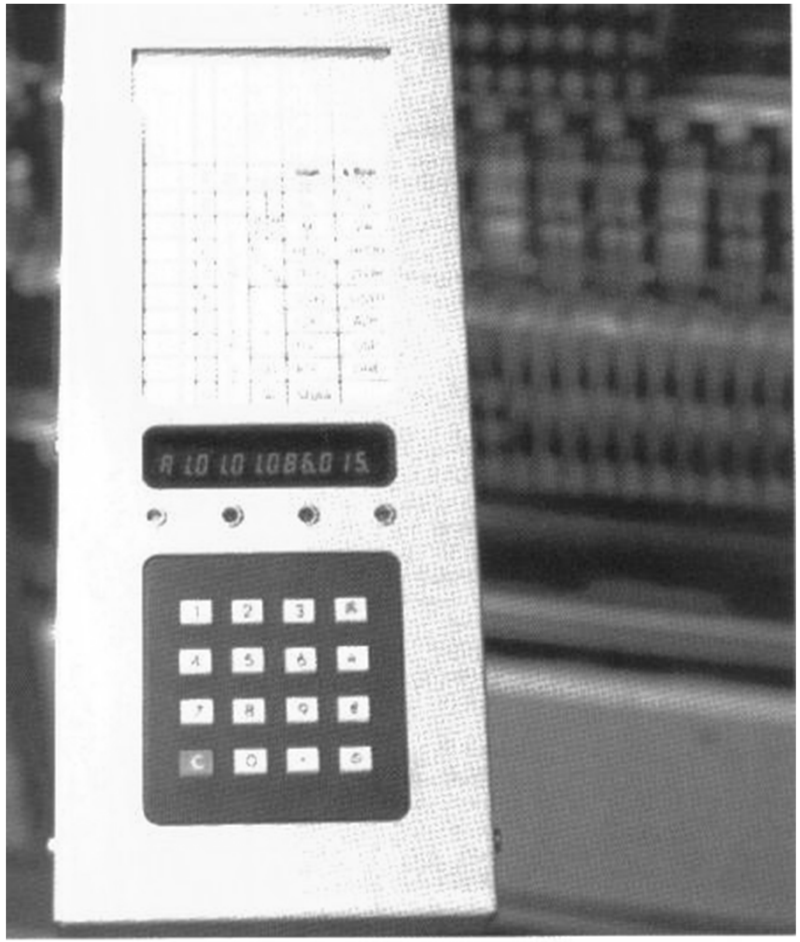
B. Podział ze względu na rodzaj użytkownika:
- dla pojazdów w ruchu ogólnym,
- dla pojazdów specjalnych (w tym TZ) / na wydzielonych pasach,
- dla pieszych / rowerzystów.

C. Podział ze względu na cel zastosowania:
- detekcja przejazdu,
- detekcja obecności.

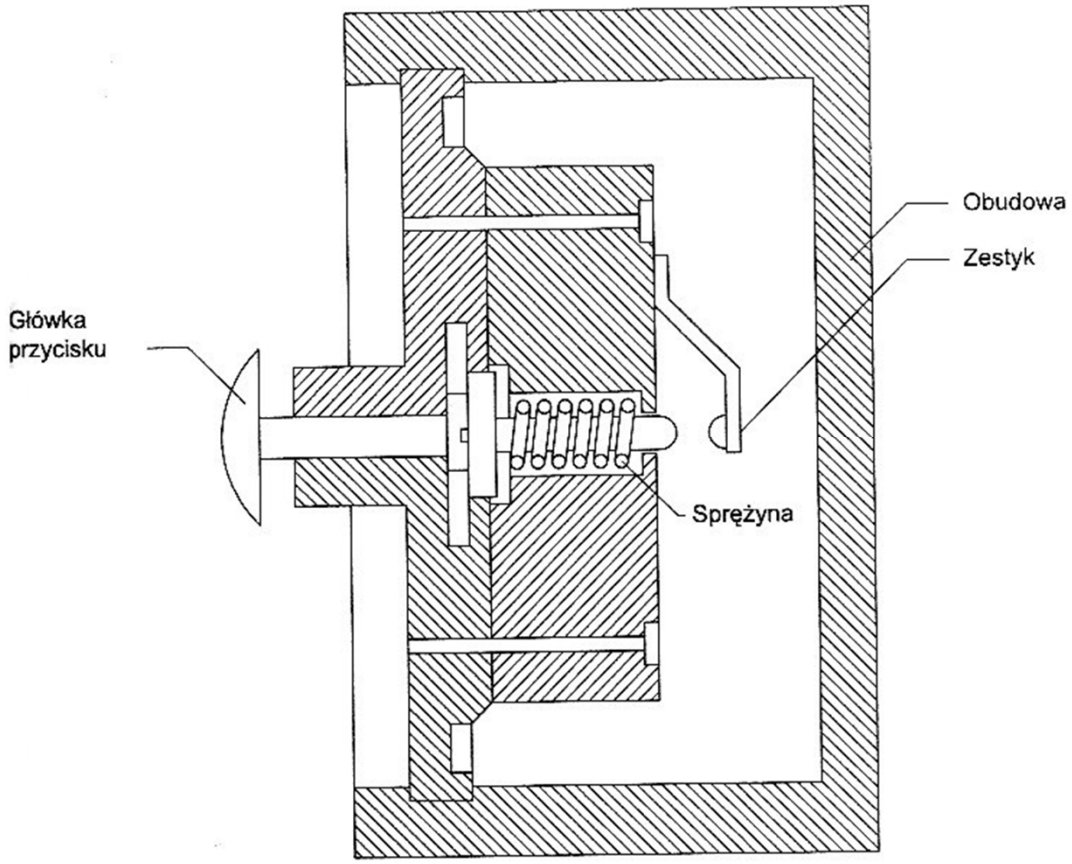
## URZĄDZENIA STEROWANIA I DETEKCJI:



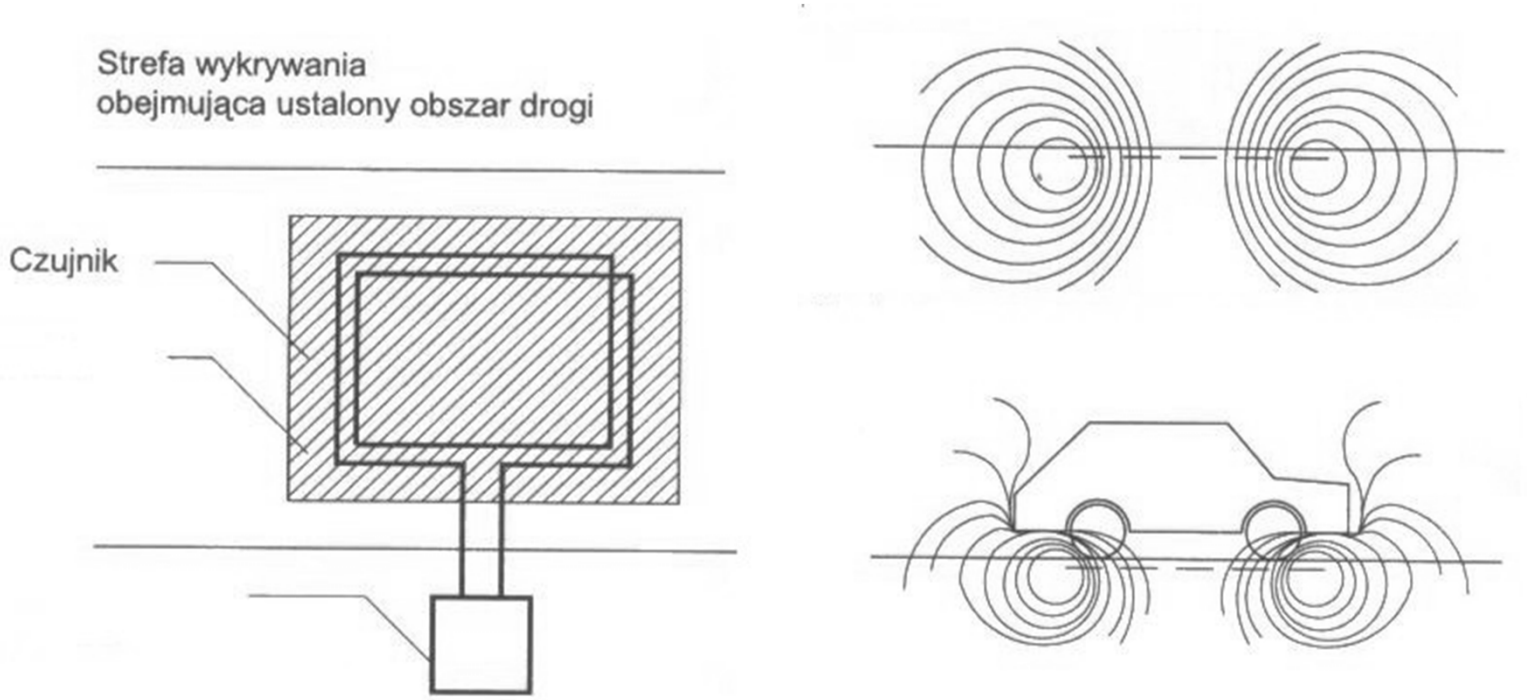


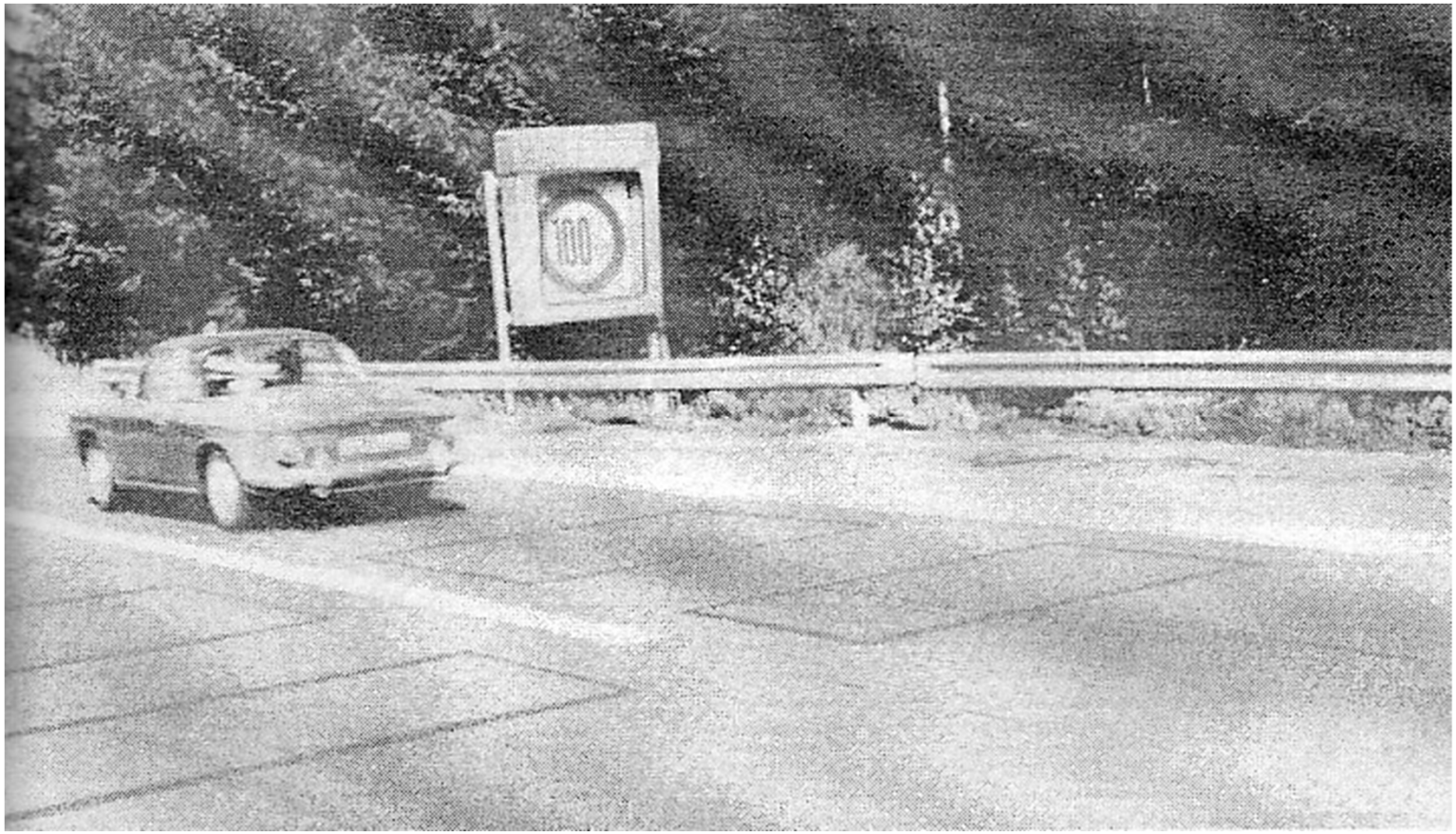


# przycisk

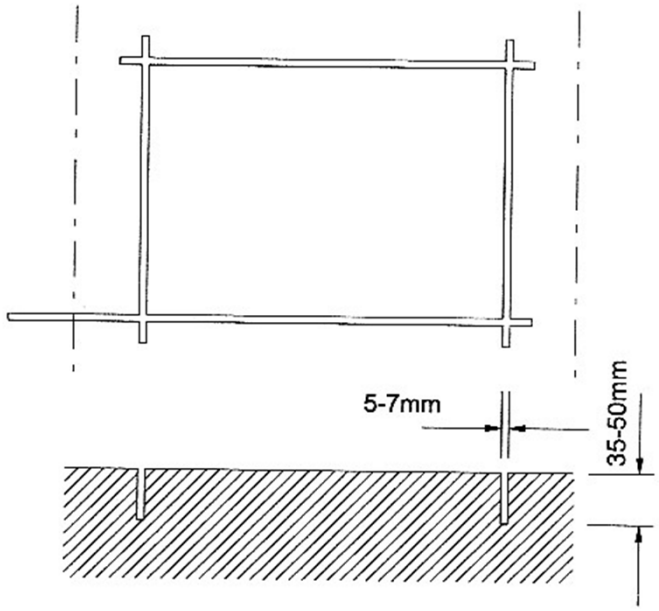


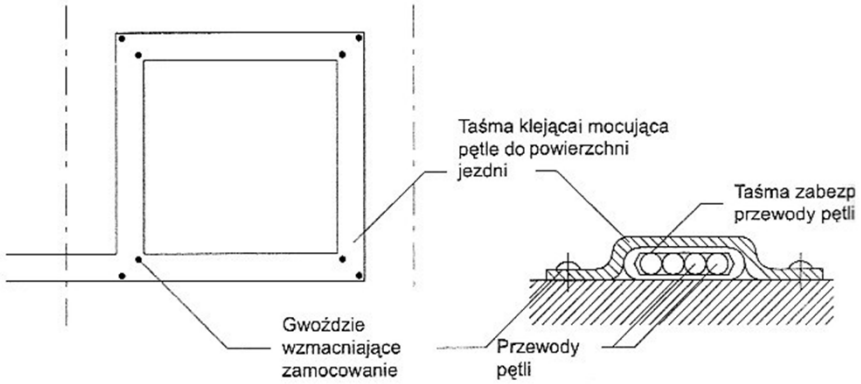
# DETEKCJA POJAZDÓW Z WYKORZYSTANIEM PĘTLI INDUKCYJNYCH



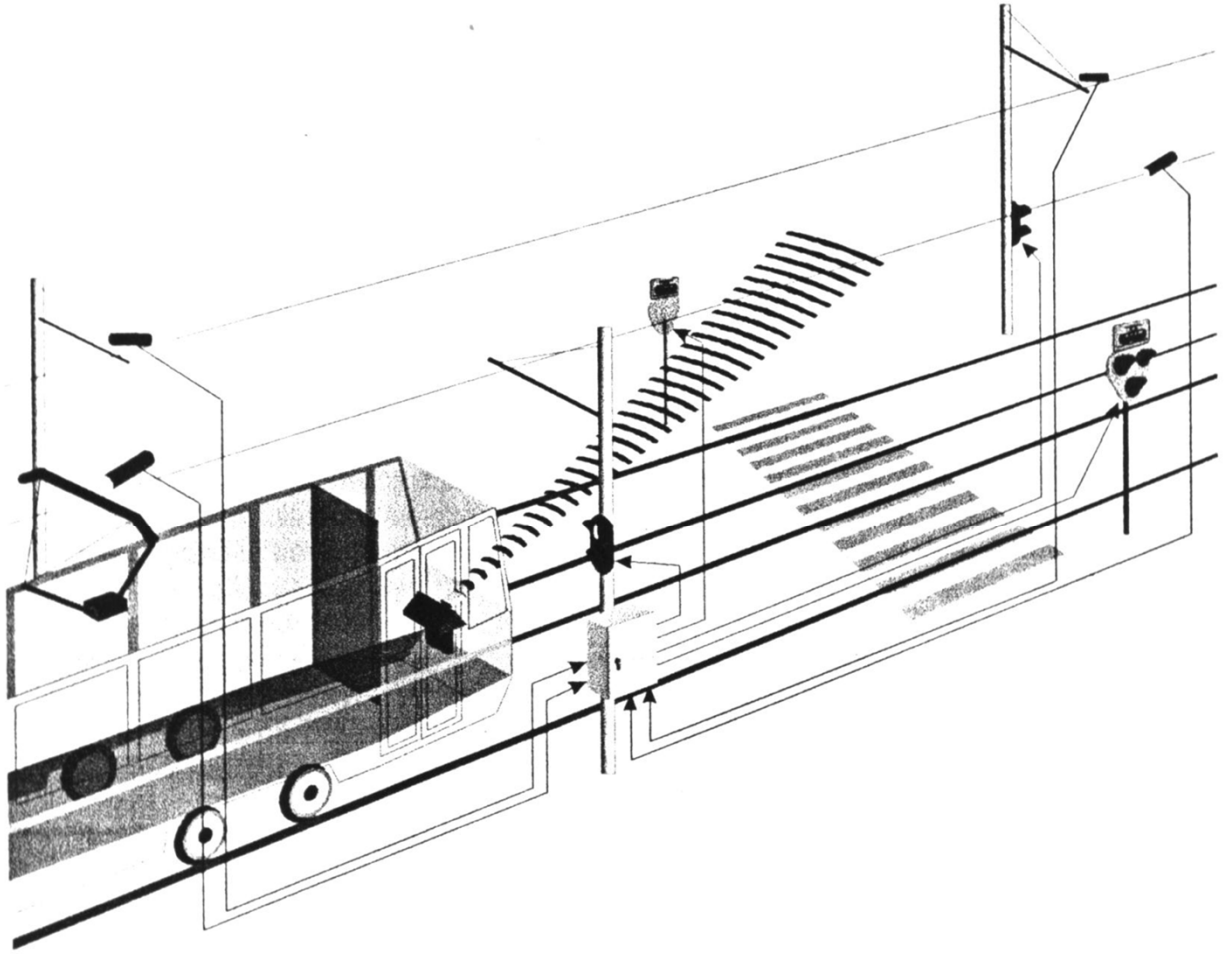

100

# „wprowadzenie” detektorów

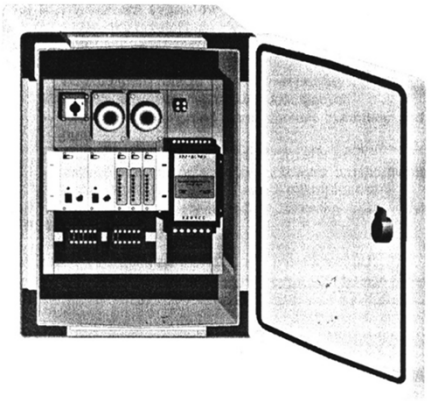


## DETEKCJA TRAMWAJÓW Z ZASTOSOWANIEM PODCZERWIENI:



**Rys. 2** Akomodacyjne sterowanie światłami („zielona fala")



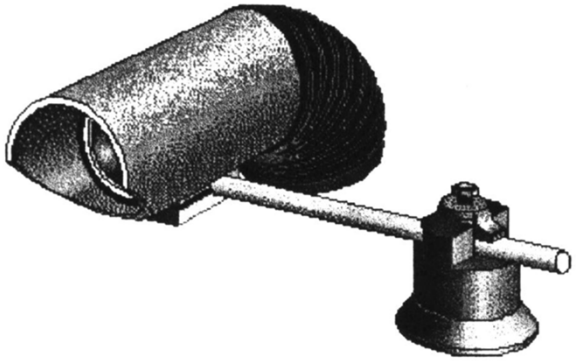
Rys. 3 Sterownik MSZ-02



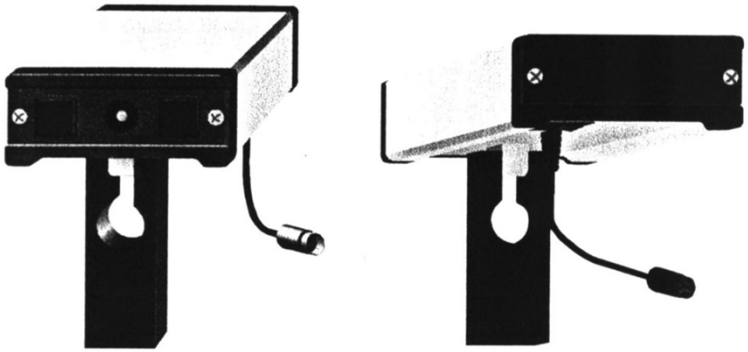
**Rys. 9** Oznacznik początku strefy



**Rys. 10** Oznacznik końca strefy



Rys. 7 **Odbiornik OP-3 (mocowanie)**

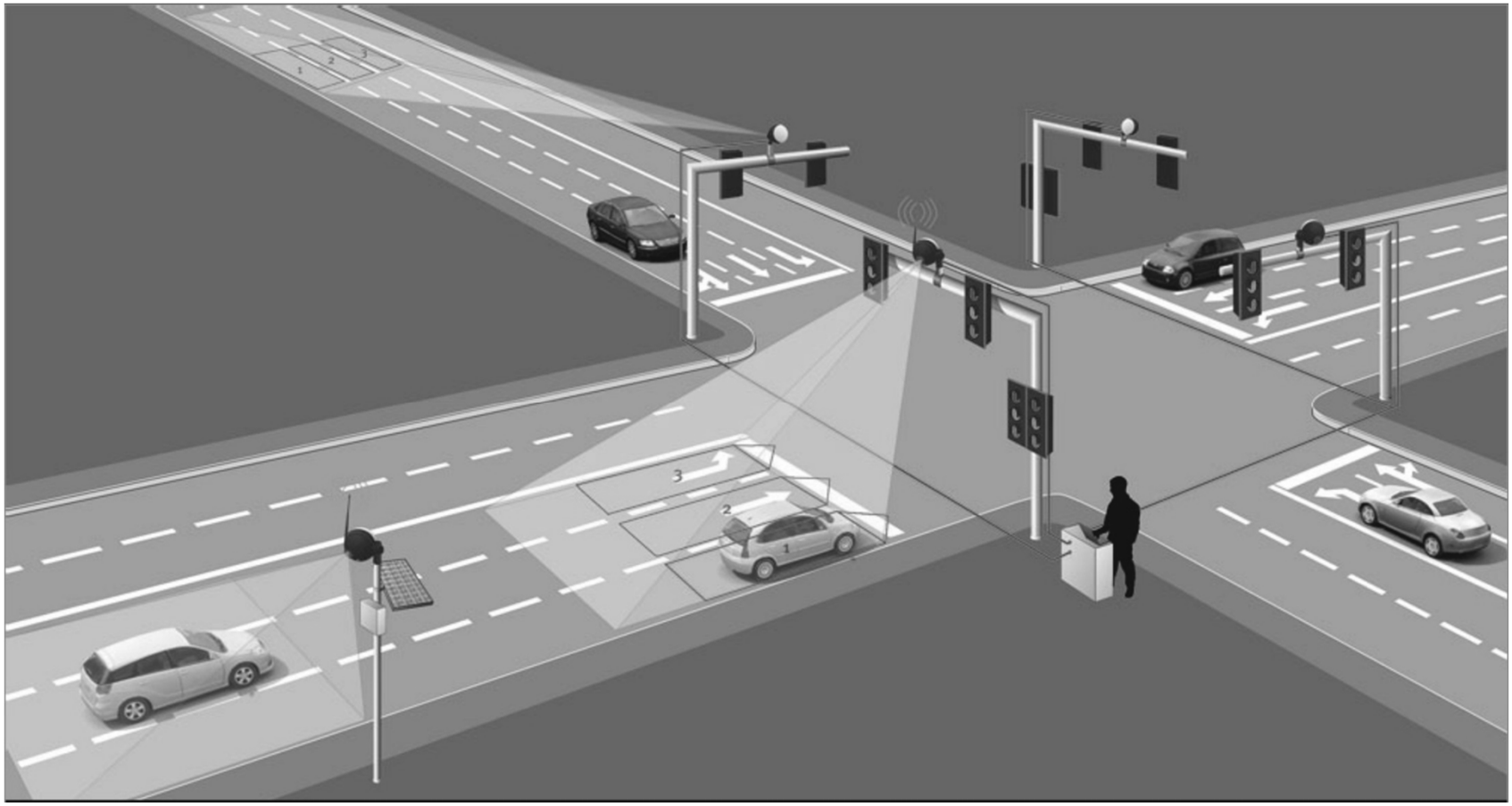


**Rys. 6** Nadajnik NP-03

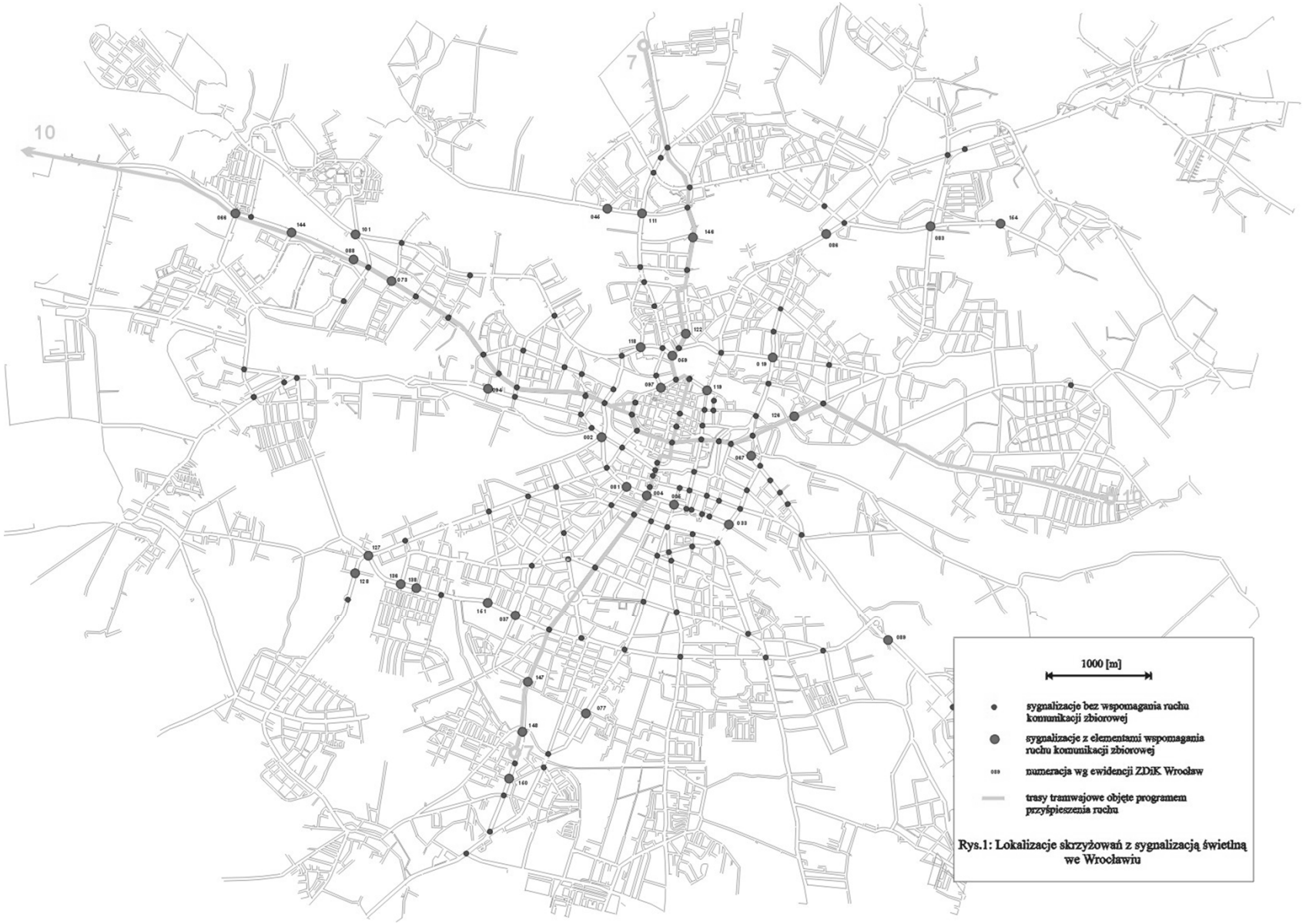
# Wideodetekcja






3
2
1

# Detekcja tramwajów we Wrocławiu w ujęciu historycznym



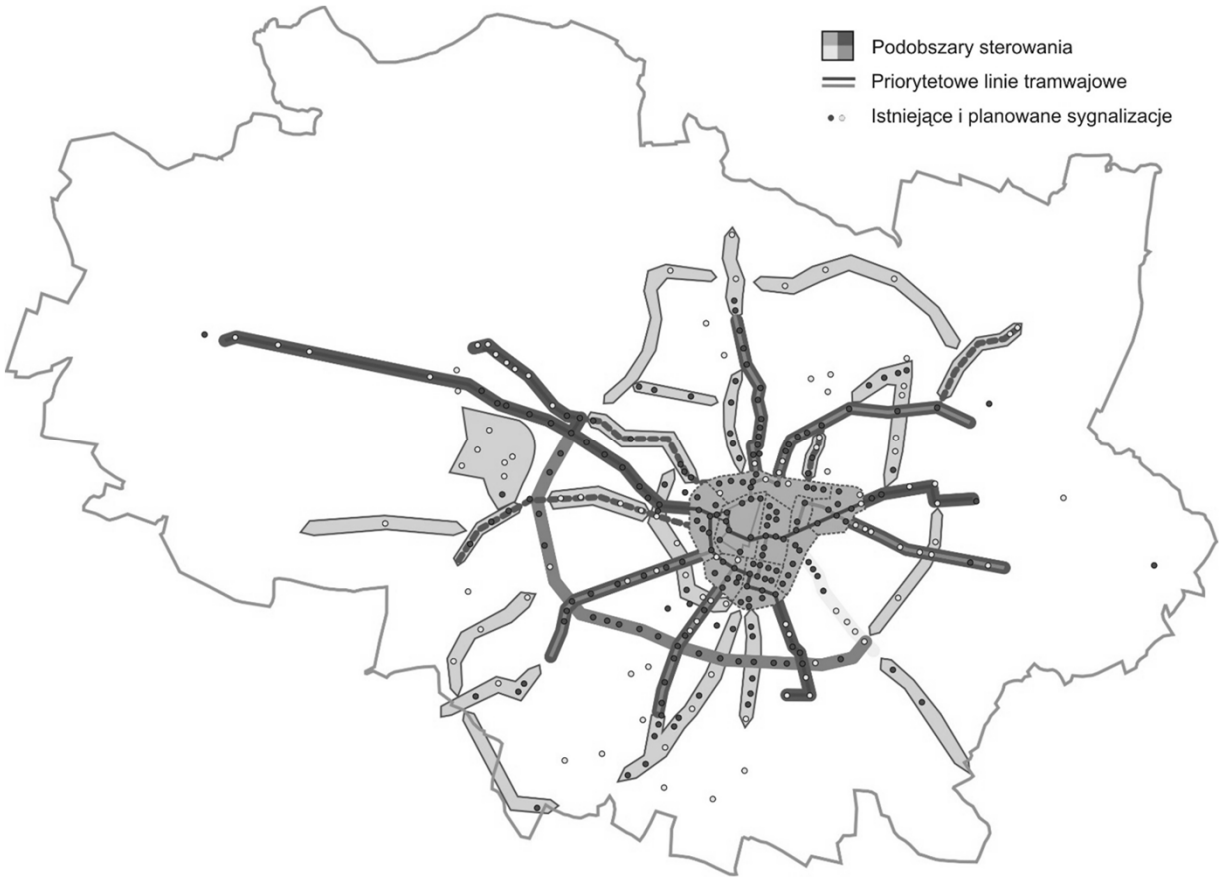

Rys.1: Lokalizacje skrzyżowań z sygnalizacją świetlną we Wrocławiu

Aktualnie we Wrocławiu priorytety dla transportu publicznego ma zapewniać system ITS

Na stronie ZDiUM (https://www.zdium.wroc.pl/strona-glowna/sygnalizacja-swietlna-na-skrzyzowaniach/) jest aktualny wykaz sygnalizacji we Wrocławiu z którego wynika liczba 257.

We Wrocławiu na 188 skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną z przejazdami dla tramwajów 134 objętych jest ITS, w tym 104 ze wsparciem systemu poprzez priorytet lub szczególne reguły.

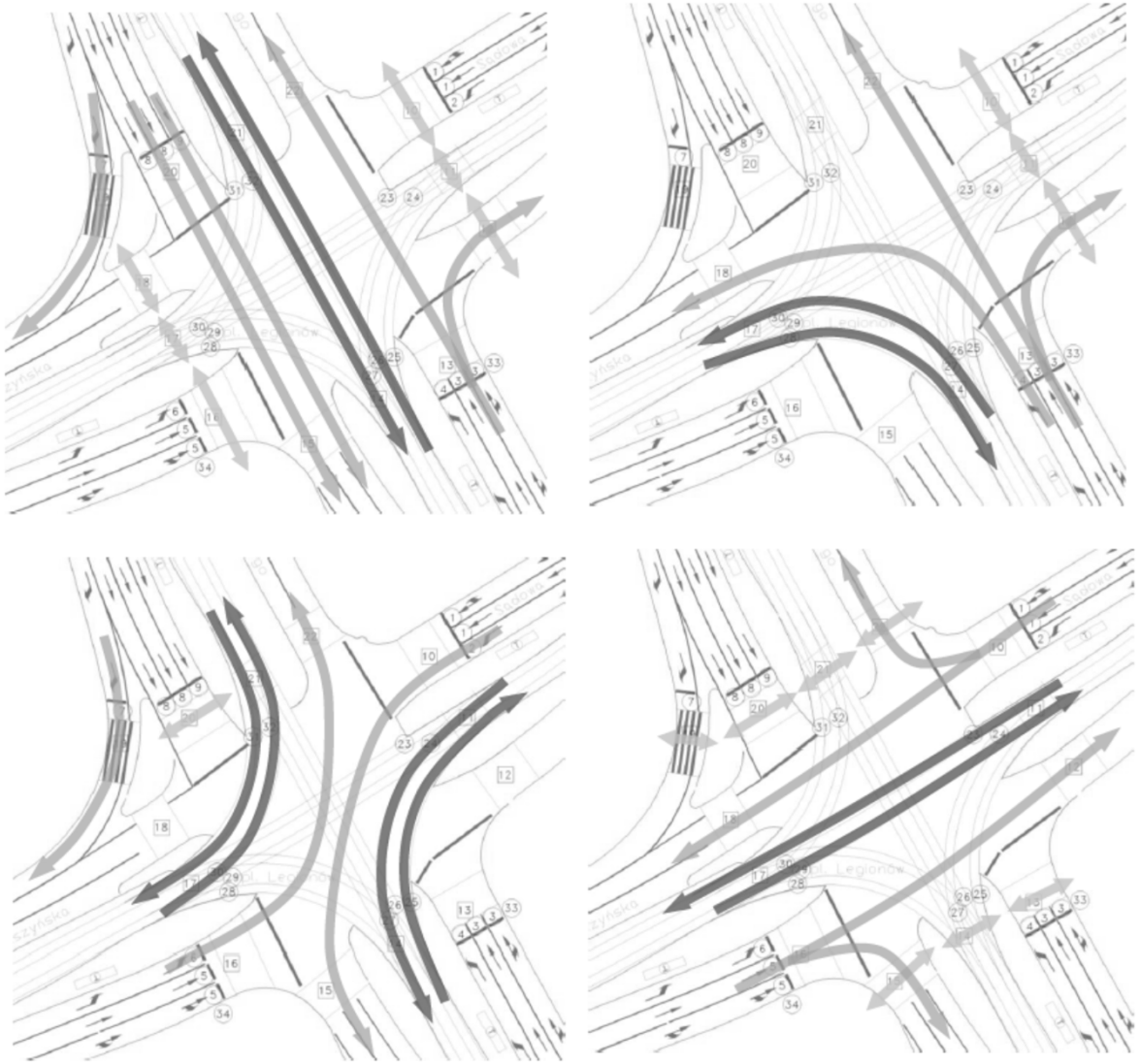
Czy jest efektywny?



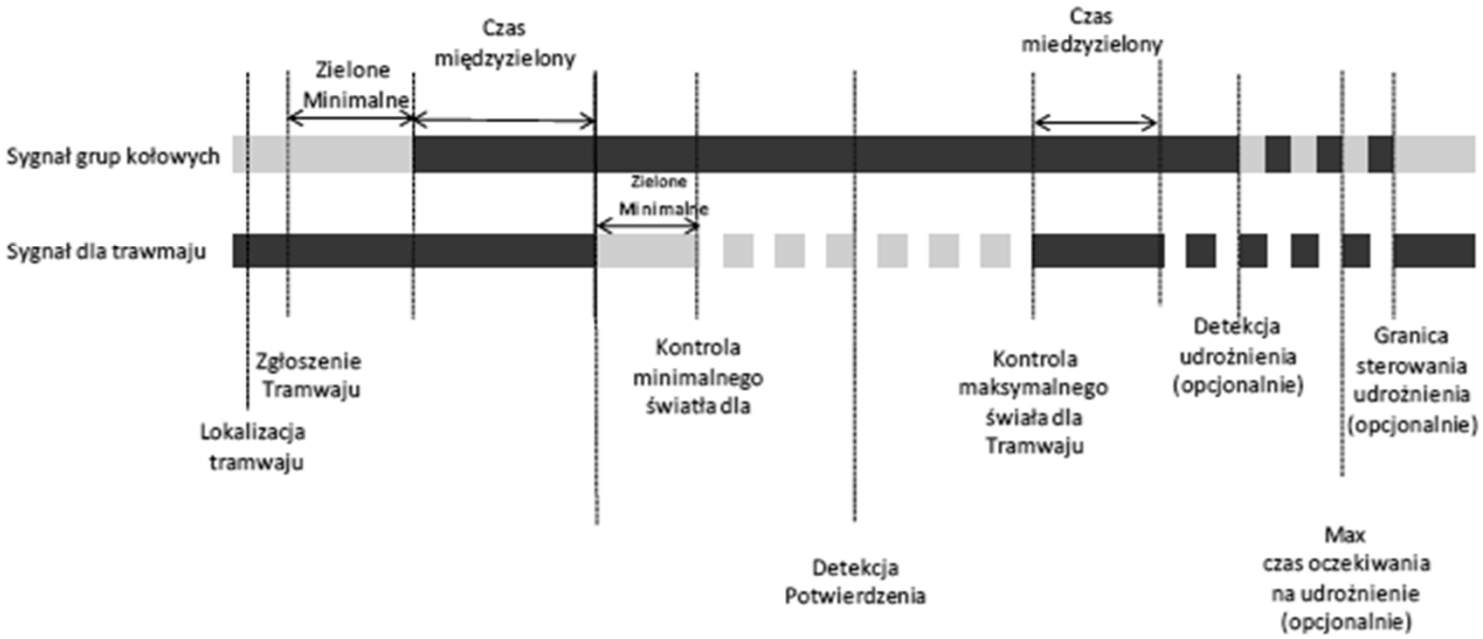



Przykład – plac Orląt Lwowskich

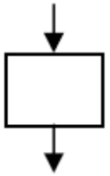




## Przygotowanie fazy ruchu dla tramwaju

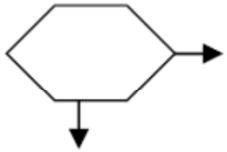


## Algorytmy detekcji - Symbolika algorytmu



pole decyzji (np. załączenie programu **P...** , zmiana wartości czasu bieżącego t...);

p



– pole wyboru (tekst umieszczony w środku należy poprzedzić słowem: czy..., np. czy jest zgłoszenie na detektorze D, czy czas bieżący osiągnął już określoną wartość?);

$T$ – tak;
$N$ – nie;

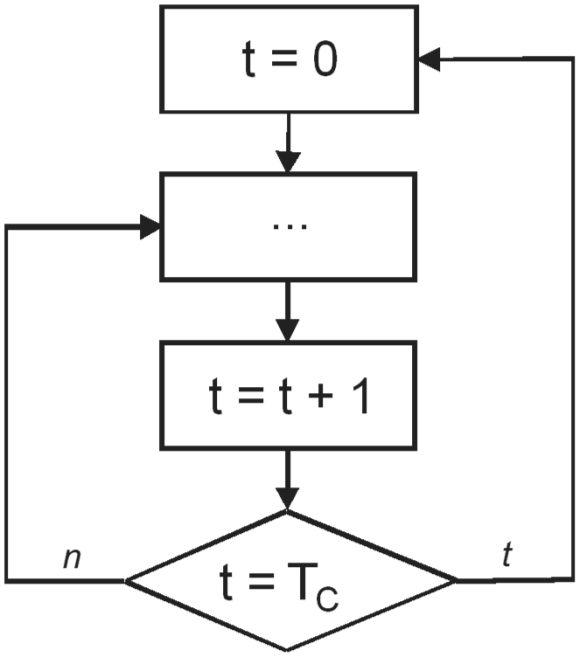
$\cup$ – lub;
$\cap$ – i.

**Dwie opcje zapisu algorytmu:**

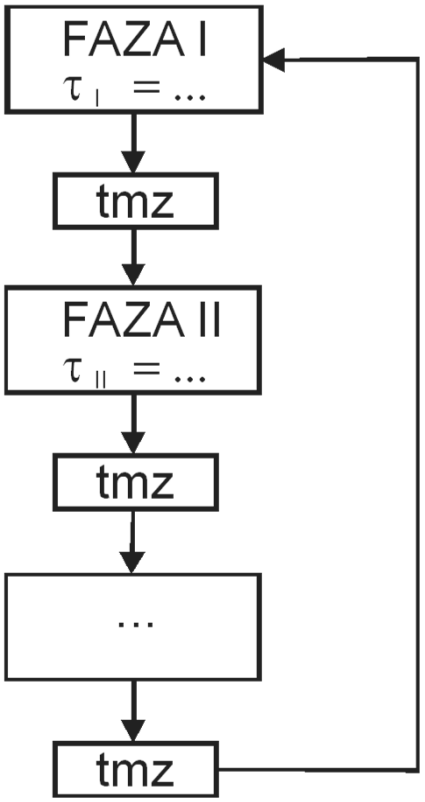
- wersja z „biegnącym czasem”
- wersja „części cyklu”

Spotykane są też algorytmy łączące powyższe opcje

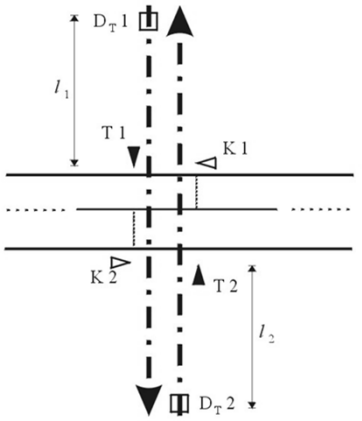
Wersja z „biegnącym czasem”



Wersja „części cyklu”



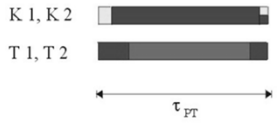
# PRZYKŁAD 1 AKOMODACJI:

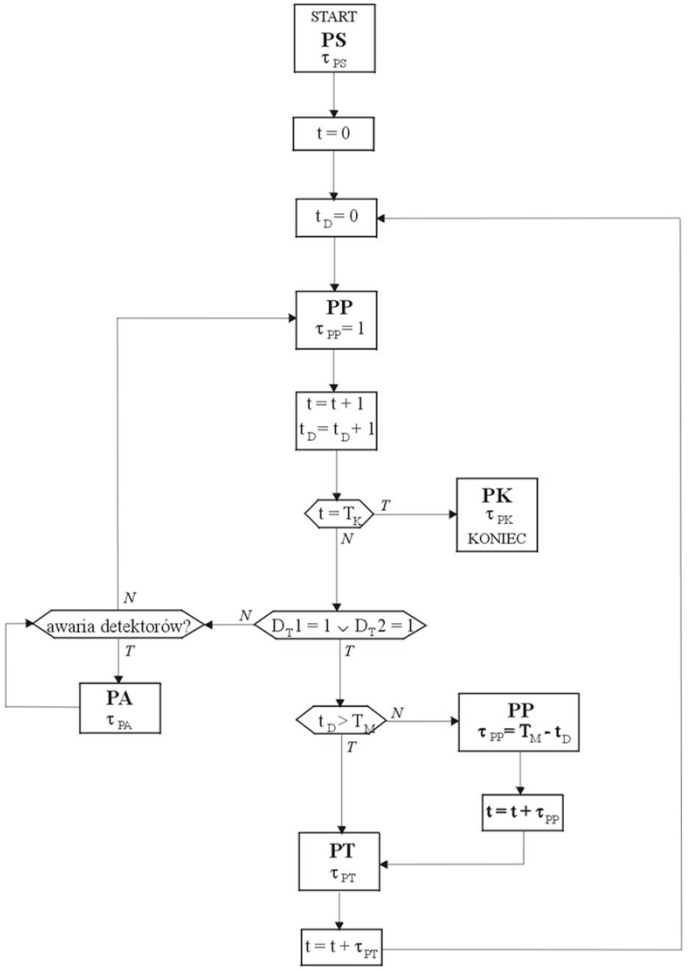



**PP:**

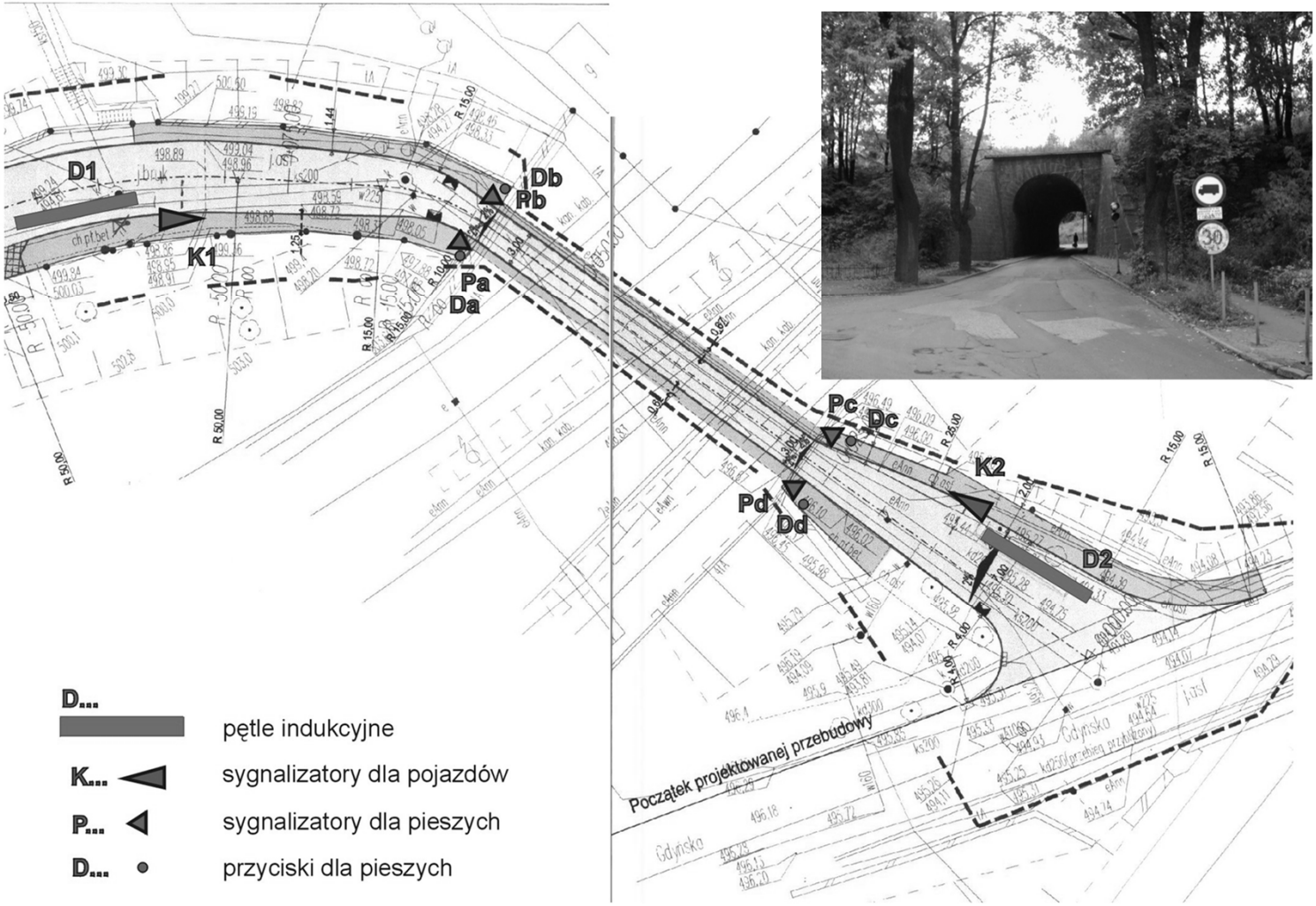



**PT:**

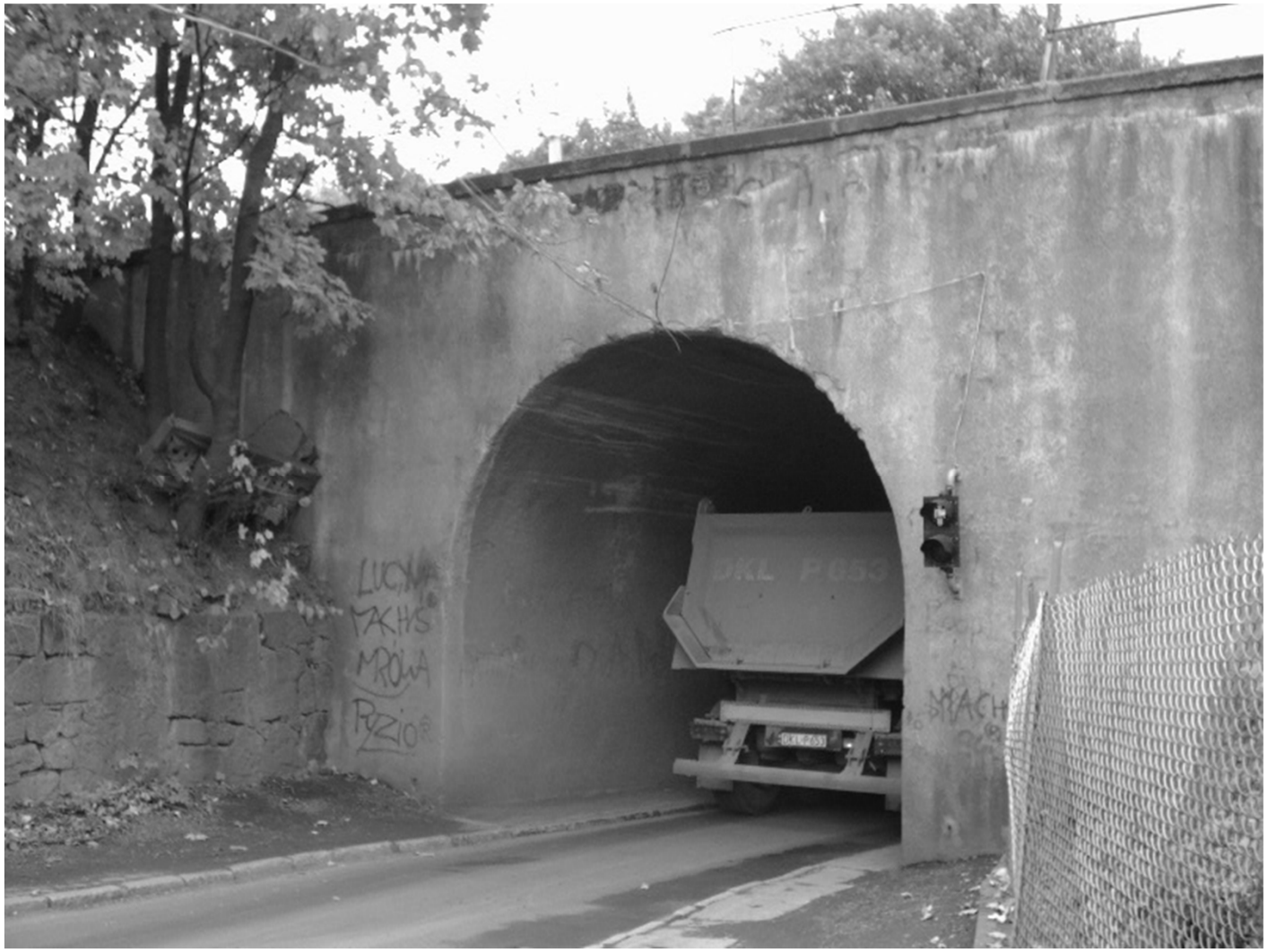


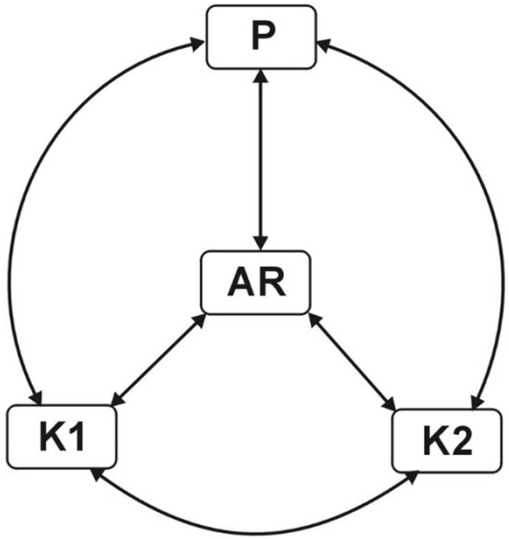
# PRZYKŁAD 2 AKOMODACJI (1)

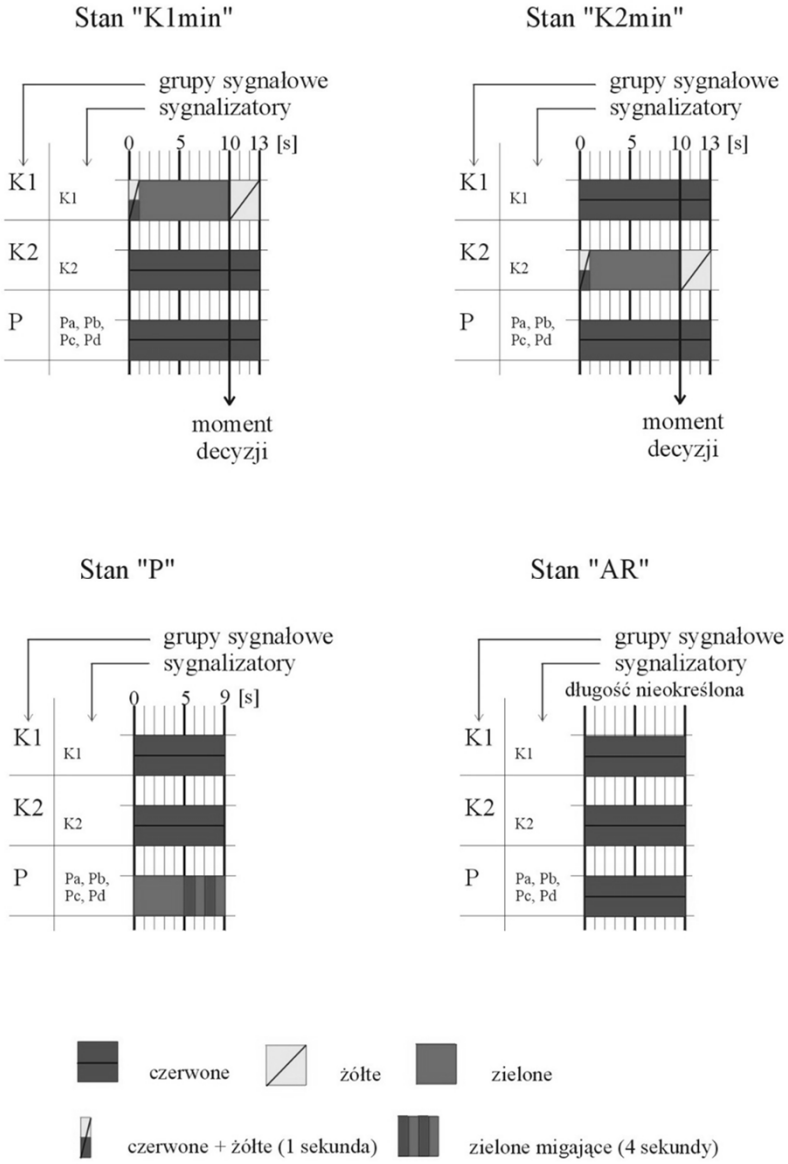


## PRZYKŁAD 2 AKOMODACJI (2)

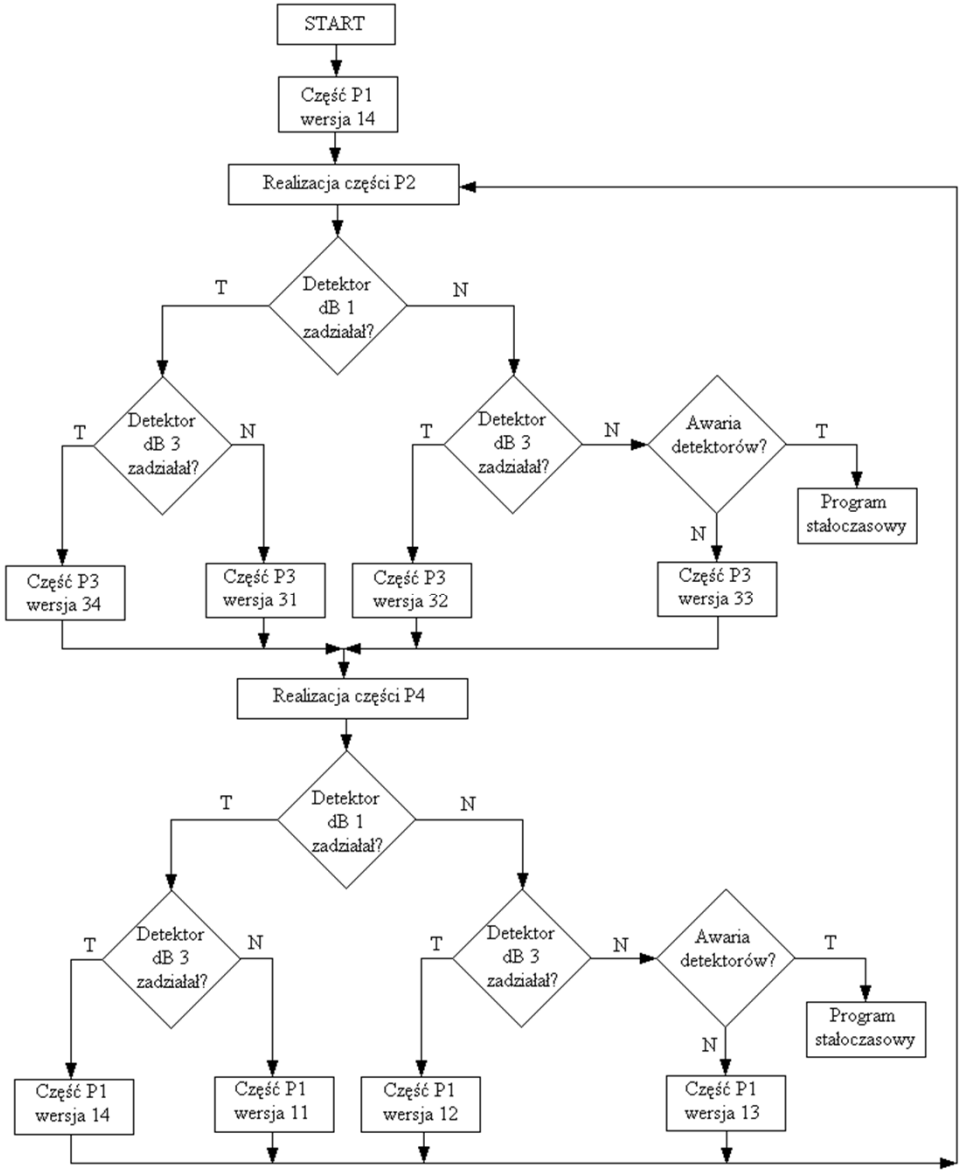


## PRZYKŁAD 3 AKOMODACJI

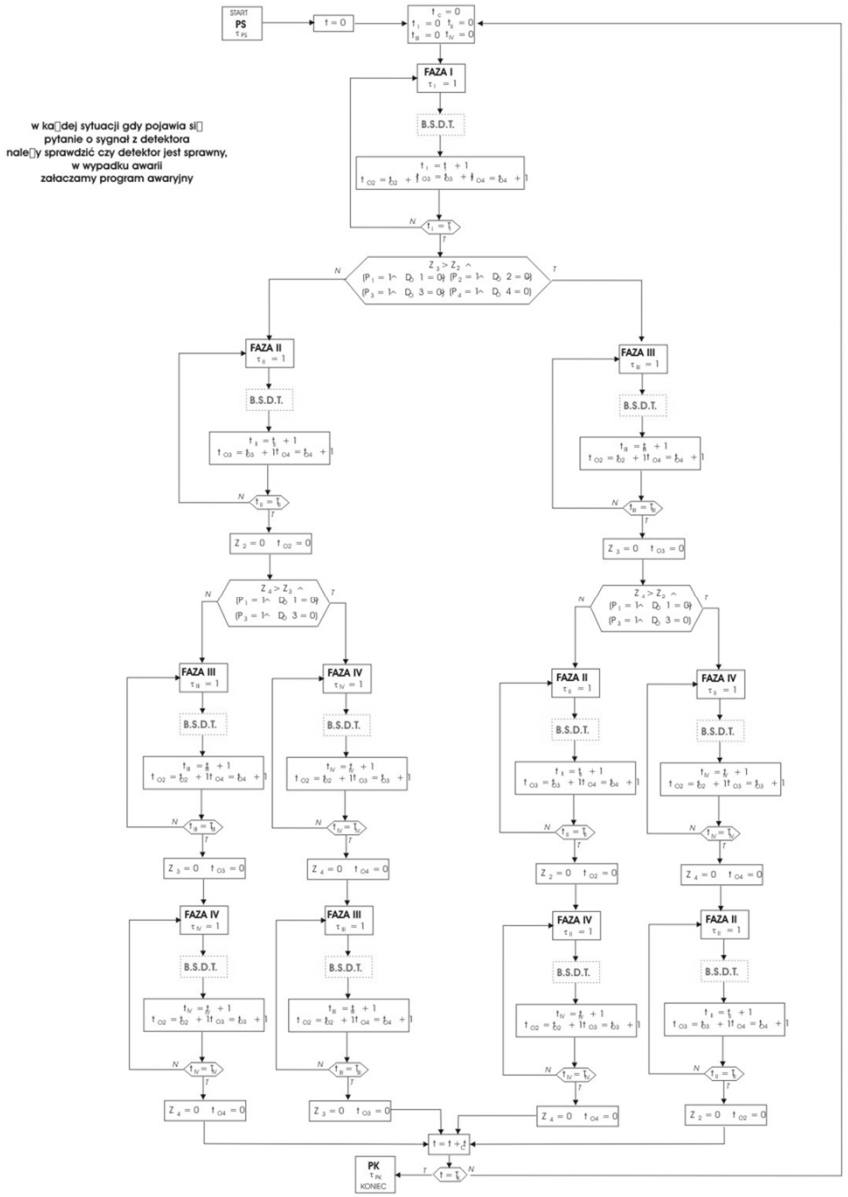


## BARDZIEJ ZŁOŻONY ALGORYTM AKOMODACJI

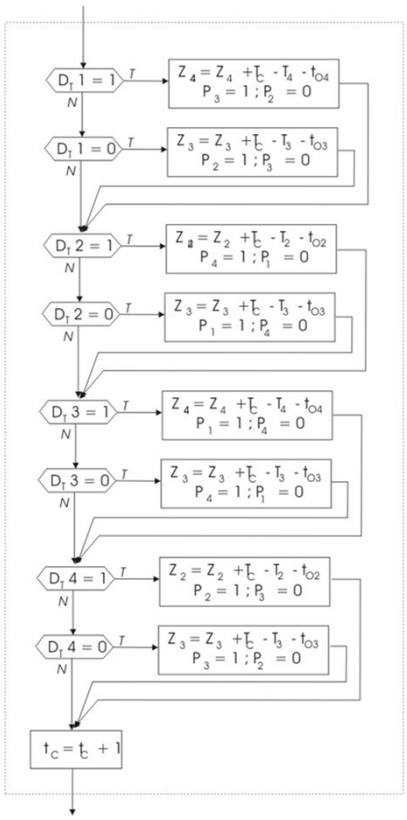


# I JESZCZE BARDZIEJ ZŁOŻONY…

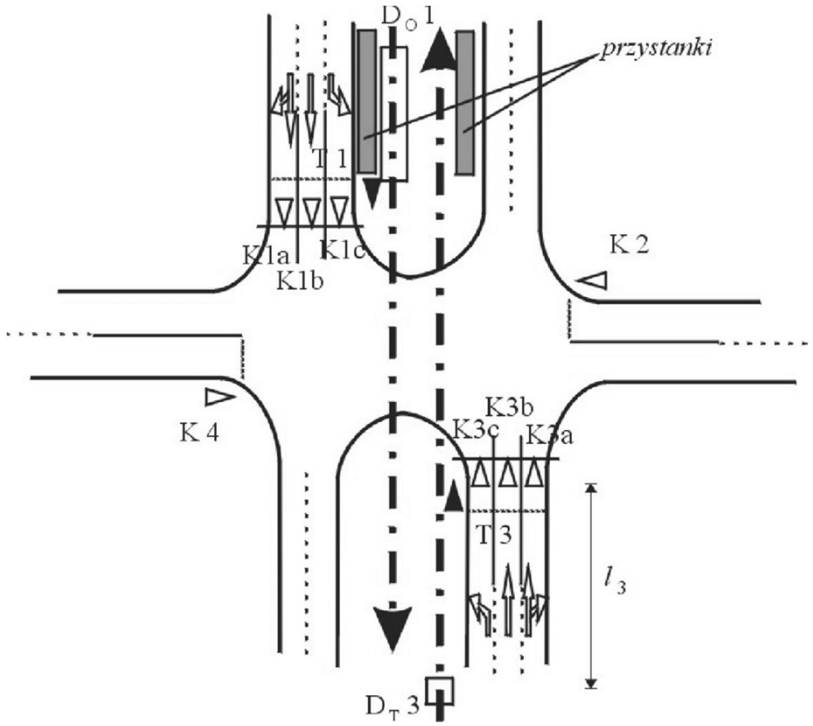


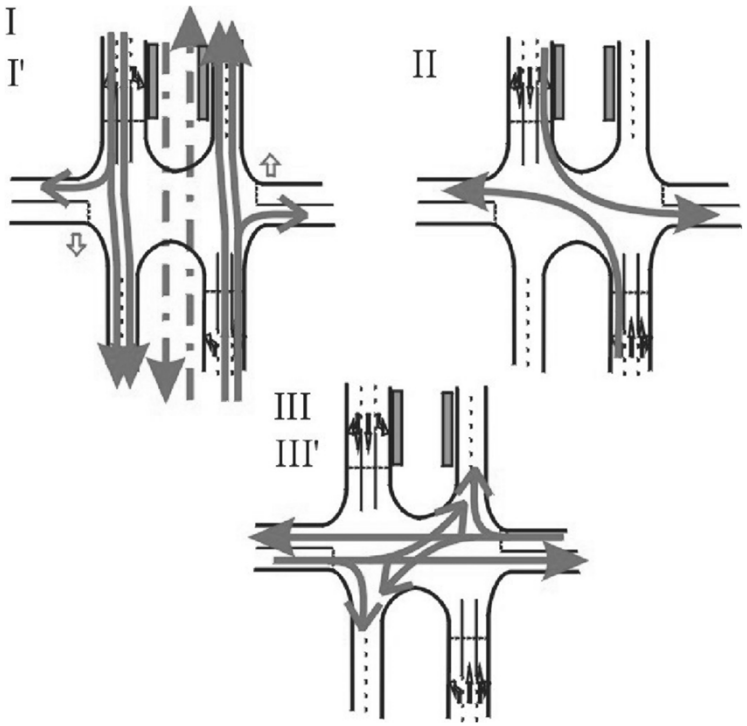

w każdej sytuacji gdy pojawia się pytanie o sygnał z detektora należy sprawdzić czy detektor jest sprawny, w wypadku awarii załaczamy program awaryjny

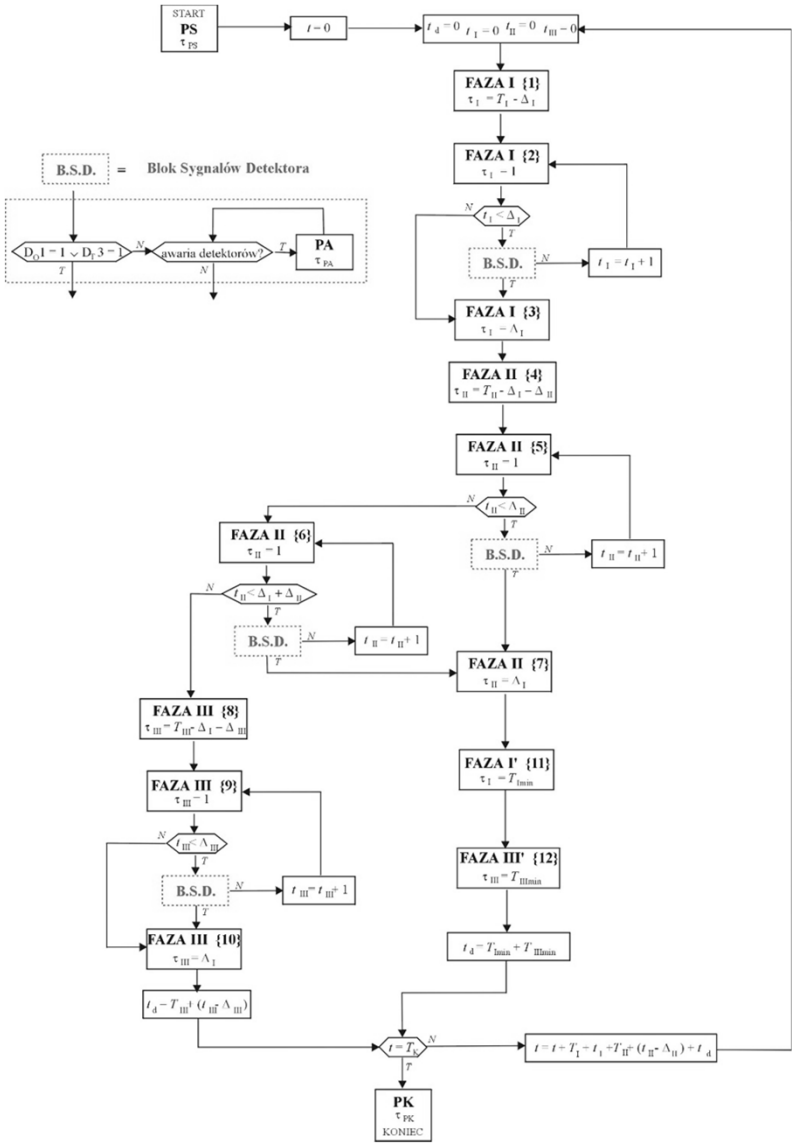
B.S.D.T. = Blok Sygnałów Detektorów Tranzytowych

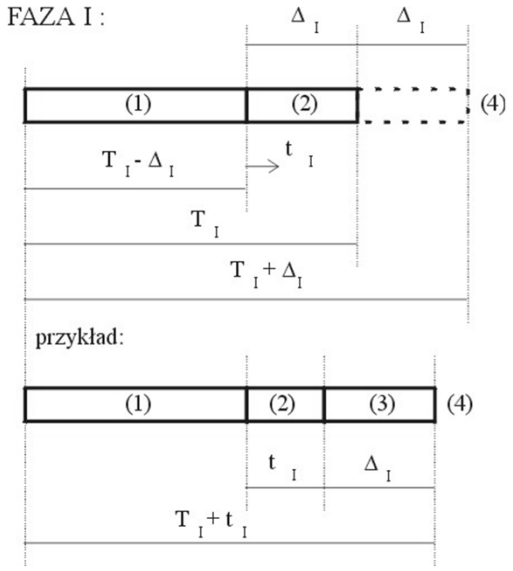


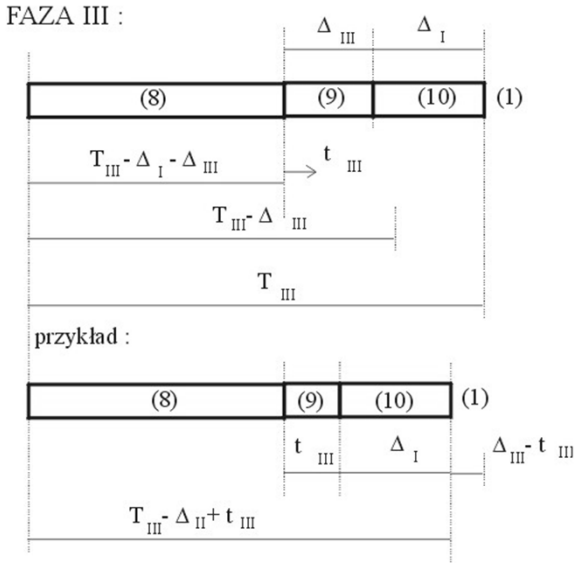
# Metoda wydłużania i skracania faz



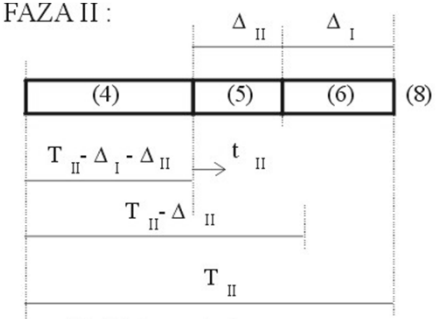

START
PS
τ PS
t = 0
t d = 0 t I = 0 t II = 0 t III = 0
FAZA I {1}
τ I = T I - Δ I
FAZA I {2}
τ I = 1
t I < Δ I
B.S.D.
t I = t I + 1
FAZA I {3}
τ I = Λ I
FAZA II {4}
τ II = T II - Δ I - Δ II
FAZA II {5}
τ II = 1
t II < Λ II
B.S.D.
t II = t II + 1
FAZA II {6}
τ II = 1
t II < Δ I + Δ II
B.S.D.
t II = t II + 1
FAZA II {7}
τ II = Λ I
FAZA III {8}
τ III = T III - Δ I - Δ III
FAZA III {9}
τ III = 1
t III < Λ III
B.S.D.
t III = t III + 1
FAZA III {10}
τ III = Λ I
t d = T IIImin + (t III - Λ III)
FAZA I' {11}
τ I = T Imin
FAZA III' {12}
τ III = T IIImin
t d = T Imin + T IIImin
t = T k
t = t + T I - t I + T II + (t II - Λ II) + t d
PK
τ PK
KONIEC
B.S.D. = Blok Sygnałów Detektora
D0 I = 1 ∨ Dr 3 = 1
awaria detektorów?
PA
τ PA


FAZA I :
Δ I
Δ I
(1)
(2)
(4)
T I - Δ I
t I
T I
T I + Δ I
przykład:
(1)
(2)
(3)
(4)
t I
Δ I
T I + t I

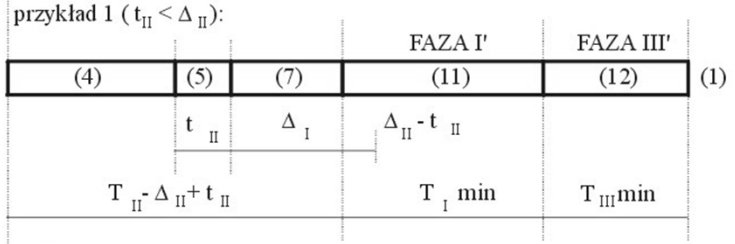

FAZA III :
Δ III
Δ I
(8)
(9)
(10)
(1)
T III - Δ I - Δ III
t III
T III - Δ III
T III
przykład :
(8)
(9)
(10)
(1)
t III
Δ I
Δ III - t III
T III - Δ II + t III

| część cyklu | faza | detektory | długość | uwagi |
|---|---|---|---|---|
| {1} | I | n | $T_I - \Delta_I$ | |
| {2} | I | a | $t_I$ | zgłoszenie w tej części wydłuża I o $t_I$ i generuje {3} |
| {3} | I | n | $\Delta_I$ | wystąpi tylko gdy w trakcie {2} zgłoszenie |
| {4} | II | n | $T_{II}$ min - $\Delta_I$ | |
| {5} | II | a | $t_{II}$ | zgłoszenie w tej części skraca II o $\Delta_{II} - t_{II}$ i generuje {7} |
| {6} | II | a | $t_{II} - \Delta_{II}$ | zgłoszenie w tej części wydłuża II o $t_{II} - \Delta_{II}$ i generuje {7} |
| {7} | II | n | $\Delta_I$ | wystąpi tylko gdy w trakcie {5} lub {6} zgłoszenie oraz generuje {11} |
| {8} | III | n | $T_{III}$ min - $\Delta_I$ | wystąpi tylko gdy w trakcie {5} lub {6} nie ma zgłoszeń |
| {9} | III | a | $t_{III}$ | zgłoszenie w tej części skraca III o $\Delta_{III} - t_{III}$ |
| {10} | III | n | $\Delta_I$ | |
| {11} | I’ | n | $T_I$ min | tylko po {7} i generuje {12} |
| {12} | III’ | n | $T_{III}$ min | tylko po {11} i generuje {1} |
| detektory: a – aktywne, n – nieaktywne | | | | |

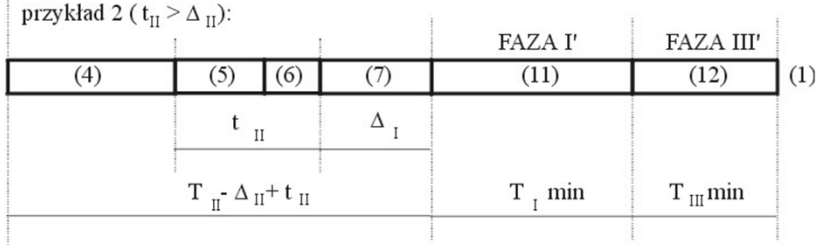
FAZA II :



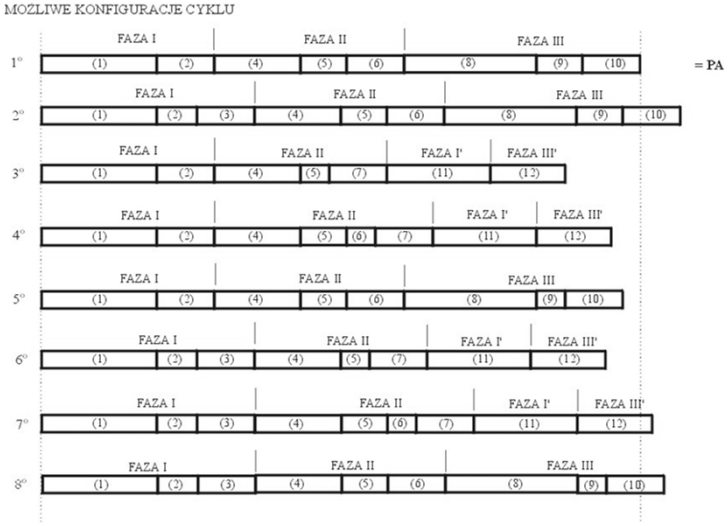

przykład 1 ( $t_{II} < \Delta_{II}$):



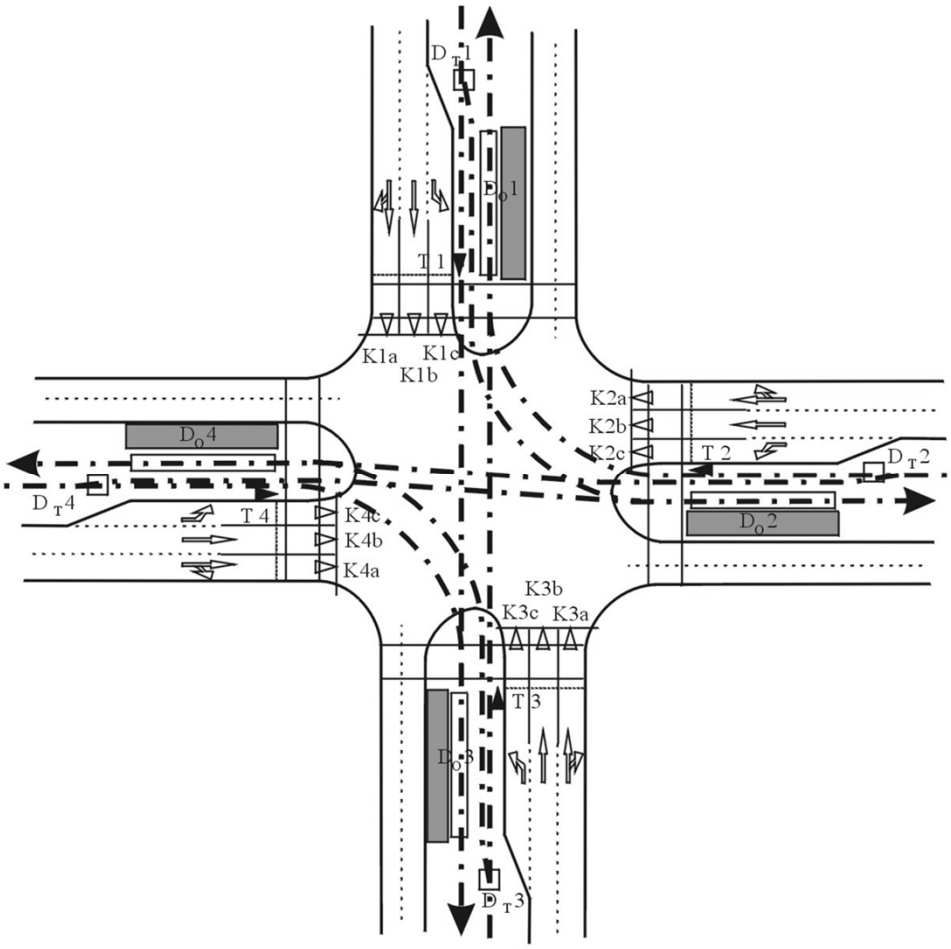

przykład 2 ( $t_{II} > \Delta_{II}$):

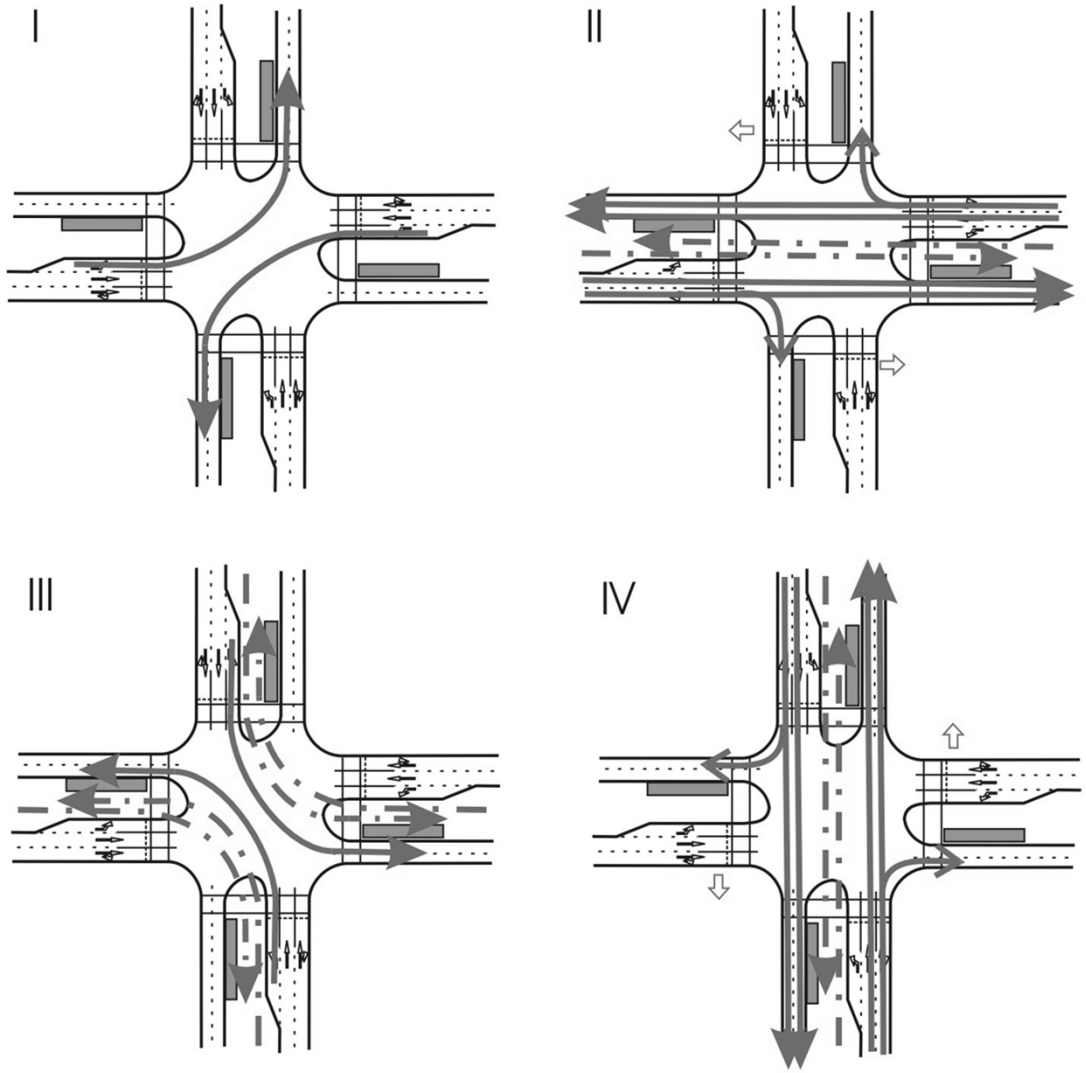



MOŻLIWE KONFIGURACJE CYKLU

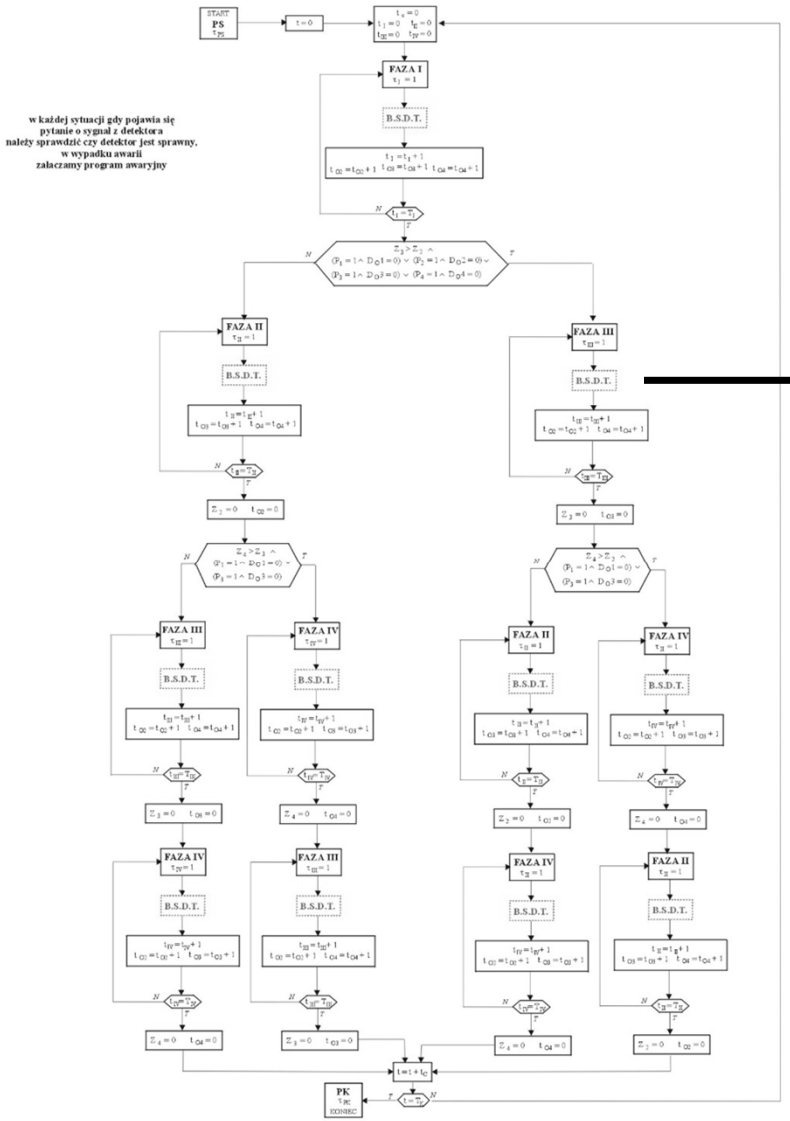


# Metoda zamiany kolejności faz




I
II
III
IV

| kierunek: | w prawo | na wprost | w lewo |
|---|---|---|---|
| $D_T1$ | X | 1 | 0 |
| $D_T2$ | 0 | 1 | X |
| $D_T3$ | X | 1 | 0 |
| $D_T4$ | 0 | 1 | X |




w każdej sytuacji gdy pojawia się pytanie o sygnał z detektora należy sprawdzić czy detektor jest sprawny, w wypadku awarii załączamy program awaryjny

