

**Wytyczne dla projektów stałej organizacji ruchu
w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji
światlnej na terenie miasta Gdyni**

Opracowanie:

*Referat Sygnalizacji Światlnej
i Planowania Transportu
Zarząd Dróg i Zieleni w Gdyni*

styczeń, 2021 r.

Składany do opinii/zatwierdzenia projekt stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej powinien zawierać następujące elementy:

1. Podstawa opracowania

W tym punkcie powinna znaleźć się informacja na temat inwestora, zleceniodawcy oraz zadania w ramach, którego realizowany jest projekt. Ponadto należy wskazać materiały, na których opierano się podczas przygotowywania projektu m.in.: przepisy w postaci ustaw i rozporządzeń, podręczniki lub inne wytyczne do projektowania, pozostałe opracowania projektowe np. w zakresie projektów budowlanych, organizacji ruchu itp., zewnętrzne analizy i prognozy ruchu.

2. Przedmiot i zakres opracowania

Punkt ten powinien zawierać informację na temat planowanych zmian na skrzyżowaniu w zakresie sygnalizacji świetlnej. Należy wyjaśnić z czego wspomniane zmiany wynikają, a także wskazać, które konkretnie elementy w zakresie sygnalizacji świetlnej będą zmieniane oraz jakie czynności projektowe zostały wykonane w ramach danego opracowania (np. ponownie wyliczone czasy międzyzielone wynikające ze zmian w stałej organizacji ruchu w zakresie oznakowania, zmiana układu faz związana z optymalizacją pracy sygnalizacji itp.)

3. Opis skrzyżowania – analiza stanu istniejącego i projektowanego

W tym miejscu należy opisać skrzyżowanie w zakresie jego inwentaryzacji drogowej – liczby wlotów i pasów ruchu, obecności przejść dla pieszych i przejazdów rowerowych, sposobów wykorzystania pasów ruchu (pasy dedykowane określonej grupie np. buspasy). Opis powinien uwzględniać stan istniejący oraz elementy zmieniane względem niego. Ponadto należy określić znaczenie skrzyżowania w układzie drogowym. W przypadku kiedy jeden sterownik będzie odpowiadał za sterowanie ruchem na kilku skrzyżowaniach częściowych w obrębie projektowanego układu, to również należy to wskazać w tym punkcie.

4. Analiza ruchu

W zakresie analiz ruchu należy przedstawić natężenia ruchu w postaci kartogramów natężeń dla godziny szczytu porannego oraz dla godziny szczytu popołudniowego w miarodajny dzień roboczy. W przypadku, kiedy budowa lub przebudowa sygnalizacji świetlnej związana jest z powstaniem w jej sąsiedztwie istotnego generatora ruchu, przedstawione natężenia powinny wynikać z prognoz ruchu związanych z analizą wpływu na ruch realizowanej inwestycji, w momencie jest powstania. Kartogramy powinny być zorientowane zgodnie z kierunkami geograficznymi, a wloty skrzyżowań należy opisać. Prezentowane natężenie powinny uwzględniać strukturę kierunkową oraz powinny być wyrażone w postaci liczby pojazdów umownych (ekwiwalentnych) w jednostce czasu – [l.poj/h].

5. Rozwiązania sprzętowe

5.1. Lista grup sygnalizacyjnych

W tym punkcie należy wskazać liczbę grup sygnalizacyjnych, które będą obsługiwane przez dany sterownik sygnalizacji świetlnej. Nie dopuszcza się komasacji grup sygnalizacyjnych w sterowniku. Zgodnie *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* powinno się również wskazać grupy objęte nadzorem. Listę grup sygnalizacyjnych należy przedstawić tabelarycznie zgodnie ze wzorem Tabeli 5.1.. W przypadku sekwencji sygnałów dopuszcza się jej przedstawienie w formie graficznej w postaci rysunków sygnalizatorów nadających odpowiednie sygnały. Niezależnie od zakresu projektu, w zestawieniu należy przedstawić wszystkie grupy

sygnalizacyjne, a nie tylko projektowane lub modyfikowane. Kolejność grup sygnalizacyjnych powinna być następująca: najpierw grupy kołowe, następnie grupy piesze, rowerowe, dopuszczające skręt w kierunku wskazanym strzałką (tzw. „zielone strzałki”) i na końcu grupy ostrzegawcze (migające sylwetki pieszego). Grupy sygnalizacyjne dedykowane dla pojazdów transportu zbiorowego oraz dla kierujących rowerami (poza sygnałami S-6), podczas ustalania kolejności grup należy traktować na równi z grupami kołowymi. Oznaczenia grup sygnalizacyjnych powinny składać się z następujących znaków:

- numer grupy na skrzyżowaniu (liczba porządkowa),
- litera/y odzwierciedlające typ grupy (K – kołowa, B – autobusowa, KR – dla kierujących rowerami, P – piesza, R – rowerowa, PR – pieszo-rowerowa, S – dopuszczająca skręt w kierunku wskazanym strzałką, O – ostrzegawcza),
- numer kolejny grupy danego typu (liczba porządkowa).

Numerację grup należy zaczynać od jezdni głównej (z pierwszeństwem przejazdu), z uwzględnieniem numeracji na sąsiednich skrzyżowaniach, tak by numeracja była spójna. W przypadku modernizowania sygnalizacji świetlnej należy zachować dotychczasową kolejność, a nowe grupy sygnalizacyjne dodawać na końcu zestawienia.

Tabela 5.1. Wzór tabeli zawierającej listę grup sygnalizacyjnych

Numer grupy	Grupa (nazwa)	Sygnalizatory	Typ	Sekwencja sygnałów	Min. zielony [s]	Min. czerwony [s]
1	1K1	1Ka, 1Kb	S-1	G-A-R-RA	5	1
2	2K2	2Ka, 2Kb	S-1	G-A-R-RA	5	1
3	3K3	3Ka, 3Kb	S-1	G-A-R-RA	5	1
4	4P1	4Pa, 4Pb	S-5	G-Gfl-R	7	1
5	5P2	5Pa, 5Pb	S-5	G-Gfl-R	10	1
6	6R1	6Ra, 6Rb	S-6	G-Gfl-R	4	1

Legenda:

- G – sygnał zielony,
- R – sygnał czerwony,
- A – sygnał żółty,
- RA – sygnał żółty z czerwonym,
- Gfl – sygnał zielony migający,
- Afl – żółty migający,
- D – brak sygnału

5.2. Zestawienie sygnalizatorów

Podobnie jak w przypadku listy grup sygnalizacyjnych, zestawienie sygnalizatorów również należy opracować w formie tabeli, która będzie powiązywać poszczególne sygnalizatory z konkretnymi grupami sygnałowymi, a także wskazywać będzie związane z nimi szczegóły techniczne. Sposób nazewnictwa sygnalizatorów powinien być analogiczny do sposobu oznaczania grup sygnalizacyjnych, czyli powinien się składać z następujących znaków: cyfra odnosząca się do numeru porządkowego powiązanej grupy sygnalizacyjnej, litera/y odnoszące się do typu grupy (sygnalizatora) oraz kolejna litera porządkowa alfabetu, zgodnie z zasadą, że w pierwszej kolejności oznaczane są sygnalizatory na masztach niskich, a w następnej na masztach wysokich. Zestawienie tabelaryczne należy przygotować zgodnie ze wzorem poniżej – Tabela 5.2. W opisie do tabeli należy dodatkowo wskazać w jakie źródła światła powinny być wyposażone sygnalizatory.

Tabela 5.2. Wzór tabeli zawierającej listę sygnalizatorów

L.p.	Nazwa sygnalizatora	Grupa sygnalizacyjna	Stan	Typ sygnalizatora	Ilość komór	Rozmiar [mm]	Ekran kontrastowy
1	1Ka	1K1	istniejący	S-1	3	300	nie
2	1kb	1K1	istniejący	S-1	3	300	tak
3	2Ka	2K2	istniejący	S-1	3	300	nie
4	2Kb	2K2	istniejący	S-1	3	300	tak
5	3Ka	3K3	istniejący	S-1	3	300	nie
6	3Kb	3K3	istniejący	S-1	3	300	tak
7	4Pa	4P1	przenoszony	S-5	2	200	nie
8	4Pb	4P1	istniejący	S-5	2	200	nie
9	5Pa	5P2	istniejący	S-5	2	200	nie
10	5Pb	5P2	istniejący	S-5	2	200	nie
11	6Ra	6R1	projektowany	S-6	2	200	nie
12	6Rb	6R1	projektowany	S-6	2	200	nie

5.3. Zestawienie urządzeń detekcji

Ponownie w formie tabelarycznej należy zestawić wszystkie urządzenia detekcji na skrzyżowaniu z uwzględnieniem m.in.: ich typu, powiązanej z danym detektorem grupy sygnalizacyjnej (zamiennie można wskazać funkcję w przypadku urządzeń na wylotach skrzyżowania), odległość miejsca detekcji od linii warunkowego zatrzymania wraz z czasem dojazdu do niej oraz wymiary obszaru detekcji. Rozmieszczenie detekcji dla pojazdów na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną powinno być następujące:

- a) dla funkcji wzbudzania tzw. „faz na żądanie”:
 - o w przypadku zastosowania pętli indukcyjnych: 1 pętla skośna w odległości 1 metra od linii warunkowego zatrzymania i 1 pętla prostokątna o wymiarach 2m x 4m lub 2m x 6m metrów oddalona o 1 metr od pętli skośnej;
 - o w przypadku innych form detekcji: wirtualna strefa detekcji powinna umożliwiać wykrywanie obecności pojazdów na pasie ruchu w obszarze o długości nie mniejszej niż 7 metrów od linii warunkowego zatrzymania.
- b) dla funkcji pomiarowych i wydłużania:
 - o w przypadku zastosowania pętli indukcyjnych: 1 lub 2 (w przypadku projektowania stacji pomiaru ruchu) kwadratowe pętli indukcyjne o wymiarach 2m x 2m, umieszczone w odległości 50-80 metrów od linii warunkowego zatrzymania w przypadku jezdni głównych i 30-60 metrów w przypadku jezdni podporządkowanych (odległości te mogą zostać zmniejszone, jeżeli warunki techniczne nie pozwalają na ich zachowanie, przy zapewnieniu pożądanej funkcjonalności);
 - o w przypadku innych form detekcji: wirtualna strefa detekcji powinna umożliwiać wykrywanie obecności pojazdów na pasie ruchu w odległości 50-80 metrów od linii warunkowego zatrzymania w przypadku jezdni głównych i 30-60 metrów w przypadku jezdni podporządkowanych (odległości te mogą zostać zmniejszone, jeżeli warunki techniczne nie pozwalają na ich zachowanie, przy zapewnieniu pożądanej funkcjonalności); rodzaj i sposób realizowania detekcji powinien dawać możliwość zliczania każdego pojedynczego pojazdu poruszającego się pasem ruchu.

Dodatkowo, jeżeli istnieje potrzeba funkcjonalna można zastosować detekcję w obrębie tarczy skrzyżowania, która będzie odpowiadać za realizowanie podfaz ruchu. Wówczas rodzaj i wymiary stosowanej detekcji muszą pozwalać na realizowanie zakładanych zadań.

W przypadku modernizowania sygnalizacji świetlnej należy zachować dotychczasową kolejność, a nowe detektory dodawać na końcu zestawienia. Nazwa detektora powinna wskazywać jego rodzaj, przy czym należy używać litery „P” do oznaczenia pętli indukcyjnych na wlotach, „S” dla pętli indukcyjnych na

wylotach, „V” lub „W” dla wirtualnych stref detekcji na wlotach i „VS” lub „WS” dla wirtualnych stref detekcji na wylotach. Przyciski dla pieszych należy oznaczać za pomocą liter „DP”, przy czym poszczególnym przyciskom zblokowanym ze sobą w ramach jednej grupy, należy przyporządkować kolejną literę alfabetu np. DP4a i DP4b. Numery w oznaczeniach detektorów powinny odpowiadać grupie sygnalizacyjnej, której dotyczą, a kolejne detektory na tym samym pasie ruchu powinny być oznaczane kolejnymi literami alfabetu począwszy od linii warunkowego zatrzymania. Sposób w jaki należy przygotować omawiane zestawienie przedstawia Tabela 5.3. Kolejność urządzeń w tabeli powinna odzwierciedlać kolejność ich podłączenia w sterowniku sygnalizacji świetlnej. Opis do tabeli powinien wskazywać sumaryczną liczbę wykorzystywanych urządzeń detekcji z uwzględnieniem ich podziału rodzajowego.

Tabela 5.3. Wzór zestawienia urządzeń detekcji na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną

L.p.	Rodzaj detektora	Nazwa	Powiązana grupa sygnalizacyjna	Odległość od LWZ [m]	Prędkość dojazdu [km/h]	Czas dojazdu do LWZ [s]	Wymiary
1	pętla indukcyjna	P1a	1K1	50	50	3,6	2m x 2m
2	pętla indukcyjna	P1b		46	50	3,3	2m x 2m
3	pętla indukcyjna	P2a	2K2	37	50	2,7	2m x 2m
4	pętla indukcyjna	P2b		33	50	2,4	2m x 2m
5	pętla indukcyjna	P3b	3K3	45	50	3,2	2m x 2m
6	pętla indukcyjna	P3a		41	50	3,0	2m x 2m
7	pętla indukcyjna	S2a	wylotowa - pomiar ruchu	n/d	n/d	n/d	2m x 2m
8	pętla indukcyjna	S2b		n/d	n/d	n/d	2m x 2m
6	przycisk dla pieszych	DP4	4P1	n/d	n/d	n/d	-

6. Parametry bezpieczeństwa sygnalizacji świetlnej

6.1. Minimalne długości trwania sygnału zielonego

Minimalne długości trwania sygnałów dla grup kołowych należy przyjąć zgodnie *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* w zależności od tego, czy przedmiotowe skrzyżowanie funkcjonować będzie w trybie stałoczasowym lub akomodacyjnym. W przypadku grup sygnałowych pieszych i rowerowych należy w formie tabelarycznej przedstawić obliczenia minimalnych długości trwania sygnału zielonego odpowiadające 100% czasu przekroczenia jezdni z zadaną prędkością. Należy uwzględnić, że zgodnie ze stosowanymi na terenie Gdyni standardami przyjmuje się w programach sygnalizacji minimalne czasy sygnału zielonego dla grup pieszych przy założeniu prędkości przekraczania przejścia równej 1,2 m/s, w przypadku przejść dla pieszych o długości mniejszej niż 20 metrów. Uwaga ta powinna znaleźć się w opisie. Jednak dla obliczeń czasów międzyzielonych należy przyjmować standardową prędkość ewakuacji pieszego niezależnie od długości przejścia. W przypadku przejazdów rowerowych zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie przejść dla pieszych, sygnał zielony powinien być wyświetlany w tym samym momencie zarówno na przejściu jak i na przejeździe. Obliczenia minimalnych czasów trwania sygnału zielonego dla przejść dla pieszych i przejazdów rowerowych należy zestawiać tabelarycznie zgodnie ze wzorem w Tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Wzór tabeli przedstawiającej obliczenia minimalnych czasów trwania sygnału zielonego

Grupa sygnalizacyjna	Długość przejścia/ przejazdu [m]	G_{min}	G_{min}	G_{min}	G_{min} przyjęte
		ze względu na rowerzystów	ze względu na pieszych	standard "gdynski" dla przejść dla pieszych	
		$V = 4,2 \text{ m/s}$	$V = 1,4 \text{ m/s}$	$V = 1,2 \text{ m/s}$	
		[s]	[s]	[s]	
4P1	7,4	-	5,286	6,167	7 s + 4 s mig.
5P2	11,3	-	8,071	9,417	10 s + 4 s mig.
6R1	14,5	3,452	-	-	4 s + 4 s mig.

6.2. Zależności czasowe pomiędzy grupami sygnalizacyjnymi

Jeżeli w ramach projektu skrzyżowań zakłada się występowanie sytuacji, w której sygnał zielony jednocześnie otrzymują dwa strumienie kolizyjne o dopuszczalnym jednoczesnym zezwoleniu na ruch, to należy dokonać i przedstawić obliczenia zależności czasowych, zapewniających spełnienie warunku, w którym strumień ruchu mający pierwszeństwo pojawi się w punkcie kolizji przed strumieniem, który tego pierwszeństwa musi ustąpić. Jeżeli skrzyżowanie jest niesymetryczne, to należy także dokonać stosownych obliczeń dla kolizyjnych relacji dwóch grup kołowych sterowanych sygnałem ogólnym. Zestawienie tego typu zależności czasowych należy przedstawić w formie tabelarycznej zgodnej ze wzorem w Tabeli 6.2.

Tabela 6.2. Wzór tabeli opóźnień czasowych grup sygnalizacyjnych

Grupy sygnalizacyjne		Strumienie		GSP			GSN	GSP-GSN		
GSP	GSN	GSP	GSN	V_d [km/h]	S_d [m]	t_d [s]	t_d [s]	Wynik [s]	zaokr. ↓ [s]	t_{max} [s]
1K1	4P1	1e	P4	60	35,2	3,11	0,00	3,11	3,00	2
		1f	P4	60	31	2,86	0,00	2,86	2,00	
2K2	4P1	2e	P4	60	32,6	2,96	0,00	2,96	2,00	2
		2f	P4	60	30	2,80	0,00	2,80	2,00	
12S3	4P1	1e	P4	30	35,2	5,22	0,00	5,22	5,00	4
		1f	P4	30	31	4,72	0,00	4,72	4,00	
2K2	5P2	3d	P5	60	26,8	2,61	0,00	2,61	2,00	2
2K2	6R1	3d	R6	60	23,7	2,42	0,00	2,42	2,00	2

Legenda:

- GSP - Grupa Sygnalizacyjna Podrzędna (ustępująca pierwszeństwa)
- GSN - Grupa Sygnalizacyjna Nadrzędna (mająca pierwszeństwo nad GSP)
- t_{max} - maksymalny czas wcześniejszego uruchomienia grupy GSP przed GSN

Inną zależnością czasową wiążącą ze sobą grupy sygnalizacyjne, jest powiązanie sygnalizatorów ostrzegawczych (migających sylwetek pieszego) z odpowiadającymi im przejściami dla pieszych. Sygnał ostrzegawczy powinien być uruchamiany na sekundę przed rozpoczęciem nadawania sygnału zielonego dla pieszych, a kończyć się powinien po czasie równym ewakuacji pieszego. Zależności te również należy przedstawić w formie tabelarycznej zgodnej ze wzorem w Tabeli 6.3.

Tabela 6.3. Wzór tabeli zależności czasowych grup ostrzegawczych

Początek	13O1	=	Początek	7P3	- 1 s
Koniec	13O1	=	Koniec	7P3	+ 8 s
Początek	14O2	=	Początek	8P4	- 1 s
Koniec	14O2	=	Koniec	8P4	+ 7 s

6.3. Macierz kolizji

Należy przedstawić docelową macierz kolizji wskazującą wszystkie pary relacji na skrzyżowaniu o niedopuszczalnym jednoczesnym zezwoleniu na ruch. W macierzy należy uwzględnić również teoretyczną kolizję pomiędzy sygnałami wyświetlanymi przez sygnalizator S-2, a kołową grupą sygnałową znajdującą się na tym samym wlocie. Dzięki temu sterownik będzie zapobiegał sytuacji, w której oba sygnały zostałyby wyświetlone jednocześnie. Przedstawiana macierz kolizji powinna uwzględniać komplet grup sygnalizacyjnych wykorzystywanych na wszystkich skrzyżowaniach częściowych objętych jednym sterownikiem sygnalizacji świetlnej. Przykładowy wzór macierzy kolizji przedstawia Tabela 6.4.

Tabela 6.4. Wzór macierzy kolizji na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną

	1K1	2K2	3K3	4P1	5P2	6R1	7P3	8P4	9R2	10S1	11S2
1K1		xx	xx		xx	xx	xx	xx	xx		xx
2K2	xx		xx				xx	xx	xx	xx	xx
3K3	xx	xx		xx	xx	xx				xx	
4P1			xx								
5P2	xx		xx								
6R1	xx		xx							xx	
7P3	xx	xx									
8P4	xx	xx									
9R2	xx	xx									xx
10S1		xx	xx			xx					
11S2	xx	xx							xx		

Poziomo: strumienie ewakuujące się

Pionowo: strumienie dojeżdżające

6.4. Obliczenia czasów międzyzielonych

W oparciu o przyjęte strumienie i trajektorie ruchu na skrzyżowaniu (przedstawione na stosownym rysunku) oraz punkty i macierz kolizji, należy przedstawić w formie tabelarycznej obliczenia czasów międzyzielonych. W punkcie tym należy także zawrzeć tabelę zawierającą charakterystykę przyjętych strumieni ruchu (wzór takiej przedstawia Tabela 6.5.) W przypadku przyjmowania prędkości strumieni innych niż dopuszczalne na wlocie, należy to w opisie do tabeli uzasadnić. Zaleca się, aby dla relacji skrętnych przyjmować obniżoną prędkość ewakuacji względem dopuszczalnej w przedziale od 30 km/h do 40 km/h. Niemniej do każdego strumienia ruchu należy w tym zakresie podejść indywidualnie i uwzględnić uwarunkowania lokalne takie jak jazda po wzniesieniu oraz promień skrętu. Natomiast dla prędkości dojazdowych zaleca się zawsze przyjmować maksymalną dopuszczalną prędkość na wlocie.

Tabela 6.5. Wzór tabeli z charakterystyka strumieni ruchu dla obliczeń czasów międzyzielonych

Oznaczenie strumienia	Prędkość dojazdu [km/h]	Prędkość ewakuacji [km/h]	Długość pojazdu
1c	60	50	10
1d	60	30	10
2a	60	50	10
2b	60	36	14
3d	60	30	10
4c	60	30	10
P4	0	5,04	0
P5	0	5,04	0
R6	0	15,12	0

W oparciu o zdefiniowaną macierz kolizji oraz przyjęte parametry strumieni ruchu na skrzyżowaniu, należy przedstawić wykonane zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach* obliczenia czasów międzyzielonych. Zasadniczo zaleca się, aby zawsze wykonywać obliczenia dla wszystkich grup sygnalizacyjnych i strumieni ruchu. W przypadku, kiedy zmiany na skrzyżowaniu są niewielkie i wpływają tylko na wybrane grupy sygnałowe, to dopuszcza się wykonanie obliczeń wyłącznie dla tych par relacji, których dotyczy zmiana na skrzyżowaniu. Warunkiem jest jednak potwierdzenie, że prawidłowe są wcześniejsze obliczenia czasów międzyzielonych, zawarte w aktualnym projekcie dla danego skrzyżowania. Przykładowe tabelaryczne zestawienie fragmentu obliczeń przedstawia Tabela 6.6.

Tabela 6.6. Wzór tabeli z obliczeniami czasów międzyzielonych

Grupy		Strumienie		Ewakuacja				Dojazd			t _z	Czas międzyzielony		
Ewakuacja	Dojazd	Ewakuacja	Dojazd	Ve	Se	Lp	td	Vd	Sd	td		Wynik	Zaokr.	CMZ
				[km/h]	[m]	[m]	[s]	[km/h]	[m]	[s]		[s]	[s]	[s]
1K1	3K3	1e	4e	35	31,1	10	4,23	60	32,6	2,96	3	4,27	5	6
		1f	4e	35	24,6	10	3,56	60	23,5	2,41	3	4,15	5	
		1f	4f	35	37,4	10	4,88	60	25,9	2,55	3	5,32	6	
		1c	4e	50	24,1	10	2,46	60	21,6	2,30	3	3,16	4	
1K1	2K2	1e	2e	35	31,1	10	4,23	60	32,7	2,96	3	4,27	5	6
		1f	2e	35	27	10	3,81	60	25,2	2,51	3	4,29	5	
		1f	2f	35	32,5	10	4,37	60	27,2	2,63	3	4,74	5	
		1d	3d	35	37,5	10	4,89	60	26,9	2,61	3	5,27	6	
1K1	5P2	1d	P5	35	41,5	10	5,30	0	0	0,00	3	8,30	9	9
1K1	6R1	1d	R6	35	36,5	10	4,78	0	0	0,00	3	7,78	8	8
1K1	7P3	1efcd	P7	35	7,4	10	1,79	0	0	0,00	3	4,79	5	5

6.5. Macierz czasów międzyzielonych

W Tabeli 6.7. przedstawiono wzór macierzy minimalnych czasów międzyzielonych, Macierz ta zawsze powinna uwzględniać wszystkie kolizyjne relacje, niezależnie od tego, czy w ramach danego projektu ulegały one zmianie. W przypadku, kiedy jeden sterownik sygnalizacji świetlnej obsługuje kilka skrzyżowań częściowych, to wynikowa macierz powinna być wspólna dla nich wszystkich. Dla teoretycznej kolizji pomiędzy sygnałami wyświetlanymi przez sygnalizator S-2, a kołową grupą sygnałową znajdującą się na tym samym wlocie należy założyć czas międzyzielony wynoszący 2 sekundy przy „ewakuacji” grupy S-2 oraz 4 sekundy przy „ewakuacji” grupy kołowej obsługującej ten sam wlot.

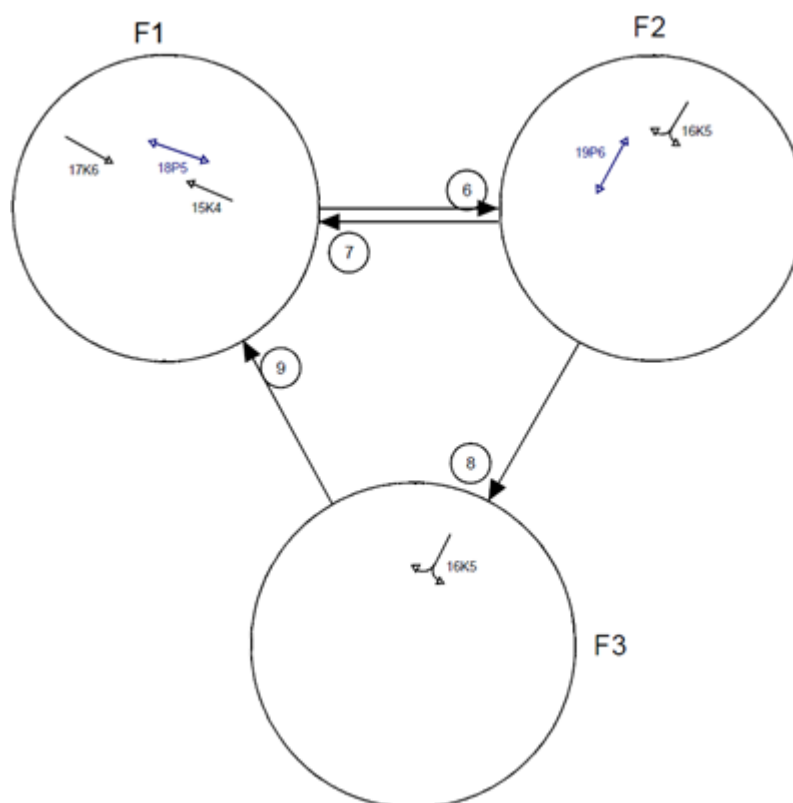
Tabela 6.7. Wzór macierzy czasów międzyzielonych na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną

	1K1	2K2	3K3	4P1	5P2	6R1	7P3	8P4	9R2	10S1	11S2
1K1		6	6		9	8	5	7	7		4
2K2	5		7				9	6	6	5	4
3K3	4	5		7	5	6				4	
4P1			3								
5P2	5		7								
6R1	1		2							2	
7P3	7	4									
8P4	4	6									
9R2	0	1									1
10S1		1	2			3					
11S2	1	2							3		

7. Parametry sterowania sygnalizacją świetlną

7.1. Diagram faz i przejść pomiędzy fazami

W tym punkcie należy opisać projektowaną liczbę faz ruchu wraz ze wskazaniem, które relacje otrzymują sygnał zielony w poszczególnych fazach. Należy określić, które z faz występują wyłącznie na żądanie, a które niezależnie od wzbudzeń urządzeń detekcji. Jeżeli w programach zakłada się różną sekwencję faz (np. inną w programie sygnalizacyjnym dla szczytu porannego i popołudniowego), to również należy umieścić stosowne wyjaśnienie. Dodatkowo należy przedstawić diagram faz ruchu w formie graficznej wraz z oznaczonymi dopuszczalnymi przejściami pomiędzy poszczególnymi fazami. Fazy oraz przejścia międzyfazowe muszą być oznaczone numerycznie, a piktogramy powinny wskazywać, które grupy sygnałowe są uruchamiane w danej fazie. Przykładowy diagram faz ruchu przedstawia poniższa Rycina 7.1.



Ryc. 7.1. Diagram faz ruchu na skrzyżowaniu z sygnalizacją świetlną

Zakłada się, że główną (podstawową) fazę ruchu zawsze powinna stanowić faza oznaczona jako F1. Jeżeli w ramach jednego sterownika obsługiwanych jest kilka skrzyżowań częściowych, to należy przedstawić odrębne diagramy faz dla poszczególnych z nich. Zaleca się, aby numery faz na kolejnych skrzyżowaniach częściowych były o 10 większe od poprzedniego skrzyżowania częściowego np. F1 na skrzyżowaniu głównym, F11 na kolejnym skrzyżowaniu częściowym, F21 na trzecim skrzyżowaniu częściowym.

7.2. Warunki przejść między fazami i opis algorytmu sterowania

W przypadku sygnalizacji świetlnych pracujących w trybie akomodacyjnym możliwe jest dostosowanie długości faz do natężenia ruchu rejestrowanego przez urządzenia detekcji. Rzeczywista długość poszczególnych faz będzie zatem wynikiem obliczeń algorytmów optymalizujących, które uwzględniają potrzeby lokalnego sterowania, a także zadane ramy czasowe i warunki logiczne. W związku z tym możliwe jest określenie podstawowych warunków przejść pomiędzy fazami obrazujących działanie sygnalizacji świetlnej. Warunki te należy sporządzić w formie zestawienia tabelarycznego, przy czym należy przedstawić warunki wywoływania i wydłużania poszczególnych faz. Przykładowy wzór wykonania warunków przejść pomiędzy fazami przedstawia Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Przykładowa tabela opisująca warunki przejść między fazami

Faza	priorytet	żądanie grupy	wydłużanie fazy bieżącej	PMF	faza docel.	zakresy czasu trwania	P1	P2	P3	P4	P5	P6
F1	1	PD	15K4^17K6	6	F2	T_{min} [s]	7	7	7	7	7	7
						T_{max} [s]	85	75	95	55	70	95
F2	1	16K5	-	8	F3	T_{min} [s]	6	6	6	6	6	6
	2	PD		7	F1	T_{max} [s]	6	6	6	6	6	6
F3	1	PD	16K5	9	F1	T_{min} [s]	1	1	1	1	1	1
						T_{max} [s]	20	15	25	15	30	15

Warunki przejścia:

- priorytet: oznacza kolejność sprawdzania wywołań,
- żądanie grupy: oznacza żądanie wywołania fazy związanej z daną grupą sygnalizacyjną (zamiennie można wskazać żądanie rejestrowane przez konkretny detektor); oznaczenie PD wskazuje stałe żądanie niezależne od grup sygnalizacyjnych i urządzeń detekcji,
- wydłużanie fazy bieżącej: symbol grup, które powodują wydłużanie fazy bieżącej,
- PMF: oznacza numer realizowanego przejścia międzyfazowego,
- zakresy czasu trwania: minimalne i maksymalne wartości czasu trwania poszczególnych faz ruchu, przy uwzględnieniu konieczności zapewnienia minimalnej długości sygnałów oraz nienaruszania czasów międzyzielonych (jednak minimalne wartości trwania faz ruchu mogą być większe niż wynika to z wspomnianych czynników np. z powodu przewidywanego dużego natężenia ruchu),
- minimalne i maksymalne wartości trwania poszczególnych faz ruchu mogą być różne w konkretnych programach sygnalizacyjnych.

Dodatkowo w opisie do tabeli należy zawrzeć również następujące stwierdzenie:

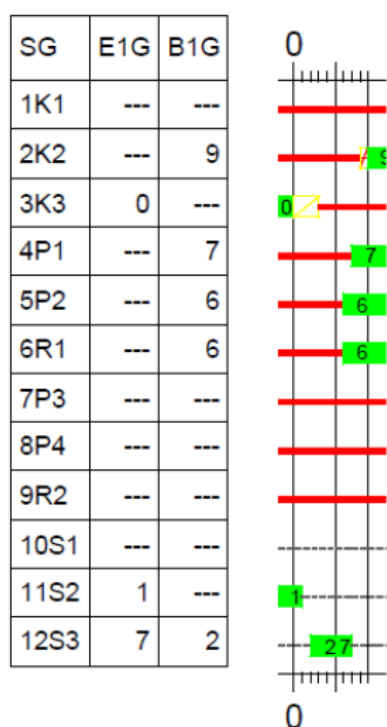
„Wszystkie powyższe wartości minimalne i maksymalne długości faz mogą być zmieniane (przy zachowaniu minimalnej długości trwania sygnałów) w przypadku zmian warunków ruchu na skrzyżowaniu bez konieczności tworzenia nowego projektu organizacji ruchu w branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej.”

Ponadto, jeżeli tabela z warunkami przejść nie wyczerpuje w pełni zobrazowania działania sygnalizacji świetlnej, to należy również przedstawić *Opis algorytmu sterowania*. Można to zrobić w formie rysunkowej (schemat blokowy) lub też w formie opisowej. Opis algorytmu powinien uwzględniać ewentualne zależności (np. pomiędzy skrzyżowaniami częściowymi) oraz sposób przechodzenia pomiędzy poszczególnymi fazami ruchu (np. w przypadku braku zgłoszeń z detektorów w określonym czasie, następuje przejście do następnej fazy). Całość powinna odzwierciedlać proces decyzyjny algorytmu sterowania sygnalizacją świetlną na skrzyżowaniu.

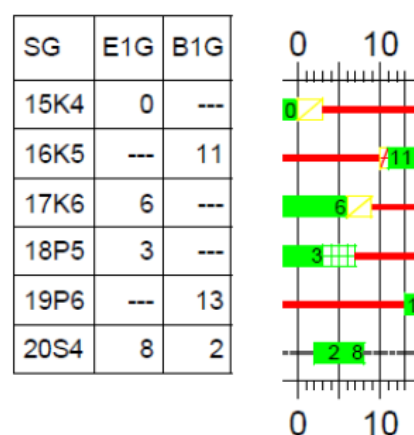
7.3. Przejścia międzyfazowe

W przypadku projektowania sygnalizacji świetlnej pracujących w trybie akomodacyjnym, zakłada się, że sterowanie odbywać się będzie na zasadzie sterowania fazowego, co oznacza, że poszczególne stany grup sygnalizacyjnych są jednakowe w ramach jednej fazy, natomiast przejścia międzyfazowe określające zmiany sekwencji sygnałów są jednoznacznie określone. Program ma możliwość wydłużania lub skracania poszczególnych faz w zależności od zapotrzebowania na ruch oraz wybranych ustawień systemu. Przejścia międzyfazowe zawsze trwają jednakową długość czasu. W związku z tym należy przedstawić w formie diagramów wszystkie możliwe przejścia międzyfazowe, zgodnie z diagramem faz ruchu. Przejście międzyfazowe muszą uwzględniać zarówno czasy międzyzielone, jak i opóźnienia czasowe wynikające z relacji strumieni nadrzędnych i podporządkowanych. Diagramy przejść międzyfazowych powinny zawierać informację o długości trwania, a także w których sekundach przejścia międzyfazowego powinno nastąpić włączenie lub wyłączenie sygnału w danej grupie sygnalizacyjnej. Dodatkowo podpisu przejść międzyfazowych powinny wskazywać numer przejścia oraz tego, których faz dotyczy. Przykładowe zobrazowanie tego jak powinno wyglądać przedstawienie przejść międzyfazowych przedstawiono poniżej na Rycinie 7.2.

No. 5, Duration = 9 s
from stage F5 to stage F1



No. 6, Duration = 13 s
from stage F11 to stage F12



Ryc. 7.2. Przykładowy wzór zobrazowania przejść międzyfazowych

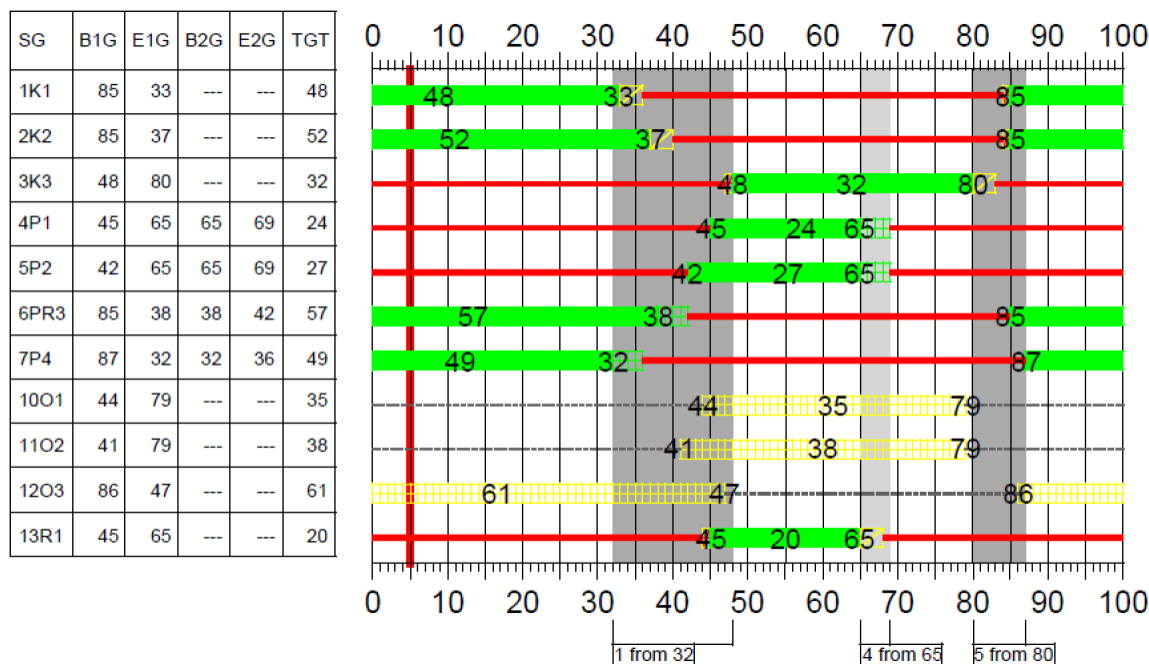
7.4. Programy sygnalizacji

7.4.1. Charakterystyka programów

Zaleca się, aby zawsze przygotować co najmniej 4 programy sygnalizacji świetlnej – dla szczytu porannego i popołudniowego oraz okresu międzyszczytowego i nocnego. Ogólnie jednak, liczba programów oraz długości cykli powinny być dostosowane do sąsiadujących skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, znajdujących się w tym samym ciągu koordynowanym. W zakresie charakterystyki programów należy wskazać, które będą realizowane w ramach standardowego harmonogramu, a które będą stanowić ewentualne programy interwencyjne, stosowane w sytuacjach, kiedy standardowe programy sygnalizacji nie będą zapewniać odpowiednich warunków ruchu. Należy również wskazać sytuacje, w których programy te będą wykorzystywane (określenie preferowanych kierunków ruchu, w sytuacjach zatłoczenia). Przedstawione w tym podrozdziale diagramy programów powinny stanowić przykładowy sposób realizacji algorytmu przy założeniu wszystkich zgłoszeń oraz w zakresie optymalnych długości sygnałów, w normalnych warunkach ruchu. Przedstawione programy stanowić będą również awaryjne programy stałoczasowe, realizowane w przypadku awarii urządzeń detekcji.

7.4.2. Program sygnalizacyjny P„X” (Tc= XXX s)

Zgodnie ze zwyczajowo przyjętą na terenie Gdyni numeracją, standardowe programy dla szczytu porannego należy oznaczać jako P1, dla okresów międzyszczytowych jako P2, dla szczytów popołudniowych P3, a dla okresów nocnych jako P4. Pozostałe programy interwencyjne powinny otrzymywać kolejne numery od 5 wzwyż (do maksymalnie 9). Diagramy programów sygnalizacyjnych powinny być przygotowane w kolorze, a także pokazywać sekundy początku i zakończenia nadawania sygnału zielonego w poszczególnych grupach sygnalizacyjnych oraz czas trwania tego sygnału. Na diagramach programów należy również rozróżnić zakresy trwania faz ruchu oraz zakresy trwania przejść międzyfazowych, które również powinny być oznaczone stosownymi numerami w miejscu, w którym się zaczynają. Przykładowy diagram programu sygnalizacji świetlnej przedstawiony został na Rycinie 7.4.



Ryc. 7.3. Przykładowy wzór diagramu programu sygnalizacji świetlnej

7.4.3. Program startowy

Należy przygotować diagram programu startowego zgodnie z zasadami zawartymi w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach*. Podobnie jak w przypadku standardowych diagramów, również w przypadku programu startowego należy pokazać sekundy początku i zakończenia nadawania sygnału zielonego w poszczególnych grupach sygnalizacyjnych oraz czas trwania tego sygnału. Procedurę poprzedzającą uruchomienie programu startowego można przedstawić w formie opisowej.

7.4.4. Program końcowy

Należy przygotować diagram programu końcowego zgodnie z zasadami zawartymi w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach*. Podobnie jak w przypadku standardowych diagramów, również w przypadku programu końcowego (wyłączeniowego) należy pokazać sekundy początku i zakończenia nadawania sygnału zielonego w poszczególnych grupach sygnalizacyjnych oraz czas trwania tego sygnału.

7.5. Harmonogram pracy programów sygnalizacji

Zakłada się, że w przypadku sygnalizacji akomodacyjnej programy realizujące ten sposób sterowania będą funkcjonować przez całą dobę (z pominięciem okresów kiedy sygnalizacja jest wyłączona). Harmonogram pracy sygnalizacji świetlnej należy przedstawić w formie tabelarycznej z uwzględnieniem odrębnego harmonogramu dla dni roboczych i weekendów. Godziny pracy poszczególnych programów powinny być identyczne jak na sąsiadujących skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, znajdujących się w tym samym ciągu koordynowanym. Dodatkowo w przypadku projektowania skrzyżowania włączonego do systemu centralnego, w punkcie dotyczącym harmonogramu pracy należy zawrzeć również następujące stwierdzenie:

„Jest to domyślny harmonogram przełączania programów. W trybie pracy systemowej (w ramach podłączenia do centralnego systemu sterowania ruchem) dopuszcza się przełączanie programów w innych godzinach poprzez automatyczne algorytmy systemu sterowania lub na ręczne żądanie operatora Centrum Zarządzania i Sterowania Ruchem. Ponadto harmonogram pracy programów może ulec zmianie bez konieczności przygotowywania nowego projektu stałej organizacji ruchu w branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej”

8. Obliczenia przepustowości

8.1. Założenia do obliczeń przepustowości

Jeżeli istnieją jakieś dodatkowe, nietypowe założenia lub uwarunkowania uwzględniane w obliczeniach przepustowości, to należy je wskazać przed wynikami obliczeń.

8.2. Obliczenia przepustowości dla szczytu porannego

Należy wykonać obliczenia przepustowości dla okresu szczytu porannego w zakresie natężeń ruchu oraz ramowego programu sygnalizacji przewidywanego do działania w tym czasie, zgodnie z harmonogramem pracy sygnalizacji świetlnej. Wyniki obliczeń przepustowości powinny wskazywać następujące elementy: przepustowość skrzyżowania, stopień obciążenia skrzyżowania i rezerwę przepustowości, poziomy swobody ruchu na poszczególnych wlotach oraz na całym skrzyżowaniu, straty czasu i długości kolejek.

8.3. Obliczenia przepustowości dla szczytu popołudniowego

Należy wykonać obliczenia przepustowości dla okresu szczytu popołudniowego w zakresie natężeń ruchu oraz ramowego programu sygnalizacji przewidywanego do działania w tym czasie, zgodnie z harmonogramem pracy sygnalizacji świetlnej. Wyniki obliczeń przepustowości powinny wskazywać następujące elementy: przepustowość skrzyżowania, stopień obciążenia skrzyżowania i rezerwę przepustowości, poziomy swobody ruchu na poszczególnych wlotach oraz na całym skrzyżowaniu, straty czasu i długości kolejek.

9. Koordynacja pracy sygnalizacji świetlnej

Jeżeli skrzyżowanie znajduje się w ciągu koordynacyjnym to dla ramowych programów sygnalizacji z rozdziału 7.4. należy przedstawić stosowne wykresy koordynacji uwzględniające skrzyżowanie poprzedzające oraz następujące po projektowanym. Stąd też podczas tworzenia ramowych programów sygnalizacji świetlnej należy uwzględnić, aby wpisywały się one w ciąg koordynacyjny. Wykresy koordynacji należy przygotować wyłącznie dla standardowych programów zawartych w harmonogramie pracy sygnalizacji świetlnej. Dopuszcza się, aby wykresy koordynacji stanowiły element części załącznikowej.

W przypadku, gdy projektowane skrzyżowanie znajdować się będzie poza ciągiem koordynacyjnym, to informację o tym również należy zawrzeć w projekcie, przy czym w przypadku skrzyżowań wpiętych do systemu centralnego należy zawrzeć również zdanie:

„Sterownik zostanie włączony do centralnego systemu sterowania ruchem na terenie Gdyni, który będzie umożliwiał zdalny nadzór nad funkcjonowaniem sygnalizacji świetlnej w tym miejscu, a także pozwoli na bieżące dostosowywanie strategii sterowania, zgodnie poleceniami generowanym automatycznie przez system lub ręcznie poprzez operatora Centrum Zarządzania i Sterownia Ruchem w Gdyni.”

10. Załączniki rysunkowe

Wszystkie projekty stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej powinny zawierać minimum następujące załączniki rysunkowe:

Załącznik nr 1 – Plan orientacyjny przedstawiający lokalizację skrzyżowania na terenie miasta w skali od 1:10 000 do 1:25 000. Skalę należy dobrać w taki sposób, aby wyrażona była w pełnych tysiącach. Preferowany format rysunku to A4.

Załącznik nr 2 – Plan sytuacyjny skrzyżowania z sygnalizacją świetlną w skali 1:500. Na rysunku należy pokazać całe skrzyżowanie objęte sygnalizacją świetlną, niezależnie od zakresu projektu. Jeżeli jeden sterownik odpowiada jednocześnie za sterowanie na kilku skrzyżowaniach częściowych to należy je wszystkie ukazać. Na rysunku powinni być widoczne oznakowanie poziome oraz wszystkie urządzenia/strefy detekcji oraz sygnalizatory wraz z odpowiadającymi im oznaczeniami. Nie dopuszcza się sytuacji, w której zmiany dotyczy np. tylko jednego wlotu, więc na planie sytuacyjnym przedstawia się wyłącznie ten wlot. Zawsze należy przedstawić całe skrzyżowanie objęte sygnalizacją świetlną. Format rysunku powinien zapewniać jego czytelność, tak aby widoczne były wszystkie urządzenia sygnalizacji oraz możliwe było odczytanie wszystkich oznaczeń związanych z nimi.

Załącznik nr 3 – Trajektorie ruchu i punkty kolizji na skrzyżowaniu. Preferowana skala 1:500. Na rysunku należy przedstawić wszystkie strumienie i trajektorie ruchu dla wszystkich grup sygnalizacyjnych w obrębie skrzyżowania. Każdy pas ruchu powinien mieć swój strumień ruchu, którego początek powinien być oznaczony za pomocą cyfry, natomiast wyloty strumieni powinny być oznaczone za pomocą liter i mogą być wspólne dla kilku relacji. Dodatkowo należy oznaczyć również punkty kolizji.

Pozostałe uwagi w zakresie wytycznych dla projektów stałej organizacji ruchu branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej:

- 1) Projekty powinny zawierać znajdujący się na początku opracowania spis treści oraz spis załączników.
- 2) Wszystkie tabele i rysunki w projekcie muszą być opisane w zakresie numeru i nazwy wskazującej co przedstawia.
- 3) Projekt stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej należy przygotowywać na wstępnie uzgodnionej docelowej organizacji ruchu w zakresie oznakowania poziomego i przeznaczenia wykorzystania pasów ruchu, aby ewentualne zmiany nie powodowały konieczności ponownego składania projektu sygnalizacji świetlnej.
- 4) Projekty stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej należy traktować jako całość wraz z projektami w zakresie oznakowania poziomego i pionowego. Dopiero całość stanowi kompletny projekt stałej organizacji ruchu. W związku z tym uzyskując opinię np. jednostki Policji lub też składając projekt do zatwierdzenia, należy złożyć go w komplecie (sygnalizacja świetlna + oznakowanie).
- 5) Zasadniczo projekty stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej nie powinny być składane do zatwierdzenia niezależnie od organizacji ruchu w zakresie oznakowania poziomego i pionowego. Wyjątek stanowią sytuacje, kiedy zmiany dotyczą wyłącznie sygnalizacji świetlnej np. zmienia się sposób sterowania, pojawiają się nowe fazy ruchu lub też zmieniają się przejścia międzyfazowe, gdzie zmiany w organizacji ruchu w zakresie oznakowania nie zachodzą.
- 6) W przypadku, kiedy projektowane są nowe urządzenia sygnalizacji lub przenoszone są istniejące to wówczas projekty stałej organizacji ruchu w zakresie branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej należy opracować na aktualnych mapach do celów projektowych, z zaznaczonymi krawędziami drogi oraz aktualnym oznakowaniem poziomym. Jeżeli nie dochodzi do żadnych zmian w zakresie sprzętowym, dopuszczalne jest wykorzystanie map do celów informacyjnych, niemniej rzeczywista lokalizacja urządzeń sygnalizacji powinna zostać zinwentaryzowana i przedstawiona na planie sytuacyjnym.
- 7) Dla nowo budowanych sygnalizacji świetlnej lub modernizacji obejmujących dostawianie nowych urządzeń sygnalizacji, bądź przenoszenie istniejących, należy opracować również branżowy projekt wykonawczy w zakresie elektrycznym. Jednak projekt ten powinien zostać przygotowany dopiero po uzgodnieniu/zatwierdzeniu projektu stałej organizacji ruchu (obejmującego również inżynierię ruchu – sygnalizację świetlną).
- 8) Niezależnie od zakresu realizowanego zadania, projekty stałej organizacji ruchu w branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej muszą obejmować całe skrzyżowanie i wszystkie jego wloty w zasięgu wszystkich urządzeń sygnalizacji świetlnej, w tym również urządzeń detekcji. Nie dopuszcza się do sytuacji, w której na planie sytuacyjnym przedstawia się tylko część skrzyżowania np. 1 wlot.
- 9) Wszystkie powyższe wytyczne mogą zostać uzupełnione przed dodatkowe warunki techniczne w zakresie sygnalizacji świetlnej, wynikające z lokalnych potrzeb i uwarunkowań. Szczegółowe warunki techniczne powinny zostać dołączone do projektu stałej organizacji ruchu branży inżynierii ruchu – sygnalizacji świetlnej.
- 10) Wszystkie projektowane rozwiązania muszą być zgodne z aktualnymi zapisami *Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach.*