



**TRAMWAJE
WARSZAWSKIE**

***Wpływ strefy dylematu w sygnalizacji
akomodacyjnej
na bezpieczeństwo ruchu tramwajowego***

Anna Górka

agorka@tw.waw.pl

Jarosław Szustek

jszustek@tw.waw.pl

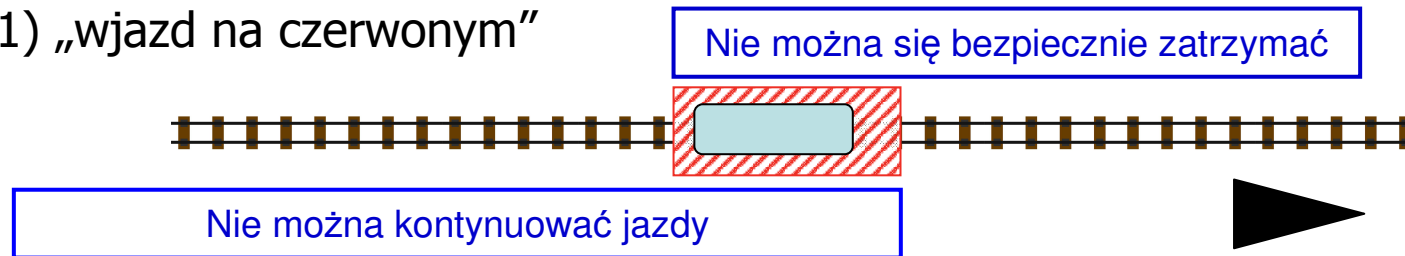
VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

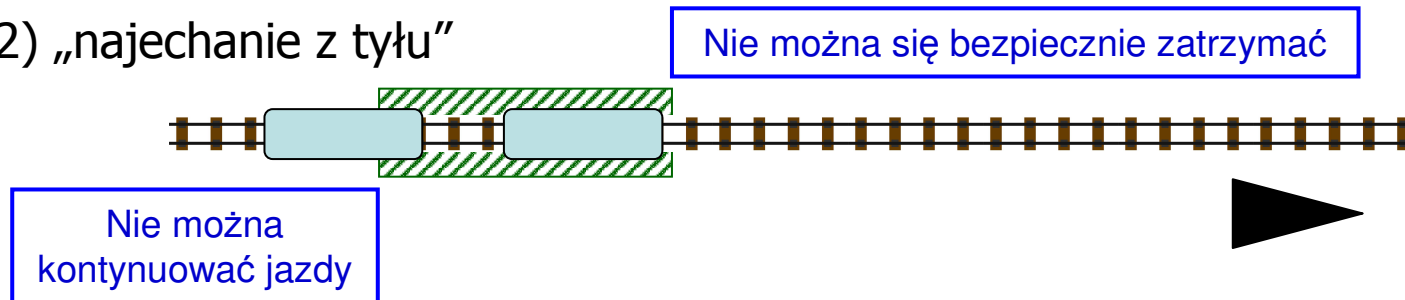
Problem dylematu

1) „wjazd na czerwonym”



Zbyt krótki sygnał żółty - mniejszy niż czas przejazdu odcinka drogi hamowania: $t_z < t_d = v/2a + t_r$, gdzie t_r -czas reakcji,

2) „najechanie z tyłu”



Zbyt długi sygnał żółty wobec czasu dojazdu drugiego tramwaju
 $t_{d2} = v/2a + t_r + t_n$, gdzie t_n -czas następstwa,
 $(t_d \leq t_z) \wedge (t_{d2} \leq t_z)$

Problem dylematu – c.d.

Jednorodność struktury rodzajowej strumienia tramwajów:

1. Ograniczenia prędkości:

- do **70 km/h** na wybranych odcinkach bez sygn. świetlnej
- do **60 km/h** na pozostałych odcinkach
- **15-30 km/h** na rozjazdach, krzyżownicach, łukach.

2. Opóźnienie hamowania

- **1 m/s²** – komfortowe
- **1,3 m/s²** – odczuwalne, konieczność trzymania uchwytu
- **1,5 m/s²** – niekomfortowe, przewracanie się pasażerów

3. Refleks motorniczego – czas reakcji zmienny, ok. **0,9s**

4. Odstęp między kolejnymi tramwajami:

- rośnie wraz z prędkością lub w razie blokady rozjazdu (nieist.)
- maleje w przypadku deficytu sygnału zezwalającego (<18s)
- istotna zmienność **2-8s**

Problem dylematu – c.d.

analiza dla: $t_r=0,9s$; $t_z=3s$; $t_n=3s$

| a [m/s ²] | 1 | | | 1,3 | | | 1,5 | | |
|-----------------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| v [km/h] | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 |
| 5 | 1,6 | | | 1,4 | | | 1,4 | | |
| 10 | 2,3 | | | 2,0 | | | 1,8 | | |
| 15 | 3,0 | | | 2,5 | | | 2,3 | | |
| 20 | 3,7 | W.CZ. | | 3,0 | W.CZ. | | 2,8 | | |
| 25 | 4,4 | W.CZ. | | 3,6 | W.CZ. | | 3,2 | W.CZ. | |
| 30 | 5,1 | W.CZ. | | 4,1 | W.CZ. | | 3,7 | W.CZ. | |
| 35 | 5,8 | W.CZ. | | 4,6 | W.CZ. | | 4,1 | W.CZ. | |
| 40 | 6,5 | W.CZ. | | 5,2 | W.CZ. | | 4,6 | W.CZ. | |
| 45 | 7,2 | W.CZ. | | 5,7 | W.CZ. | | 5,1 | W.CZ. | |
| 50 | 7,8 | W.CZ. | | 6,2 | W.CZ. | | 5,5 | W.CZ. | |
| 55 | 8,5 | W.CZ. | | 6,8 | W.CZ. | | 6,0 | W.CZ. | |
| 60 | 9,2 | W.CZ. | | 7,3 | W.CZ. | | 6,5 | W.CZ. | |
| 65 | 9,9 | W.CZ. | | 7,8 | W.CZ. | | 6,9 | W.CZ. | |
| 70 | 10,6 | W.CZ. | | 8,4 | W.CZ. | | 7,4 | W.CZ. | |

VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Problem dylematu – c.d.

analiza dla: $t_r=0,9s$; $t_z=6s$; $t_n=3s$

| a [m/s ²] | 1 | | | 1,3 | | | 1,5 | | |
|-----------------------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|
| v [km/h] | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 |
| 5 | 1,6 | | NAJ. | 1,4 | | NAJ. | 1,4 | | NAJ. |
| 10 | 2,3 | | NAJ. | 2,0 | | NAJ. | 1,8 | | NAJ. |
| 15 | 3,0 | | NAJ. | 2,5 | | NAJ. | 2,3 | | NAJ. |
| 20 | 3,7 | | | 3,0 | | | 2,8 | | NAJ. |
| 25 | 4,4 | | | 3,6 | | | 3,2 | | |
| 30 | 5,1 | | | 4,1 | | | 3,7 | | |
| 35 | 5,8 | | | 4,6 | | | 4,1 | | |
| 40 | 6,5 | W.CZ. | | 5,2 | | | 4,6 | | |
| 45 | 7,2 | W.CZ. | | 5,7 | | | 5,1 | | |
| 50 | 7,8 | W.CZ. | | 6,2 | W.CZ. | | 5,5 | | |
| 55 | 8,5 | W.CZ. | | 6,8 | W.CZ. | | 6,0 | | |
| 60 | 9,2 | W.CZ. | | 7,3 | W.CZ. | | 6,5 | W.CZ. | |
| 65 | 9,9 | W.CZ. | | 7,8 | W.CZ. | | 6,9 | W.CZ. | |
| 70 | 10,6 | W.CZ. | | 8,4 | W.CZ. | | 7,4 | W.CZ. | |

Problem dylematu – c.d.

analiza dla: $t_r=0,9s$; $t_z=8s$; $t_n=3s$

| a [m/s ²] | 1 | | | 1,3 | | | 1,5 | | |
|-----------------------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|------------|---------|---------|
| v [km/h] | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 | td [s] | tram. 1 | tram. 2 |
| 5 | 1,6 | | NAJ. | 1,4 | | NAJ. | 1,4 | | NAJ. |
| 10 | 2,3 | | NAJ. | 2,0 | | NAJ. | 1,8 | | NAJ. |
| 15 | 3,0 | | NAJ. | 2,5 | | NAJ. | 2,3 | | NAJ. |
| 20 | 3,7 | | NAJ. | 3,0 | | NAJ. | 2,8 | | NAJ. |
| 25 | 4,4 | | NAJ. | 3,6 | | NAJ. | 3,2 | | NAJ. |
| 30 | 5,1 | | | 4,1 | | NAJ. | 3,7 | | NAJ. |
| 35 | 5,8 | | | 4,6 | | NAJ. | 4,1 | | NAJ. |
| 40 | 6,5 | | | 5,2 | | | 4,6 | | NAJ. |
| 45 | 7,2 | | | 5,7 | | | 5,1 | | |
| 50 | 7,8 | | | 6,2 | | | 5,5 | | |
| 55 | 8,5 | W.CZ. | | 6,8 | | | 6,0 | | |
| 60 | 9,2 | W.CZ. | | 7,3 | | | 6,5 | | |
| 65 | 9,9 | W.CZ. | | 7,8 | | | 6,9 | | |
| 70 | 10,6 | W.CZ. | | 8,4 | W.CZ. | | 7,4 | | |

Skrzyżowanie Marymoncka - Zabłocińska

- wydzielone torowisko
- skrzyżowanie w zagłębieniu
- niewielkie natężenie poprzecznego ruchu samochodowego
- 32 tramwajów na godzinę w szczycie (w przekroju)
- pełny priorytet na trasie
- sterownik akomodacyjny EC-2 (Peek)



VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Eliminacja dylematu w akomodacji

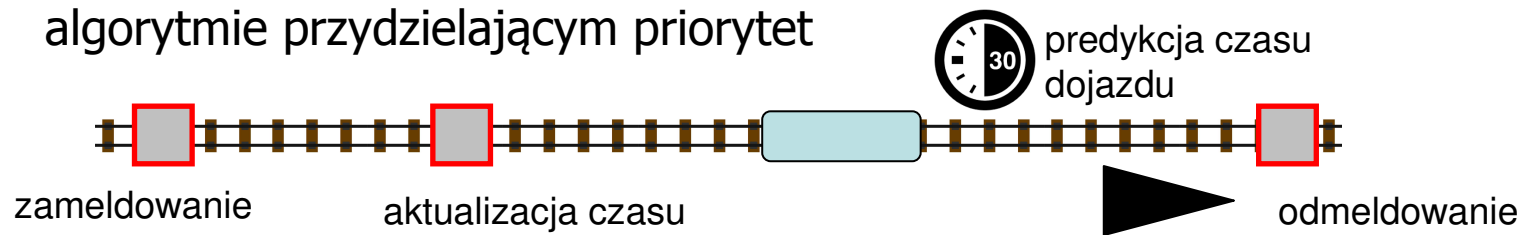
Definiuje się w algorytmie nadrzędne przedłużenie sygnału dla tramwaju, który został wykryty w strefie dylematu poprzez:

- dodatkowy detektor dylematu (150m od linii zatrz.) i związaną z nim lukę czasową pokrywającą deficyt czasu żółtego, np.

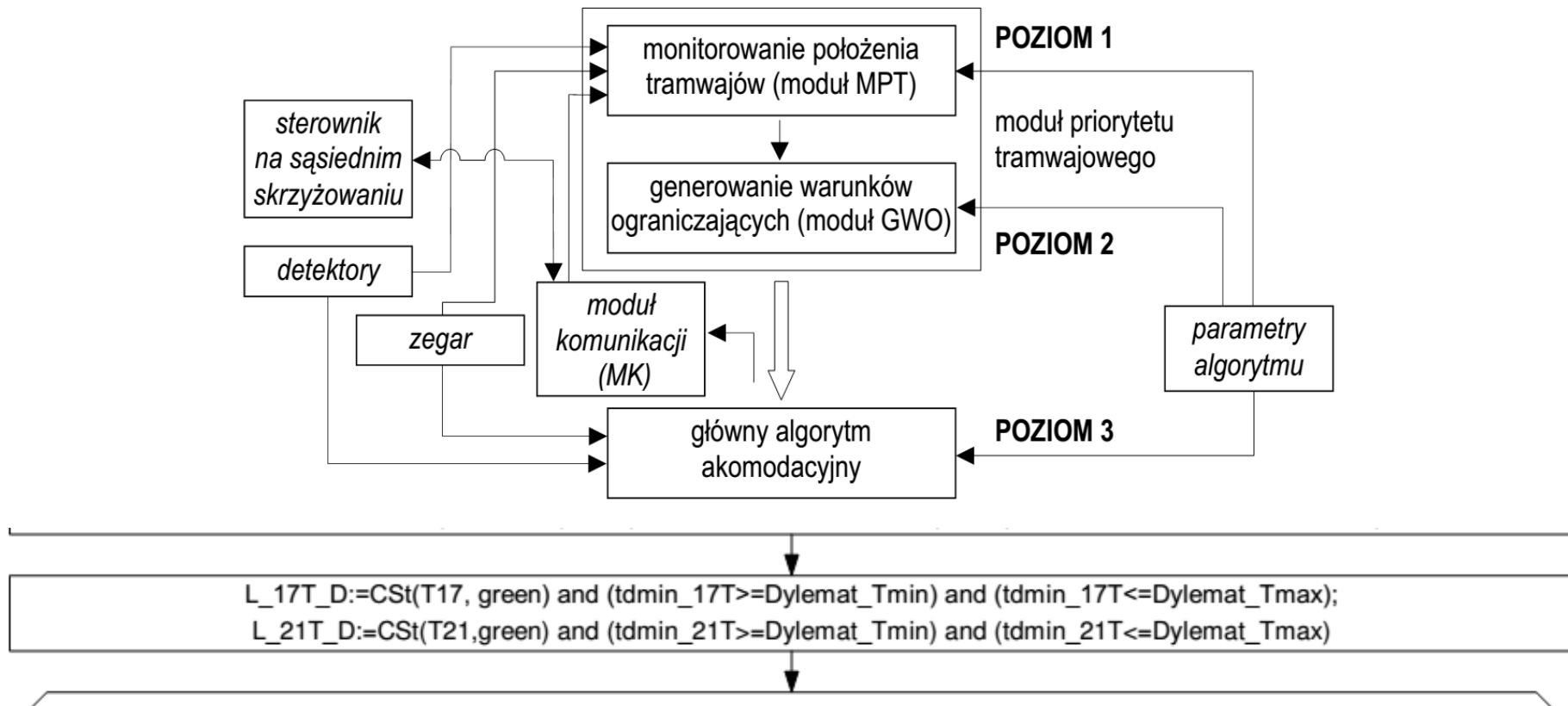
***L_4T_D** : luka $\leq 10s$ na **D4.2** – obecność tramwaju w strefie dylematu grupy **4T**,*

lub

- wykorzystanie modułu monitorującego położenie tramwajów w algorytmie przydzielającym priorytet



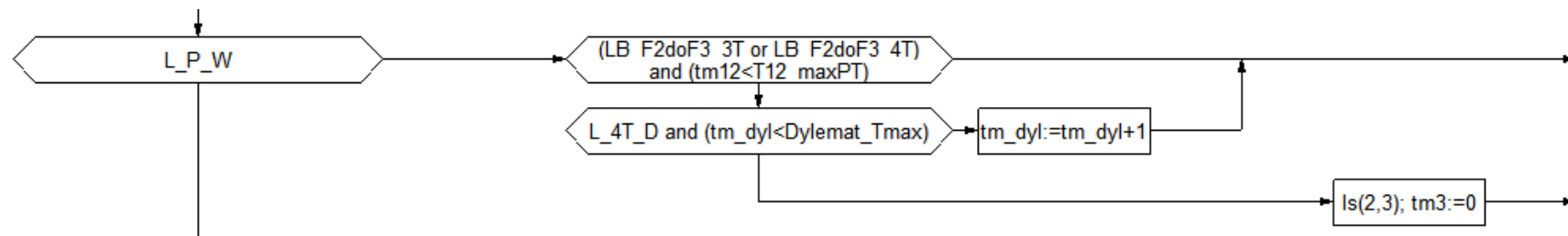
Eliminacja dylematu w akomodacji – c.d.



Koniunkcja warunków: sygnał zielony w grupie i czas dojazdu **tdmin** zawarty w granicach $\langle Dylemat_Tmin; Dylemat_Tmax \rangle$, przyjęto przedział $\langle 1,1s; 10s \rangle$

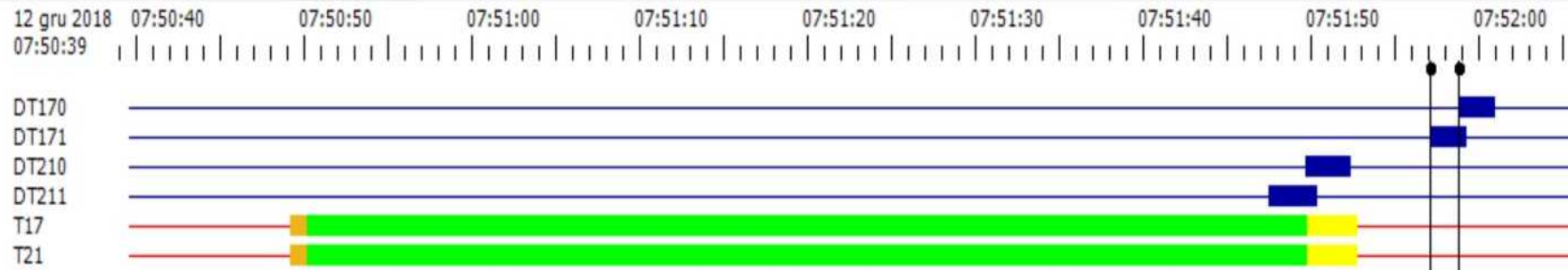
Eliminacja dylematu w akomodacji – c.d.

Dylemat rozpatrujemy tylko dla wlotów niewyposażonych w przystanek i nieobjętych ograniczeniem prędkości:



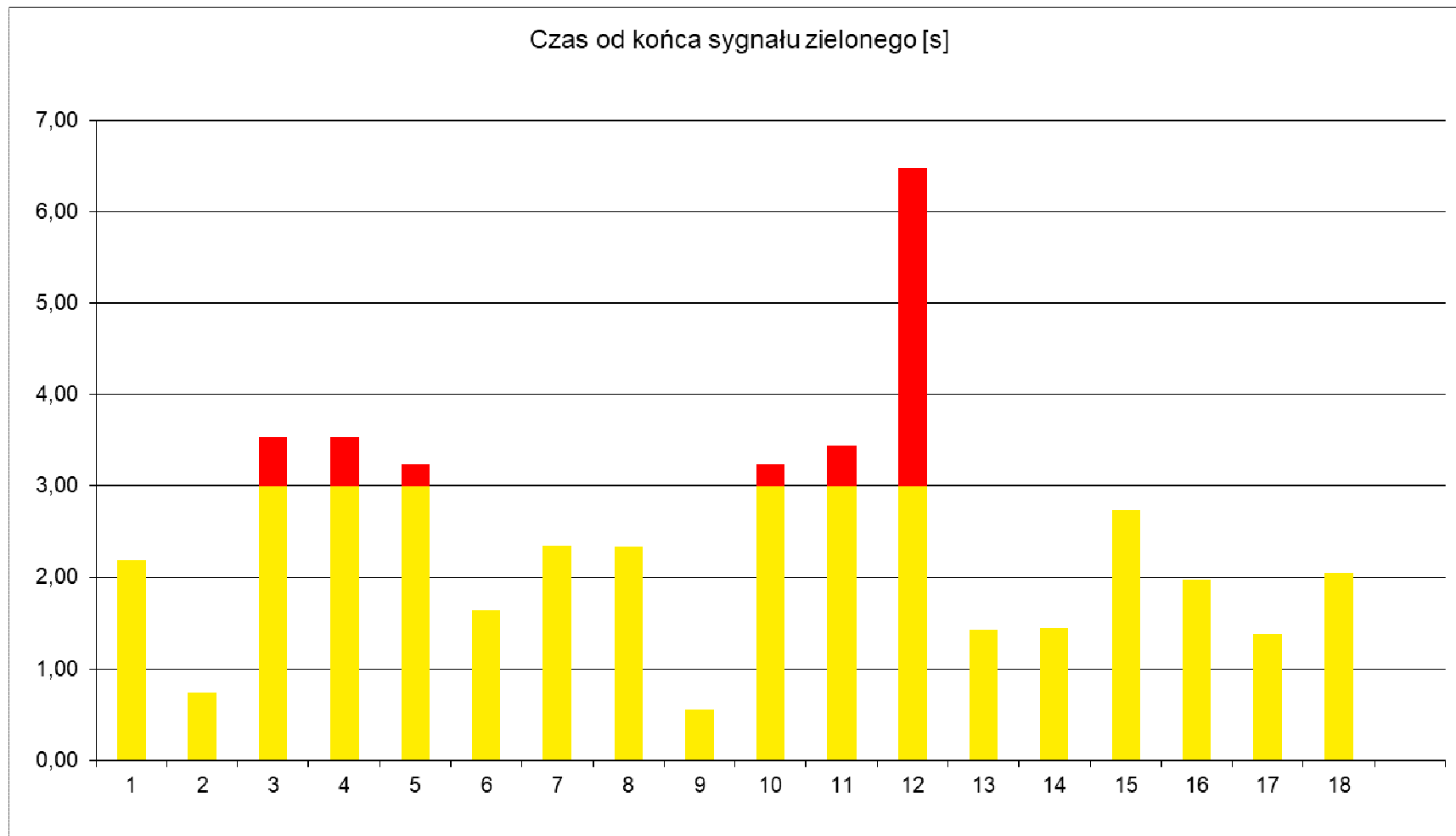
- konieczne jest uwzględnienie rezerwy w cyklu na dodatkowy przedział zmienności fazy lub rozerwanie cyklu
- eliminacja równoczesnego dylematu na wlotach przeciwbieżnych wymaga istotnego rozbudowania algorytmu

Częstość zdarzeń



- rejestracja wszystkich przejazdów w sterowniku
- 19 zdarzeń w ciągu 5 dni roboczych (6 wjazdów na sygnale zabraniającym)
- średnio 3 dziennie
- 0,78% wszystkich przejazdów przez skrzyżowanie
- średnia prędkość 48,57 ($\sigma=5,33$)

Częstość zdarzeń

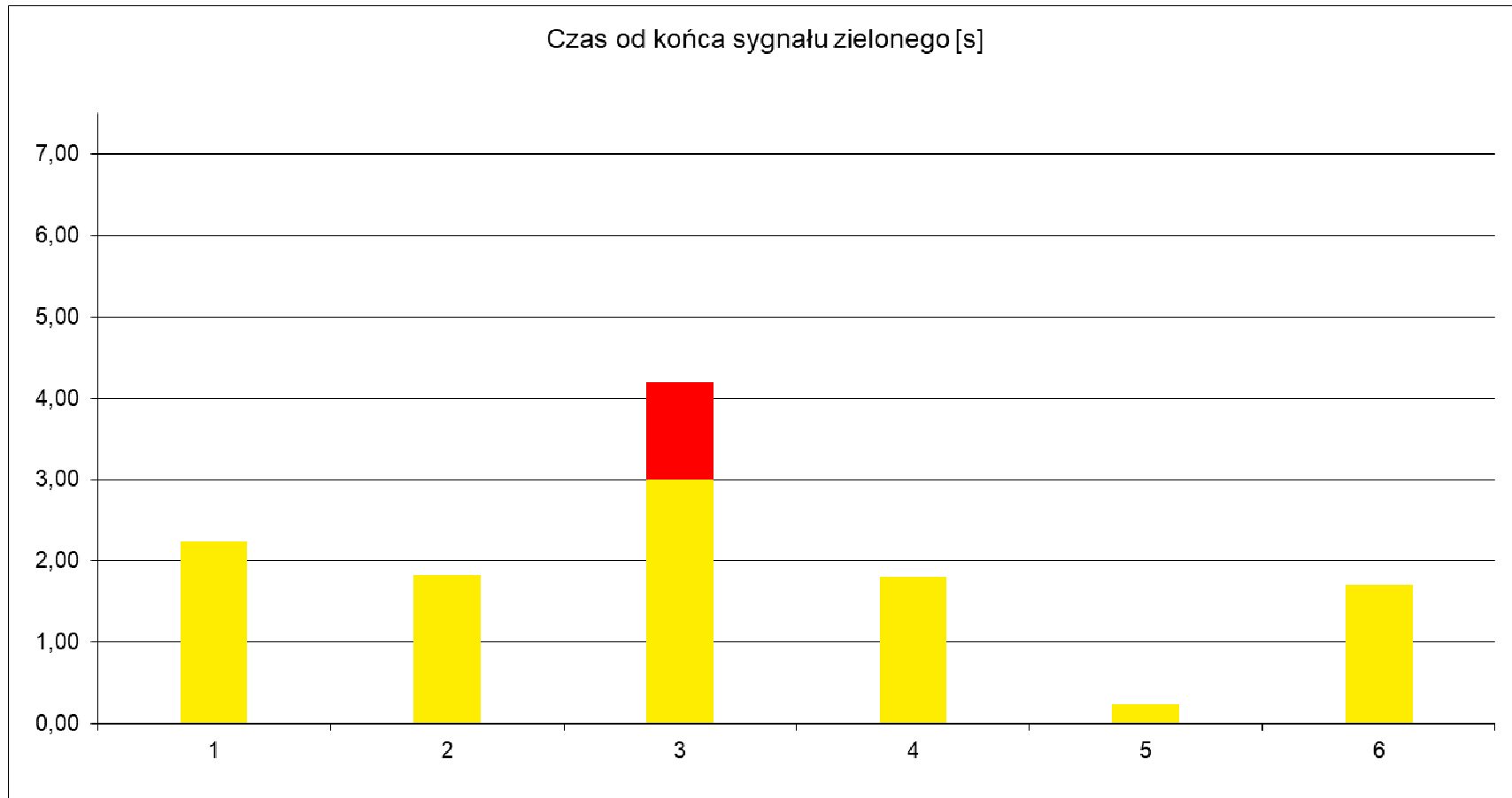


VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl

Po wdrożeniu

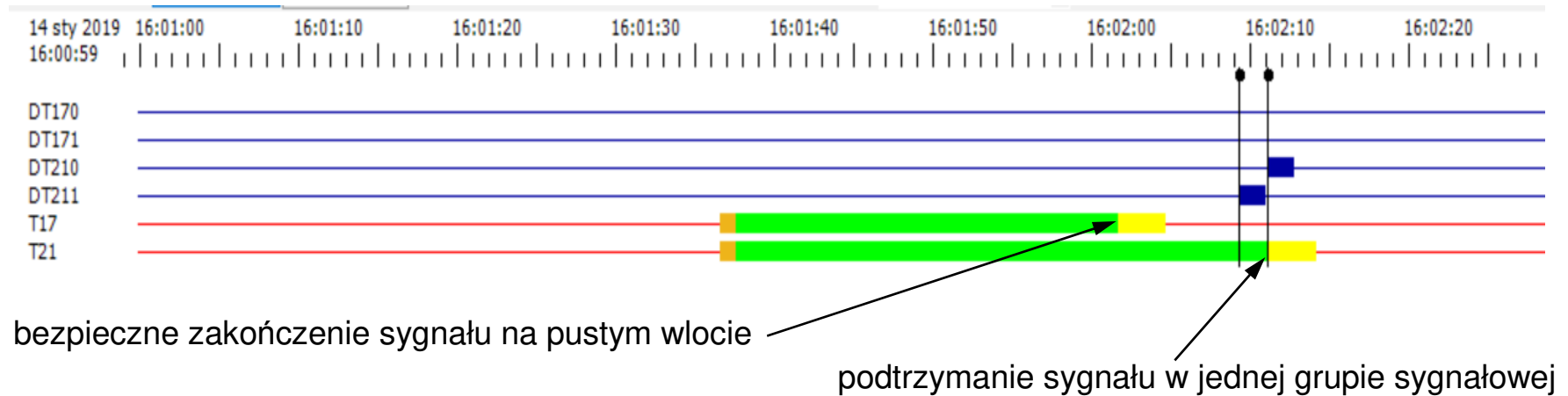


VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

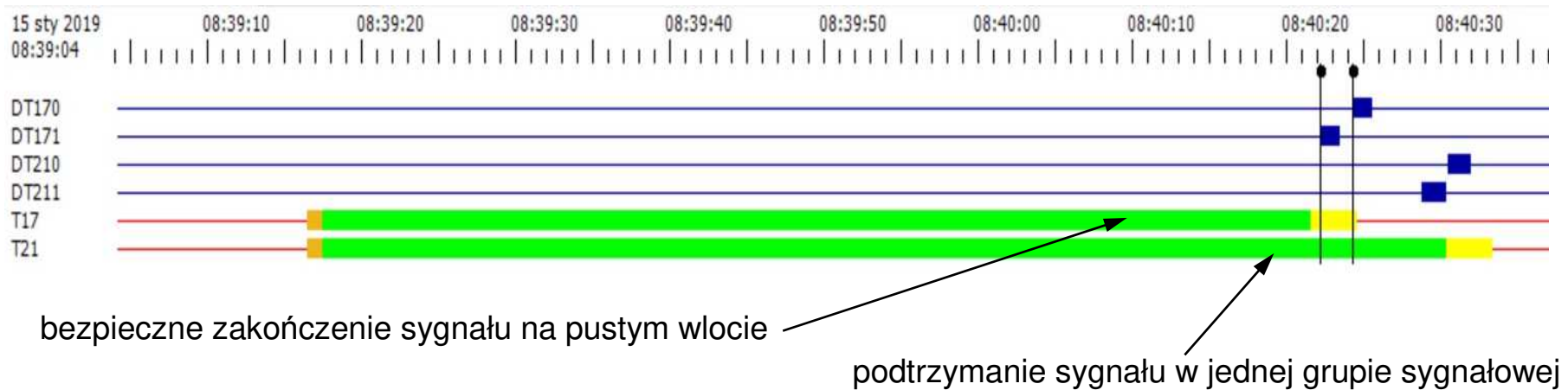
www.konferencjespecjalistyczne.pl

Po wdrożeniu



- Tylko 6 zdarzeń w ciągu 5 dni roboczych (1 wjazd na sygnale zabraniającym, pozostałe na sygnale żółtym)

Po wdrożeniu



- Tylko 6 zdarzeń w ciągu 5 dni roboczych (1 wjazd na sygnale zabraniającym, pozostałe na sygnale żółtym)



**TRAMWAJE
WARSZAWSKIE**

***Wpływ strefy dylematu w sygnalizacji
akomodacyjnej
na bezpieczeństwo ruchu tramwajowego***

Anna Górka

agorka@tw.waw.pl

Jarosław Szustek

jszustek@tw.waw.pl

VI KRAKOWSKIE DNI BRD 2019

Kraków, 14-15 lutego 2019 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl