

BIURO PROJEKTOWE DUKT
Marek Puchała
40-871 Katowice, ul. Tysiąclecia 78/83

**Projekt sygnalizacji świetlnej
na skrzyżowaniu ulic:
Warszawska – Francuska
w Katowicach**

Projekt nr 2009-24G

Opracował: mgr inż. Marek Puchała
mgr inż. Łukasz Bittner

2010-07-06

Spis treści

1.	Cel opracowania	3
2.	Orientacja	3
3.	Stan istniejący	3
4.	Obliczenia przepustowości.....	3
5.	Stan projektowany.....	4
6.	Algorytm sterowania	4
7.	Harmonogram pracy sygnalizacji.....	5
8.	Numeracja elementów sterowania	5
9.	Wykaz grup nadzorowanych	5
10.	Detekcja.....	6
11.	Przyciski dla pieszych	6
12.	Obliczenia czasów międzyzielonych	7
13.	Długości czasów sygnału zielonego.....	7
14.	Układ faz	7
15.	Priorytet dla tramwajów	7
16.	Programy pracy sygnalizacji	8
17.	Linie warunkowego zatrzymania P-14.....	9

1. Cel opracowania

Projekt sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Warszawska – Francuska w Katowicach wykonany został po remoncie torowiska na ul. Warszawskiej i 1 Maja.

2. Orientacja

Orientacja przedstawiona jest na rys nr 924G-1.

3. Stan istniejący

Skrzyżowanie ulic Warszawskiej i Francuskiej jest skrzyżowaniem trójwlotowym. Wlot wschodni od Zawodzia ma 2 pasy na wprost. Wlot zachodni ma dwa pasy na wprost, natomiast wlot południowy ma dwa pasy w lewo i jeden w prawo. Wzdłuż ulicy Warszawskiej odbywa się ruch tramwajowy.

Na przedmiotowym skrzyżowaniu istnieje sygnalizacja świetlna. Składa się ona z 9 grup sygnałowych:

- KL1 – wlot południowy (ul. Francuska) w lewo
- K2 – wlot południowy (ul. Francuska) w prawo
- K3 – wlot wschodni (od Zawodzia) na wprost
- KW4 – wlot zachodni (od Rynku) na wprost
- T5 – tramwaj od Rynku
- P6 – przejście dla pieszych przez ul. Warszawską
- P7 – przejście dla pieszych przez ul. Francuską
- O8 – komora ostrzegawcza przy przejściu P6
- T10 – tramwaj od Zawodzia

Na skrzyżowaniu wzdłuż ul. Warszawskiej obowiązuje nakaz jazdy prosto zarówno od Zawodzia jak i od Rynku. Skrzyżowanie należy do koordynowanego ciągu ulicy Francuskiej.

4. Obliczenia przepustowości

W związku z przebudową układu komunikacyjnego w centrum Katowic zmianie ulegnie rozkład ruchu na skrzyżowaniu. Ponieważ nie jest możliwe przewidzenie natężenia ruchu po oddaniu ul. Warszawskiej do ruchu po remoncie torowiska, nowy program sygnalizacji projektuje się w oparciu o istniejące natężenia ruchu zmierzone przed remontem ulicy. Obliczenia przedstawione są w tabeli 4.

W celu obliczenia przepustowości na skrzyżowaniu z priorytetem przyjęto poniższe założenia:

Średnia częstotliwość tramwajów w dwie strony 1 pojazd co 90 sekund

Liczba tramwajów na cykl to 1,3

Część tramwajów przejedzie w swojej fazie a druga część przerwie fazę kolizyjną

Przerwanie fazy kolizyjnej średnio skróci ją o połowę.

W ciągu godziny zielone dla w lotu Francuskiej w godzinie szczytu wynosi 1500 sekund biorąc pod uwagę powyższe warunki zostaje skrócone do ok 1200 co daje średnią długość zielonego skróconą do 40s. Obliczenia przedstawione są w tabeli 5.

Po oddaniu wszystkich skrzyżowań do ruchu należy przeprowadzić ponowne pomiary natężeń ruchu i zweryfikować długości sygnałów zielonych i długości cyklu.

5. Stan projektowany

Nie przewiduje się zmian w geometrii skrzyżowania. Zmianie uległo oznakowanie poziome, ograniczające ruch od Rynku do jednego pasa. Na skrzyżowaniu projektuje się dodatkową grupę jazdy warunkowej w prawo. W celu zoptymalizowania pracy sygnalizacji objęto detekcją grupy kołowe, tramwajowe oraz piesze. Projektuje się zastosowanie wideodetekcji dla wykrywania obecności samochodów i tramwajów oraz przyciski dla pieszych. Na skrzyżowaniu wprowadza się również priorytet dla tramwajów. Rezygnuje się z koordynacji z ciągiem ulicy Francuskiej.

6. Algorytm sterowania

Sygnalizacja będzie pracować w trybie „All Red”, co oznacza, że w przypadku braku zgłoszeń detektorów pojazdów oraz z przycisków dla pieszych, wszystkie grupy wyświetlają sygnał czerwony. W celu optymalnego działania programu sygnalizacji projektuje się następujące warunki:

1. Gdy brak zgłoszeń na przyciskach i detektorach we wszystkich grupach wyświetlany jest sygnał czerwony.
2. Jeżeli dowolny detektor wykrywa zajętość w stanie AllRed, wtedy żądana grupa dostaje bezzwłocznie sygnał zielony.
3. Jeśli któreś z grup są zielone, fazy wywoływane są wg kolejności układu faz (rysunek 924G-5)
4. Fazy, na które nie ma zapotrzebowania są pominięte.
5. Grupy K3 i KW4 wywołują się wzajemnie.
6. Grupy KL1 i K2 wywołują i ciągną się wzajemnie.
7. P6 może być wywołana do końca GMin w grupie K2 gdy są zgłoszenia kolizyjne do K2
8. Jeżeli w trakcie trwania sygnału zielonego w grupie K2 zgłosi się przejście i nie ma zgłoszeń kolizyjnych do K2, wówczas K2 odlicza swój czas maxG zgodnie z wartościami interwałów, po czym zostaje zakończony i po 7 sekundach wywołany ponownie (jeśli są dalsze zgłoszenia) wraz z przejściem P6.
9. Grupa P6 pozostaje pasywna do grupy K2
10. P7 może być wywołana do końca Gmin w grupie KW4, gdy są zgłoszenia w grupie K2 lub do 7 sekundy przed zakończeniem GMax w grupie K3, gdy nie ma zgłoszeń na K2
11. Tramwaj T5 lub T9 wywołuje i wydłuża grupę K3 oraz wywołuje (lecz nie wydłuża) grupę KW4. KW4 może pozostać zielona, jeżeli nie ma zgłoszeń w grupie K2. Jeżeli są zgłoszenia w grupie K2 i brak zgłoszeń w grupie KW4, to KW4 zostaje zakończona i wywołana zostaje grupa W10.
12. Na skrzyżowaniu stosuje się również priorytet dla tramwajów.

7. Harmonogram pracy sygnalizacji

Sygnalizacja będzie pracować w trybie „All Red” przez całą dobę 0.00-24.00.

8. Numeracja elementów sterowania

Numerację elementów sterowania przedstawia rysunek nr 924G-4.

Wykaz sygnalizatorów.

Grupa	Numer sygnalizatorów	Średnica	Opis	Sekwencja
KL1	1, 1a, 1b	Ø 300	Kierunkowy w lewo	R-RY-G-Y-R
K2	2, 2a	Ø 300	Ogólny	R-RY-G-Y-R
K3	3, 3a, 3b	Ø 300	Ogólny	R-RY-G-Y-R
KW4	4, 4a	Ø 300	Kierunkowy na wprost	R-RY-G-Y-R
T5	5	Ø 200	Tramwajowy	R-G-GF-R*
P6	6a, 6b	Ø 200	Pieszy	R-G-GF-R
P7	7a, 7b	Ø 200	Pieszy	R-G-GF-R
O8	8	Ø 200	Komora ostrzegawcza z sylwetką pieszego	D-YF-D
T9	9	Ø 200	Tramwajowy	R-G-GF-R*
W10	10	Ø 200	Strzałka jazdy warunkowej	D-G-D

R – czerwony (Red)

RY – czerwono-żółty (Red-Yellow)

G – zielony (Green)

Y – żółty (Yellow)

GF – zielony puls (Green Flash)

D – wyciemniony (Dark)

YF – żółty puls (Yellow Flash)

* dla grup tramwajowych są to odpowiednio sygnały: zielony = szczelina pionowa, czerwony = szczelina pozioma

9. Wykaz grup nadzorowanych

Nadzorem należy objąć wszystkie sygnały, w tym czerwone i zielone nadzorem pełnym, tj. nadmiarowym i braku.

Wykaz grup nadzorowanych

Grupa	R	Y	G
KL1	3	3	3
K2	3	3	3
K3	3	3	3
KW4	3	3	3
T5	3	-	3
P6	3	-	3
P7	3	-	3
O8	-	2	-
T9	3	-	3
W10	-	-	3

-- brak sygnału

0 – brak nadzoru

3 – nadzór pełny (nadmiarowy i braku sygnału)

2 – nadzór braku sygnału

1 – nadzór nadmiarowy

10. Detekcja

Ze względu na brak możliwości zastosowania w pasie torowiska detekcji w postaci pętli indukcyjnych zdecydowano na zastosowanie wideodetekcji. Projektuje się zastosowanie wideodetekcji np. Autoscope - dla detekcji pojazdów oraz tramwajów. Ponieważ lokalizacja kamery w pasie torowiska jest możliwa tylko poprzez umieszczenie kamery na końcu wysięgu, ogranicza to odległość detektora wirtualnego do 70m. Zwiększenie odległości detektora zwiększy liczbę fałszywych zgłoszeń wynikających z dużych drgań wysięgnika i zamontowanego na nim dodatkowego masztu. Dlatego dodatkowo zastosowano czujniki trakcyjne.

Kamery należy umieścić na wysokości 9m nad jezdnią. Czujnik trakcyjny zamontować na najbliższym odciągu traktacji od wskazanej odległości w kierunku skrzyżowania.

Zestawienie detektorów i ich parametry.

Nazwa detektora	Grupa	Interwał 1	Interwał 2	Zwłoka meldowania	Meldowanie po zielonym	Zliczanie	Meldowanie	Uwagi
D1/70	K3	3	2	-	-	-	Tak	
D2/40	K3	3	2	-	-	Tak	Tak	
D3/2-22	K3	1	1	-	4	-	Tak	
D4/40	K3	3	2	-	-	Tak	Tak	
D5/2-22	K3	1	1	-	4	-	Tak	
D6/70	T9	5	4	-	-	Tak	Tak	
D7/10	T9	3	2	-	4	Tak	Tak	
D8/65	KW4	3	2	-	-	Tak	Tak	
D9/40	KW4	3	2	-	-	Tak	Tak	
D10/2-22	KW4	1	1	-	4	-	Tak	
D11/70	T5	5	4	-	-	Tak	Tak	
D12/10	T5	3	2	-	-	Tak	Tak	
D13/40	KL1	3	2					
D14/2-22	KL1	1	1	-	4	-	Tak	
D15/40	K2	3	2					
D16/2-22	K2	1	1	-	4	-	Tak	
C1/190	T5					Tak	Tak	
C2/150	T9			12*		Tak	Tak	*1

*1 – czujnik tramwajowy umieszczony na trakcji przy wjeździe na przystanek tramwajowy na skrzyżowaniu Damrota. Zgłasza grupę tramwajową T9 po 12sekundach od wykrycia przejazdu tramwaju przez czujnik.

11. Przyciski dla pieszych

Dla detekcji pieszych projektuje się zastosowanie przycisków mechanicznych lub sensorowych z potwierdzeniem optycznym przyjęcia zgłoszenia, zasilanych napięciem 24V.

12. Obliczenia czasów międzyzielonych

Wykaz grup kolizyjnych, obliczenia czasów międzyzielonych oraz matryca czasów międzyzielonych przedstawione są w tabelach 1-3.

13. Długości czasów sygnału zielonego

Minimalne i maksymalne czasy sygnału zielonego

Grupa	minG (I okres)	maxG (II okres)
KL1	5	45
K2	5	45
K3	8	50
KW4	8	20
T5	10	46
P6	14	-
P7	10	-
O8	-	-
T9	10	46
W10	5	-

14. Układ faz

Układ faz przedstawia rysunek nr 924G-5.

Dopuszcza się również powstanie innych faz od pokazanych na schemacie przejść międzyfazowych, które mogą wynikać z kolejności zgłoszeń grup, przy zachowaniu czasów międzyzielonych.

15. Priorytet dla tramwajów

W celu usprawnienia przejazdu tramwajów przez skrzyżowanie projektuje się zastosowanie priorytetu bezwzględnego dla tramwajów jadących w obu kierunkach.

W celu określenia odległości detektorów ruchu dla zapewnienia przejazdu tramwaju bez zatrzymania wylicza się maksymalny czas, który potrzebny jest na podanie sygnału zielonego tramwajom.

Grupa ewakuująca się	RY	minG	tmz	Σ	Prędkość tramwaju	Odległość detektora
KL1	1	5	5	11 s	8,33 m/s	92 m
P6	0	14+4	8	26 s	8,33 m/s	216 m
P6	0	14+4	5	23 s	8,33 m/s	191 m

Dla potrzeb niniejszego skrzyżowania projektuje się detektory tramwajowe zgłaszające zapotrzebowanie na priorytetowe otwarcie grup tramwajowych w odległości 190m od linii zatrzymania jadąc od Rynku (C1) i 150m od linii zatrzymania jadąc od Zawodzia (C2).

1. Wykrycie tramwaju na czujniku C1 blokuje możliwość realizacji sygnału zielonego dla przejścia P6 do czasu zakończenia priorytetu. Obsługa priorytetu (zgłoszenie grupy tramwajowej) rozpoczyna się po $92/8,33=11$ sekundach od wykrycia tramwaju na czujniku C1.

2. Czujnik C2 blokuje możliwość realizacji sygnału zielonego dla przejścia P13 po $150/8,33-30=12$ sekundach od wykrycia tramwaju przez czujnik. Blokada ta trwa do czasu zakończenia priorytetu. Obsługa priorytetu (zgłoszenie grupy tramwajowej) rozpoczyna się po $12+92/8,33=12+12=24$ sekundach od wykrycia tramwaju na czujniku C2.
3. Jeżeli dowolny tramwaj zgłosił się w trakcie trwania fazy I lub II faza zostaje przedłużona do czasu zgłoszenia tramwaju na detektorze przed linią warunkowego zatrzymania. Faza priorytetowa może być przedłużona do czasu zjazdu tramwaju z detektora przed linią warunkowego zatrzymania.
4. Jeżeli zgłoszenie tramwaju nastąpiło w czasie trwania sygnalizacji w bezruchu – wszystko czerwone, wówczas wywołana zostaje faza I.
5. Jeżeli tramwaj zgłosił się tuż po zakończeniu fazy I lub II, a żadna z grup kolizyjnych jeszcze nie dostała sygnału czerwono żółtego lub zielonego, wtedy faza ta zostaje wstrzymana i wywołana zostaje ponownie faza I.
6. Jeżeli zgłoszenie tramwaju nastąpiło w czasie minG grup kolizyjnych do tramwaju, wtedy grupy te pozostają zielone do zakończenia czasu minG a następnie sygnał zielony w nich jest zakończony i po odliczeniu czasów międzzielonych wywołana zostaje faza I. Grupy kołowe w tym czasie otrzymują zielone "za darmo" i nie są wydłużane od detekcji.
7. Jeżeli zgłoszenie tramwaju nastąpiło w czasie zielonego w grupach kolizyjnych i odliczyły one czas minG, zostają one natychmiast zamknięte i po odliczeniu czasów międzzielonych wywołana zostaje faza I.
8. Jeśli w czasie trwania sygnału zielonego ciągłego dla tramwaju, było zgłoszenie tramwaju z przeciwną to dla niego również zostaje wywołany sygnał zielony. Wówczas sygnał zielony dla obu tramwajów trwa do czasu zjazdu drugiego zgłoszonego tramwaju (zjazd z detektora przed linią warunkowego zatrzymania).
9. Jeżeli zgłoszenie priorytetowe tramwaju nastąpiło w innej fazie to zostaje ona przerwana i wywołana zostaje faza tramwajowa i trwa do czasu zjazdu tramwaju z detektora przed linią warunkowego zatrzymania, nie dłużej niż o 20 sekund.
10. Po zakończeniu priorytetu dla tramwajów powinna istnieć możliwość zablokowania ponownego zgłoszenia priorytetowego czas ten powinien być regulowany i dobrany po uruchomieniu skrzyżowania w godzinie największej częstotliwości kursowania tramwajów, biorąc również pod uwagę długości kolejek samochodów na wlotach. W tym czasie zameldowanie tramwaju powinno być traktowane jak zwykłe zgłoszenie.
11. Aby polepszyć obsługę przejazdu tramwaju przy minimalnym zakłóceniu dla ruchu samochodowego należy w przyszłości połączyć wszystkie skrzyżowania w system sterowania obszarowego, w którym informacje o położeniu tramwaju nadchodzą z dużym wyprzedzeniem i sygnalizacja może dynamicznie zoptymalizować cykl w celu przepuszczenia tramwajów. Przykładem takiego systemu jest Spot-UTOPIA.

16. Programy pracy sygnalizacji

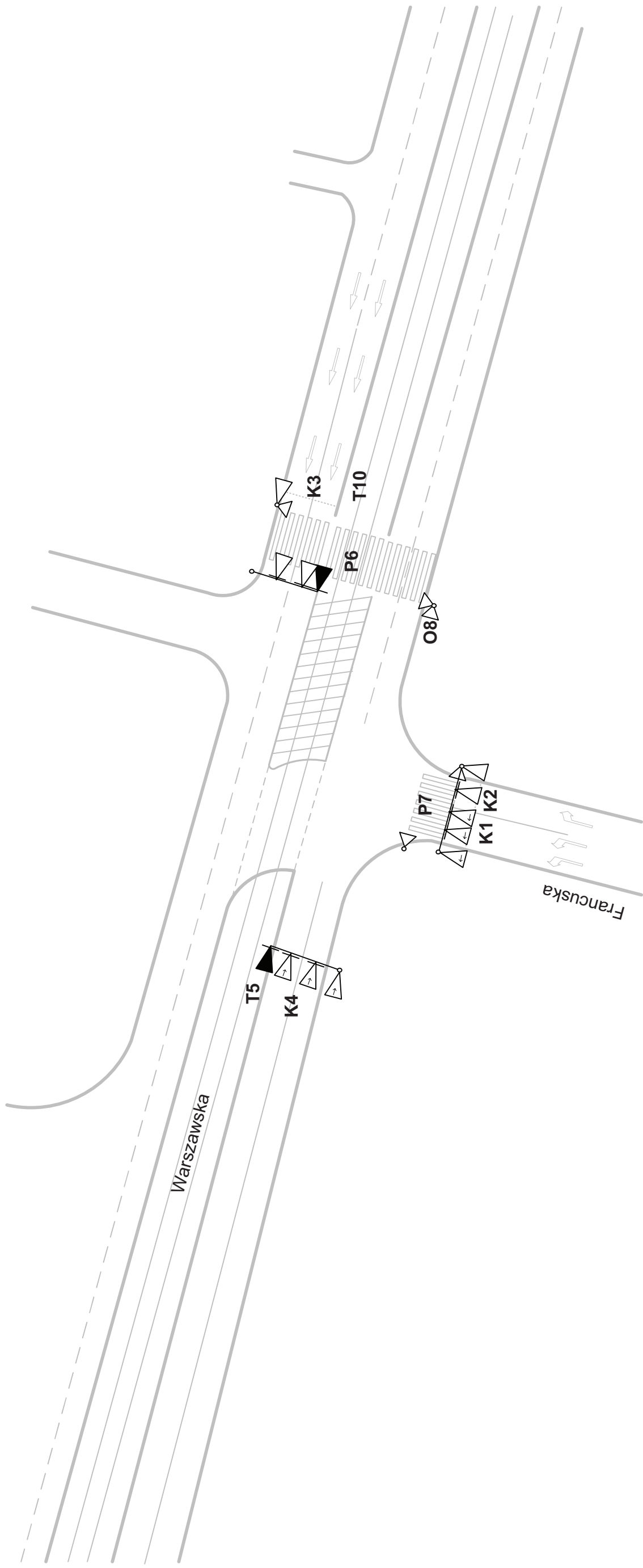
Program pracy sygnalizacji przedstawiony jest na rysunku nr 924G-6.

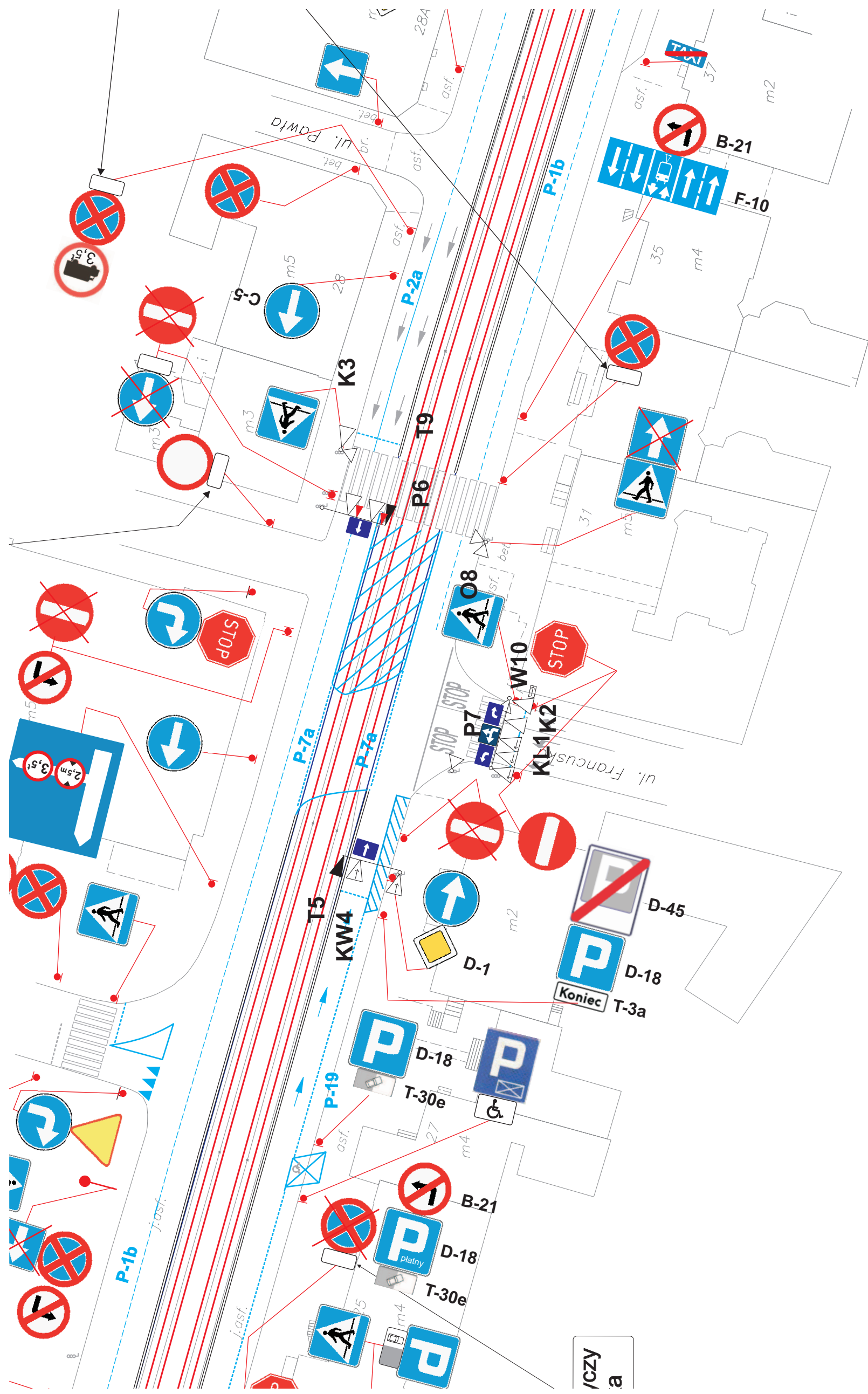
17. Linie warunkowego zatrzymania P-14

Linie zatrzymania należy wykonać w odległości 2m od sygnalizatora (mierzone od płaszczyzny czołowej sygnalizatora do zewnętrznej krawędzi linii warunkowego zatrzymania P-14).

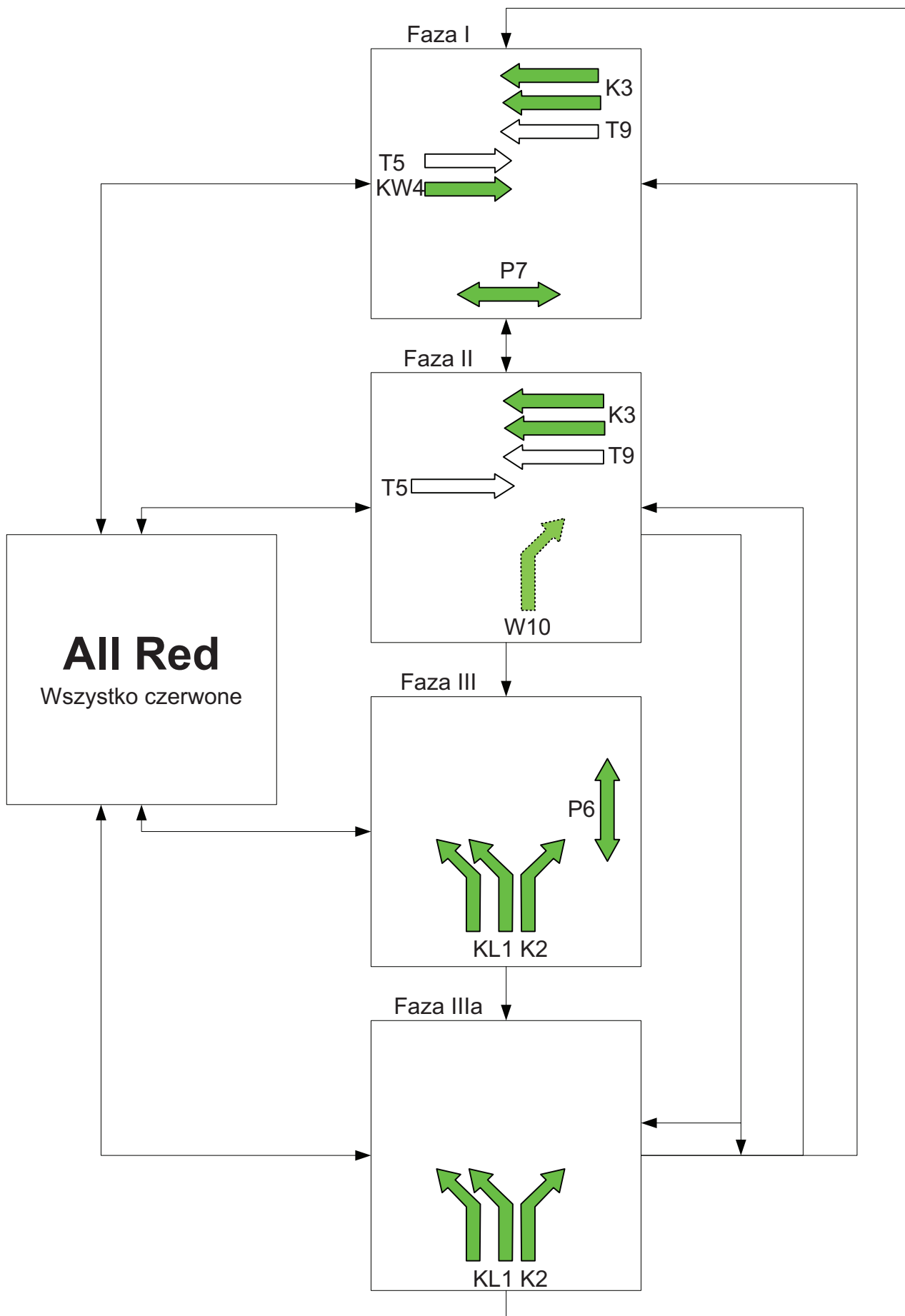


Bys nr 021G - 1 Orientacja

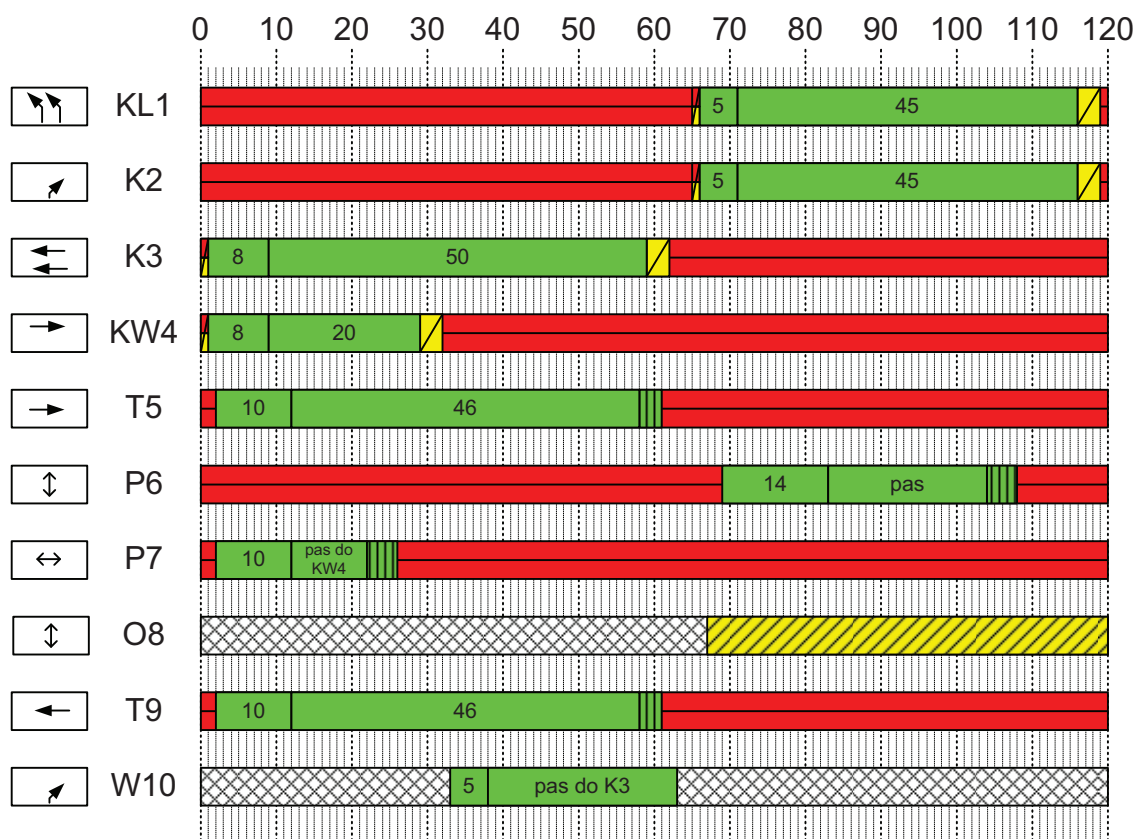




Rys. nr 927G - 3 Stan projektowany



Rys. nr 924G - 5 Układ faz



Legenda:

-  - Czerwono żółty RY
-  - Zielony G
-  - Żółty Y
-  - Czerwony R
-  - Żółty pulsujący YF
-  - Zielony pulsujący GF
-  - Wyciemniony Dark

Tabela nr 1

**Wykaz grup kolizyjnych na skrzyżowaniu:
Warszawska - Francuska**

grupy wychodzące		grupy wchodzące									
		KL1	K2	K3	KW4	T5	P6	P7	O8	T9	W10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KL1	1	X		X	X	X		X		X	
K2	2		X		X			X			
K3	3	X		X			X				
KW4	4	X	X		X		X				X
T5	5	X				X	X				
P6	6			X	X	X	X			X	X
P7	7	X	X					X			X
O8	8								X		
T9	9	X					X			X	
W10	10				X		X	X			X

Tabela nr 2

**Obliczenia czasów międzyzielonych na skrzyżowaniu:
Warszawska - Francuska**

				Grupy ewakuujące się					Grupy dojeżdżające						
Nazwa grupy ewakuującej się	Numer grupy ewakuującej się	Nazwa grupy dojeżdżającej	Numer grupy dojeżdżającej	Droga ewakuacji t_e [m]	Prędkość ewakuacji V_e [km/h]	Prędkość ewakuacji V_e [m/s]	Długość pojazdu l_p [m]	Czas ewakuacji $t_e = (S_e + l_p)/V_e$ [s]	Droga dojazdu t_d [m]	Prędkość dojazdu V_d [km/h]	Prędkość dojazdu V_d [m/s]	Czas dojazdu $t_d = (S_d/V_d) + 1$ [s]	Czas sygnału żółtego t_z [s]	Obliczony czas międzyzielony	Przyjęty czas międzyzielony
KL1	1	K3	3	31	30	8,33	10	4,92	40	50	13,89	3,88	3	4,04	5
KL1	1	KW4	4	16	30	8,33	10	3,12	19	50	13,89	2,37	3	3,75	4
KL1	1	T5	5	19	30	8,33	10	3,48	14	50	13,89	2,01	3	4,47	5
KL1	1	P7	7	6	30	8,33	10	1,92	0	5	1,4	0,00	3	4,92	5
KL1	1	T9	9	23	30	8,33	10	3,96	40	50	13,89	3,88	3	3,08	4
K2	2	KW4	4	16	30	8,33	14	3,60	27	50	13,89	2,94	3	3,66	4
K2	2	P7	7	6	30	8,33	14	2,40	0	5	1,4	0,00	3	5,40	6
K3	3	KL1	1	32	40	11,11	14	4,14	33	50	13,89	3,38	3	3,76	4
K3	3	P6	6	6	40	11,11	14	1,80	0	5	1,4	0,00	3	4,80	5
KW4	4	KL1	1	19	40	11,11	10	2,61	18	50	13,89	2,30	3	3,31	4
KW4	4	K2	2	28	40	11,11	10	3,42	18	50	13,89	2,30	3	4,12	5
KW4	4	P6	6	51	40	11,11	10	5,49	0	5	1,4	0,00	3	8,49	9
T5	5	KL1	1	20	36	10,00	27	4,70	19	50	13,89	2,37	3	5,33	6
T5	5	P6	6	54	36	10,00	27	8,10	7	5	1,4	6,04	3	5,06	6
P6	6	K3	3	18	5	1,4	0	12,96	2	50	13,89	1,14	0	11,82	12
P6	6	KW4	4	18	5	1,4	0	12,96	46	50	13,89	4,31	0	8,65	9
P6	6	T5	5	12	5	1,4	0	8,64	46	50	13,89	4,31	0	4,33	5
P6	6	T9	9	12	5	1,4	0	8,64	2	50	13,89	1,14	0	7,50	8
P7	7	KL1	1	10	5	1,4	0	7,20	2	50	13,89	1,14	0	6,06	7
P7	7	K2	2	10	5	1,4	0	7,20	2	50	13,89	1,14	0	6,06	7
T9	9	K1	1	40	36	10,00	27	6,70	23	50	13,89	2,66	3	7,04	8
T9	9	P6	6	6	36	10,00	27	3,30	9	5	1,4	7,48	3	-1,18	1

Tabela nr 3

**Tabela czasów międzyzielonych na skrzyżowaniu:
Warszawska - Francuska**

grupy wychodzące		grupy wchodzące									
		KL1	K2	K3	KW4	T5	P6	P7	O8	T9	W10
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KL1	1	X		5	4	5		5		4	
K2	2		X		4			6			
K3	3	4		X			5				
KW4	4	4	5		X		9				4
T5	5	6				X	6				
P6	6			12	9	5	X			8	10
P7	7	7	7					X			7
O8	8								X		
T9	9	8					1			X	
W10	10				3		7	3			X

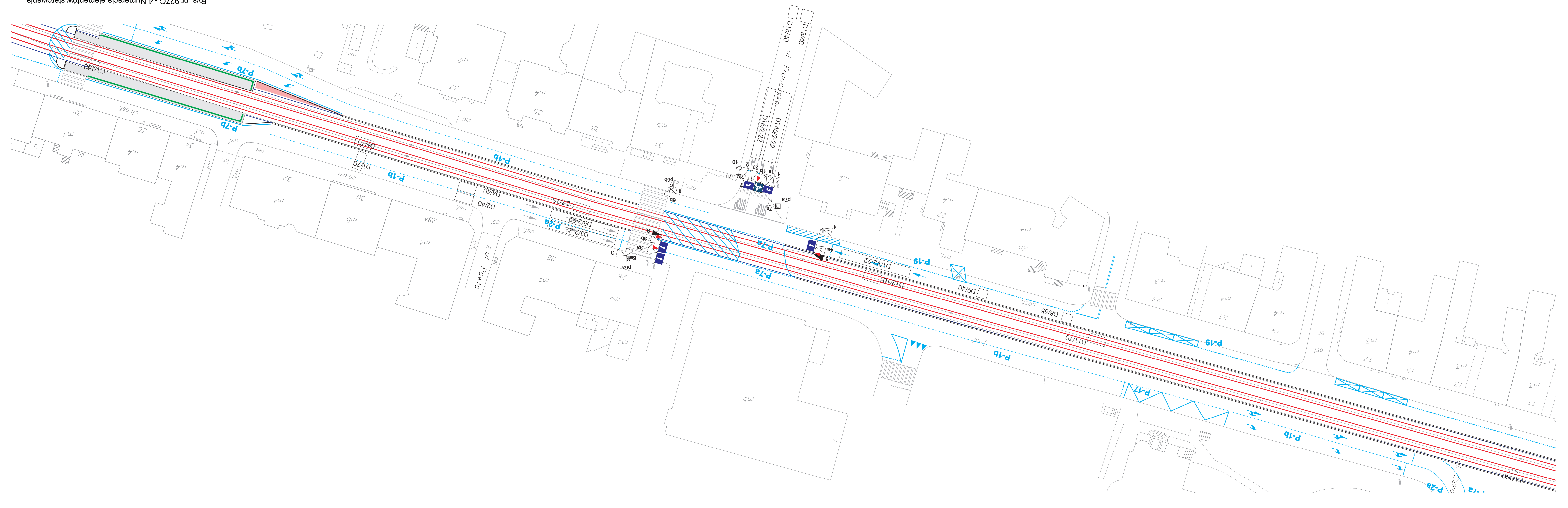
Tabela nr 4

OBLICZENIE PRZEPUSTOWOŚCI SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ
Skrzyżowanie: Warszawska - Francuska w Katowicach

Długość cyklu : 120 [s]

Lp	Włot	Relacja	Ilość pasów		Szerokość pasa		Ruch ciężki		Pochylenie wlotów		Parkowanie na wlotach	Przystanki autobusowe	Lokalizacja skrzyżowania	Współczynnik relacji skrętnych	Natężenie nasycenia	
			n		[m]	fw	[%]	fc	[%]	fs					fmp	fa
1	Warszawska od Rynku	na wprost	2		3,50	0,99	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		3762
2	Francuska	w lewo	2		3,00	0,93	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96		3393
		w prawo	1		3,50	0,99	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1881
3	Warszawska od Zawodzia	na wprost	2		3,50	0,99	0,0	1,00	0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		3762

Lp	Włot	Relacja	Natężenie relacji		Czas zielonego w cyklu [s]			Przepustowość relacji		Przepustowość wlotu	Stopień nasycenia	Średnie straty zatrzymania		Poziom swobody ruchu
			Qi [P/h]		[s]	Ge [s]		Ci [P/h]				dz [s/P]		
1	Warszawska od Rynku	na wprost	364		50	51		1 599		1599	0,23	14		B
2	Francuska	w lewo	1192		58	59		1 668			0,71	16		C
		w prawo	368		58	59		925		1668	0,40	13		B
3	Warszawska od Zawodzia	na wprost	760		50	51		1 599		1212	0,48	16		C



Rys. nr 927G - 4 Numeracja elementów sterowania