

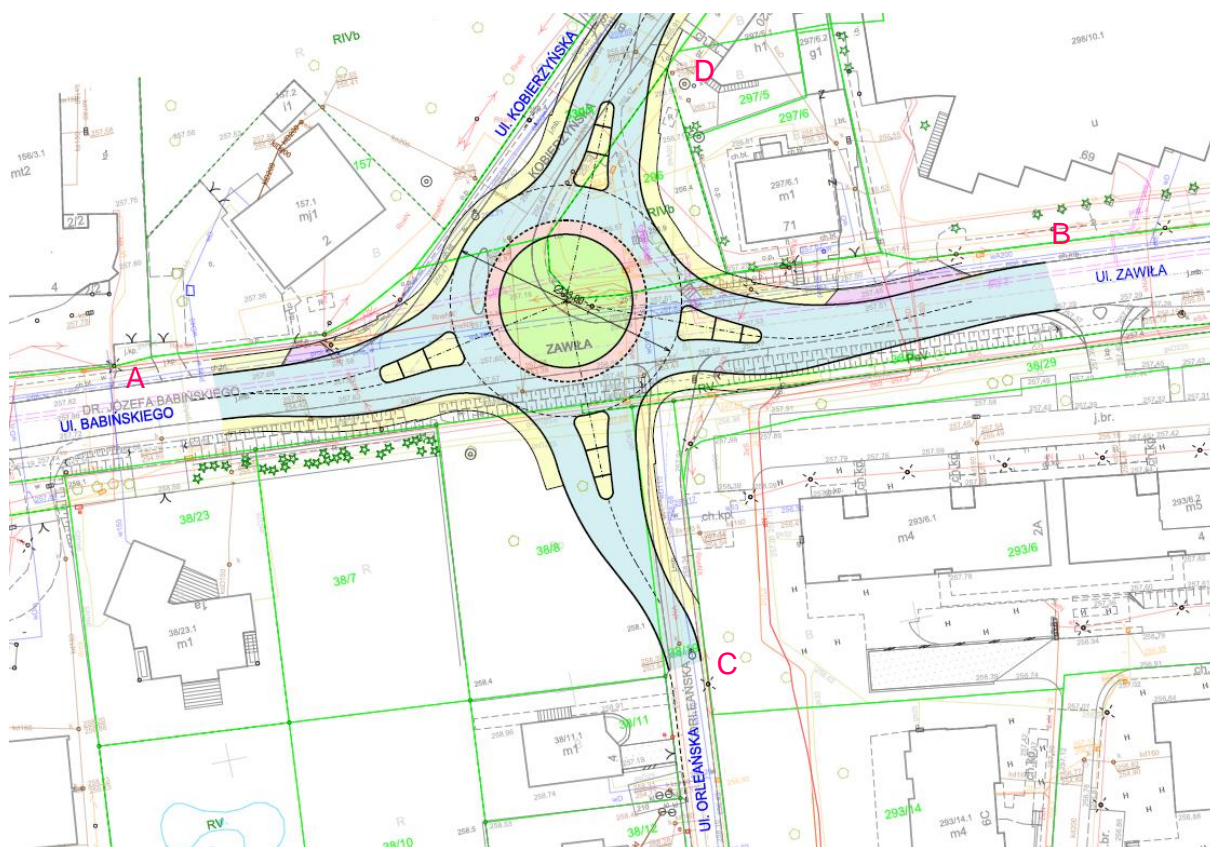
Analiza warunków ruchu na skrzyżowaniach wzdłuż ulicy Zawilej

1. Skrzyżowanie Zawila-Babińskiego-Kobierzyńska-Orleańska

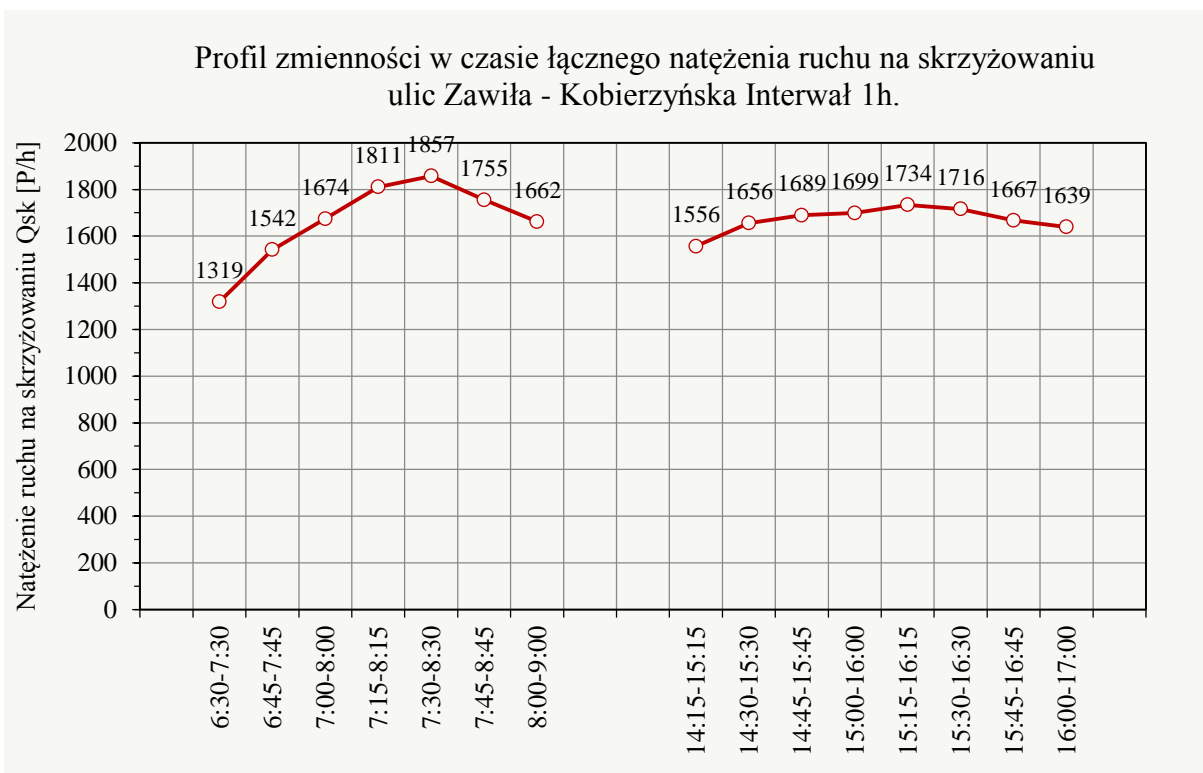
Ustalenie natężeń ruchu

Dane ruchowe stanowiące podstawę do analiz ruchu dla przedmiotowego skrzyżowania pozyskano na podstawie własnych pomiarów ruchu przeprowadzonych we czwartek 27.10.2021 roku. Pomiary objęły okres szczytu porannego 6:30 ÷ 9:00 i popołudniowego 14:15 ÷ 17:00, w okresach cechujących się najwyższymi wymaganiami zapewnienia pożądanych warunków ruchu.

Na skrzyżowaniu największe natężenia ruchu w szczycie porannym zarejestrowano między godziną 7:30 a 8:30 (1857 P/h). W okresie pomiaru porannego można zauważyć dużą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi. Szczyt popołudniowy, cechuje się nieznacznie mniejszymi natężeniami ruchu (ok. 7%) i przypada na godzinę 15:15 ÷ 16:15 (1734 P/h). W okresie pomiaru popołudniowego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi w okresie pomiaru między 15:30 a 17:00. Zastosowano następujące oznaczenia wlotów: A – Babińskiego, B – Zawila, C – Orleańska, D – Kobierzyńska (rys. 1). Wahania zmienności ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 2.

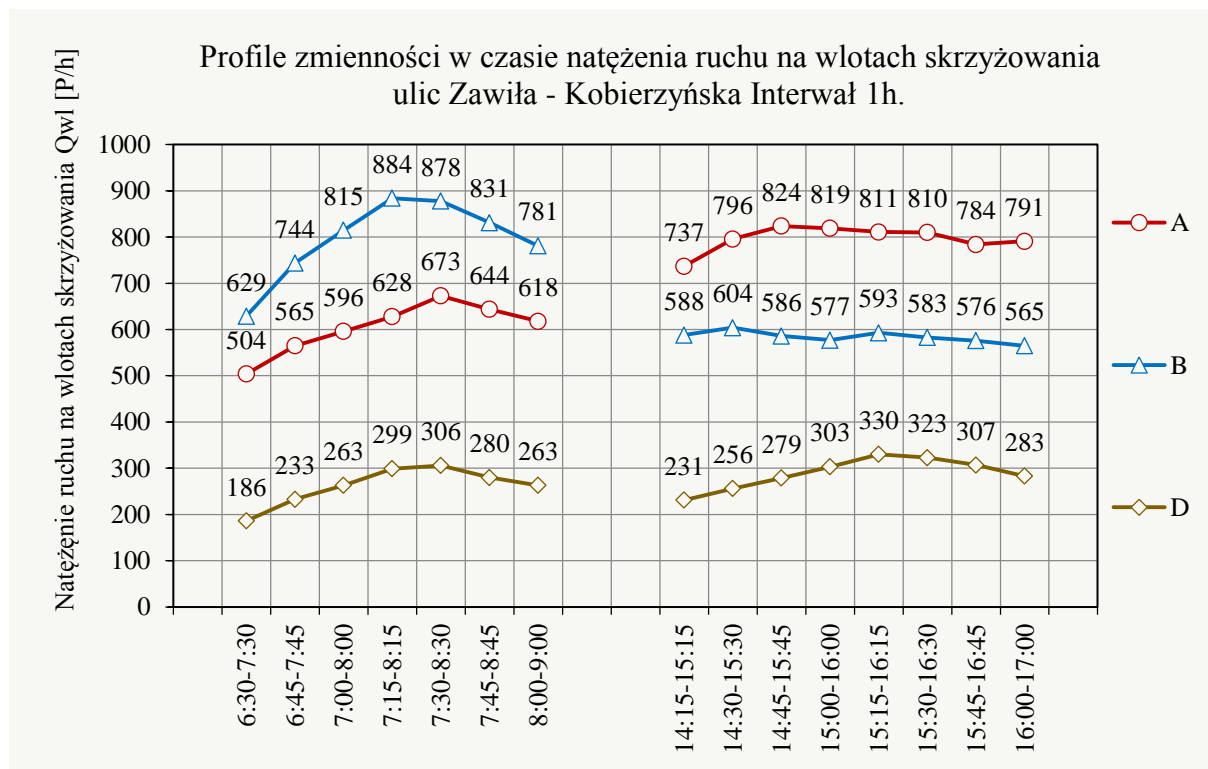


Rys. 1 Oznaczenia wlotów na skrzyżowaniu.

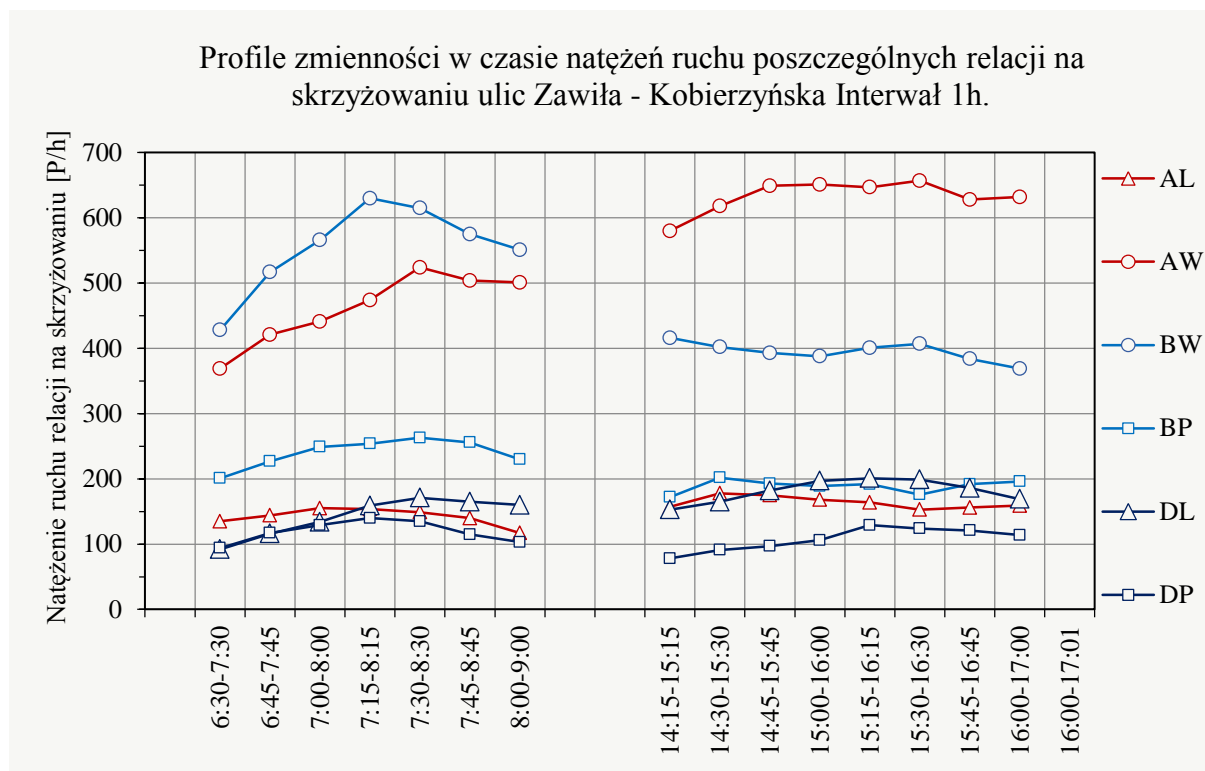


Rys. 2 Zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Analizowano również rozkład ruchu na wlotach skrzyżowania, jego wahania w czasie przedstawia rys. 3 (zmienność natężenia ruchu na wlotach) i rys. 4 (zmienność natężenia ruchu relacji na wlotach). Pomiar ruchu wskazuje na duże zróżnicowanie obciążenia wlotów (A i B) i relacji w czasie okresu pomiarowego porannego, co jest związane z ruchem na kierunku nadrzędnym wschód – zachód. Na skrzyżowaniu dominują natężenia ruchu wzdłuż ulic Zawila – Babińskiego.



Rys. 3 Zmienność natężenia ruchu wlotach skrzyżowania – interwał 1h.



Rys. 4 Zmienność natężenia ruchu relacji na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Udział pojazdów ciężkich na skrzyżowaniu w okresie pomiarowym zmieniał się od 1,9% do 5,3%. Niski udział pojazdów ciężkich oraz występowanie ruchu rowerowego powoduje, że liczby pojazdów rzeczywistych i umownych są do siebie zbliżone (1857 P/h i 1898 E/h w szczycie porannym oraz 1734 P/h i 1771 E/h w szczycie popołudniowym). W dalszych analizach uwzględniono wpływ pojazdów ciężkich, przyjmując udział pojazdów ciężkich 2,9% (szczyt poranny) i 4,0% (szczyt popołudniowy). Obserwacje wskazują na dość duży ruch pieszzy, co jest związane z lokalizacją źródeł i celów ruchu pieszego o dużym potencjale generacji tego ruchu (przystanki, osiedle mieszkaniowe). Natężenie ruchu pieszego w godzinie szczytu porannego wynosi około 60 Ps/h na całym skrzyżowaniu. W tym około 40 Ps/h na wlocie D i 20 Ps/h na wlocie B. W okresie szczytu popołudniowego natężenie ruchu pieszego na skrzyżowaniu wyniosło około 120 Ps/h (wlot B – 50 Ps/h i wlot D – 70 Ps/h).

W pomiarach nie uwzględniono wlotu ulicy Orleańskiej ze względu na znikomy ruch na tym wlocie i funkcjonowanie jego na zasadzie zjazdu.(dojazd do kilku domów).

Zestawienie wyników pomiarów ruchu dla godzin szczytowych na skrzyżowaniu zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Natężenie ruchu w godzinach szczytu na podstawie pomiaru (27.10.2021 r.).

Szczyt poranny:							7:30-8:30					
Włot	Babińskiego			Zawiła			Orleańska			Kobierzyńska		
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	149	524	0	0	615	263	0	0	0	171	0	135
Qwl =	673			878			0			306		
Qsk =	1857 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							15:15-16:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	164	647	0	0	401	192	0	0	0	201	0	129
Qwl =	811			593			0			330		
Qsk =	1734 [P/h]											

W obliczeniach warunków ruchu posłużono się krajową metodą wyznaczania przepustowości rond (MOP-R-04). Obliczenia warunków ruchu przeprowadzono dla ronda jednopasowego jak na rysunku 1. Na wlotach podporządkowanych przyjęto po jednym pasie ruchu. Założono niewielką zmienność ruchu na skrzyżowaniu wobec powyższego przyjęto współczynnik zmienności ruchu k_{15} równy 1 (w pomiarach ruchu uzyskano dla szczytu porannego wartość $k_{15}=0,93$ i dla szczytu popołudniowego wartość $k_{15}=0,91$). W analizach uwzględniono wpływ ruchu pieszego opisany powyżej. W obliczeniach uwzględniono występowanie ruchu na wlocie C w liczbie 10 pojazdów.

Poniżej w kolejnych tablicach zestawiono wynik analizy warunków ruchu przyjmując natężenia ruchu jak w tabl. 1.

W obliczeniach przyjęto średnicę ronda równą 33m. Przyjęte parametry behawioralne dla tego ronda pozwalają rozważać jego średnicę od 24,1 m do 36 m bez wpływu na wyniki obliczeń warunków ruchu. Zwiększenie średnicy ronda spowoduje wyłącznie poprawę warunków ruchu w stosunku do tych przedstawionych w tabelach poniżej. Przyjęto następujące oznaczenia w obliczeniach ronda:

- Q – przyjęte do obliczeń natężenie ruchu na wlocie,
- C_m – przepustowość możliwa wlotu,
- ΔC_m – rezerwa przepustowości możliwej wlotu,
- C_r – przepustowość rzeczywista wlotu,
- d – średnie straty czasu przypadające na pojazd na wlocie
- K_p – kolejka pozostająca [P],
- L_k – zasięg kwantyla 95% kolejki maksymalnej (zalecana długość odcinka akumulacji na pasie ruchu) [m],

- PSR** – poziom swobody ruchu,
 C_{rr} – przepustowość rzeczywista ronda,
 W_{rr} – wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu,
 ρ – stopień wykorzystania wlotu

O warunkach ruchu na skrzyżowaniu świadczą przede wszystkim straty czasu pojazdów. Miarodajna długość kolejki może być przydatna w wyznaczeniu efektów funkcjonowania skrzyżowania na sprawność ruchową sąsiednich ciągów i obiektów. Długości kolejek maksymalnych dotyczą kwantyla 95% (jedynie w 5% przypadków może dojść do przekroczenia długości kolejki). Ważnymi parametrami są rezerwa przepustowości oraz wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu, które wskażą, jak bardzo dociążone mogą zostać poszczególne wloty i o ile może wzrosnąć ruch, przez co będzie można oszacować wzrost ruchu w horyzoncie czasu. Wyniki parametrów określających warunki ruchu zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla każdego wlotu oraz dla całego skrzyżowania.

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Babińskiego-Kobierzyńska-Orleańska (szczyt poranny)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
D – Kobierzyńska	310	694	385	351	3	19	8,3	I
B – Zawila	881	1012	131	996	17	108	26,4	II
C – Orleańska	10	589	579	11	1	6	4,8	I
A – Babińskiego	676	994	319	764	7	44	10,4	I
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]		ρ [-]			
	2122		13,1		0,885			

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Babińskiego-Kobierzyńska-Orleańska (szczyt popołudniowy)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
D – Kobierzyńska	334	821	488	386	3	19	6,1	I
B – Zawila	596	933	397	688	5	32	8,0	I
C – Orleańska	10	511	501	12	1	6	5,9	I
A – Babińskiego	814	964	150	940	14	89	23,4	II
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]		ρ [-]			
	2026		15,5		0,866			

Dla przyjętych natężeń w godzinie szczytu porannego i popołudniowego skrzyżowanie cechuje występowanie rezerwy przepustowości co najmniej 13% (szczyt poranny). Obliczenia wskazują, że na skrzyżowaniu typu rondo jednopasowe o średnicy 33m dla natężania pomierzonego występowałyby

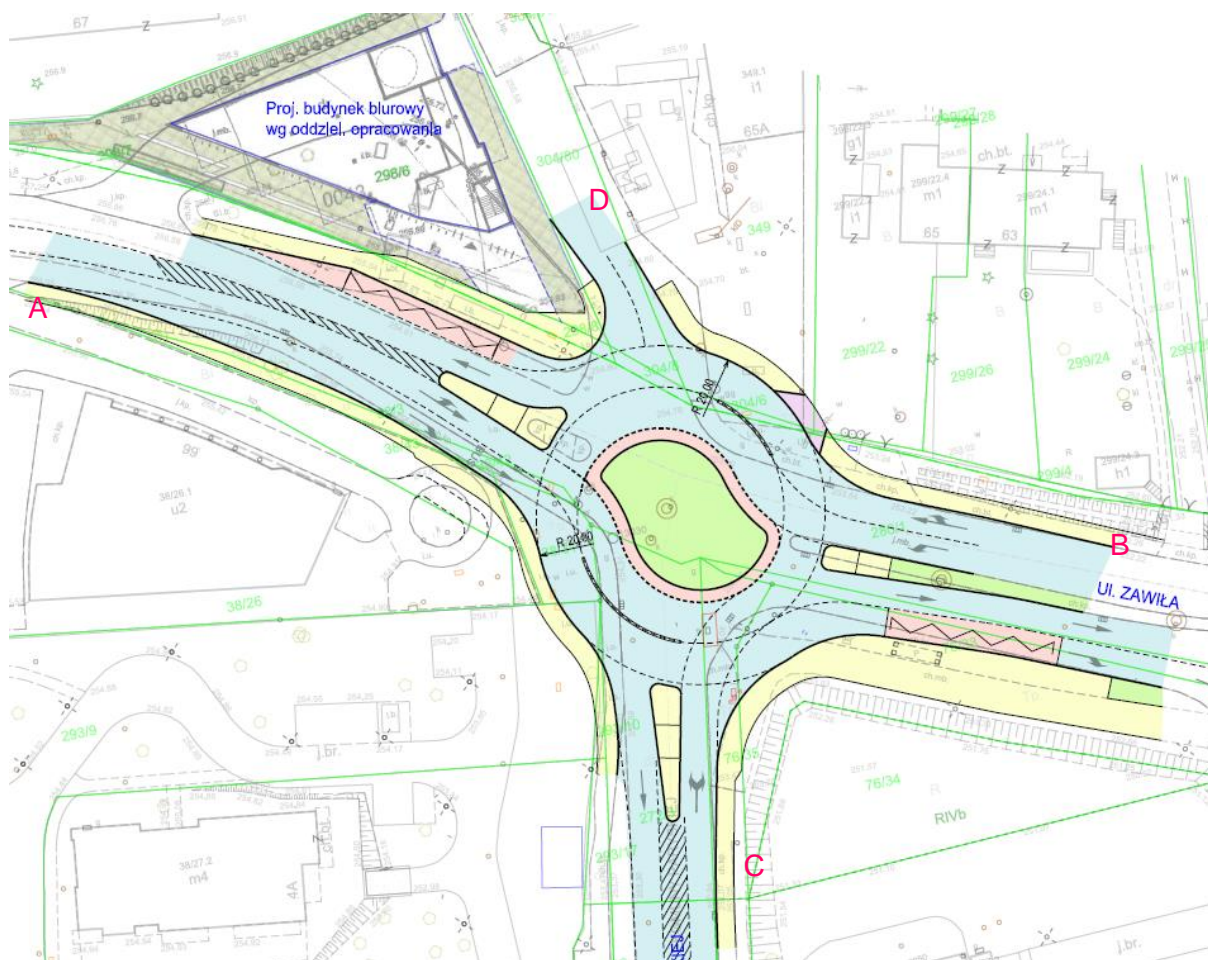
warunki ruchu bardzo dobre i dobre (PSR I i II). Dodatkowy wzrost ruchu na przedmiotowym skrzyżowaniu do wyczerpania przepustowości może wynieść około 13,1% (w przypadku szczytu porannego) i 15,5% (w przypadku szczytu popołudniowego) przy zachowaniu proporcji wzrostu na wlotach do wyczerpania przepustowości. Większy wskaźnik wzrostu ruchu dla szczytu popołudniowego wynika z mniejszego obciążenia wlotów na skrzyżowaniu. Na podstawie obliczeń warunków ruchu można stwierdzić, że w szczycie porannym w horyzoncie czasu 10 lat (przebudowa skrzyżowania) warunki przepustowości powinny być zapewnione. Wyczerpanie przepustowości może nastąpić po wzroście ruchu ponad 10%, który prawdopodobnie będzie ograniczony innymi skrzyżowaniami w sieci ulicznej.

2. Skrzyżowanie Zawila-Komuny Paryskiej

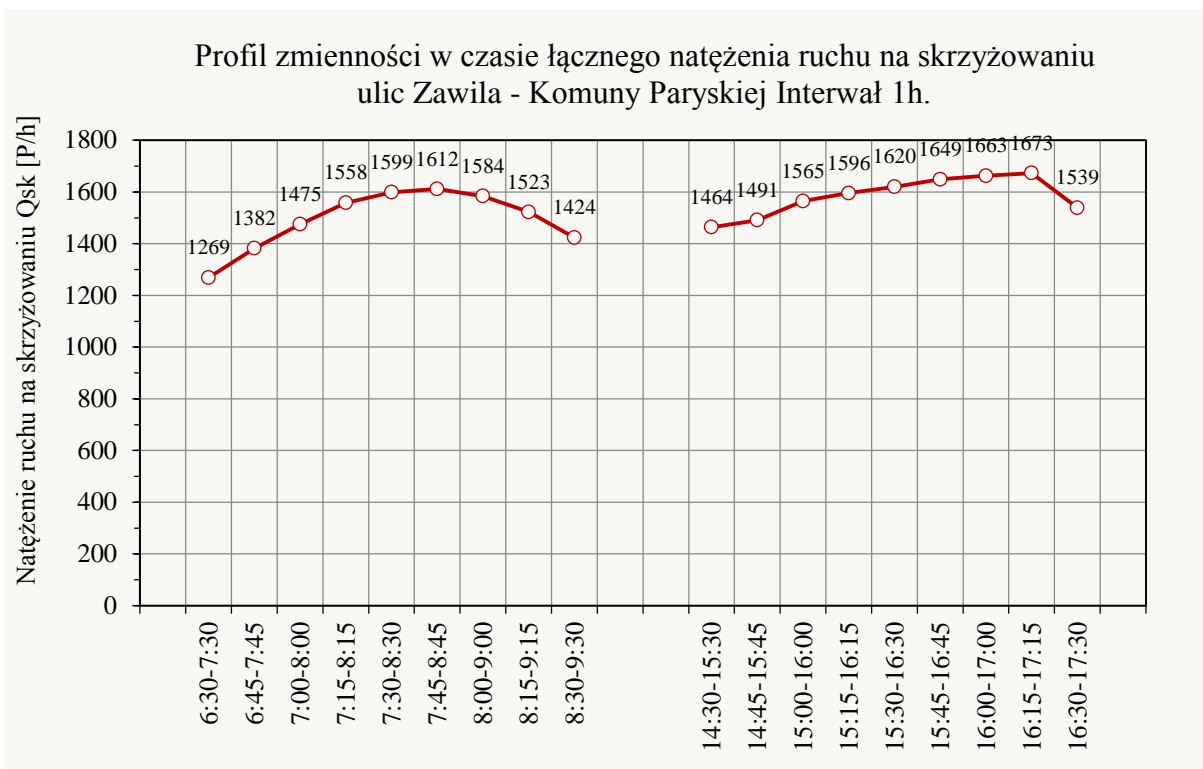
Ustalenie natężeń ruchu

Dane ruchowe stanowiące podstawę do analiz ruchu dla przedmiotowego skrzyżowania pozyskano na podstawie własnych pomiarów ruchu przeprowadzonych we wtorek 24.06.2021 roku. Pomiary objęły okres szczytu porannego 6:30 ÷ 9:30 i popołudniowego 14:30 ÷ 17:30, w okresach cechujących się najwyższymi wymaganiami zapewnienia pożądanych warunków ruchu.

Na skrzyżowaniu największe natężenia ruchu w szczycie porannym zarejestrowano między godziną 7:45 a 8:45 (1612 P/h). W okresie pomiaru porannego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi zwłaszcza w okresie 7:15-9:00 (zmiana do 3,5%). Szczyt popołudniowy, cechuje się nieznacznie większymi natężeniami ruchu (ok. 3,8%) i przypada na godzinę 16:15 ÷ 17:15 (1673 P/h). W okresie pomiaru popołudniowego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi w okresie pomiaru między 15:15 a 17:15 (do 5%). Zastosowano następujące oznaczenia wlotów: A – Zawila Zach., B – Zawila Wsch., C – Komuny Paryskiej Pld., D – Komuny Paryskiej Płn. (rys. 1). Wahania zmienności ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 2.

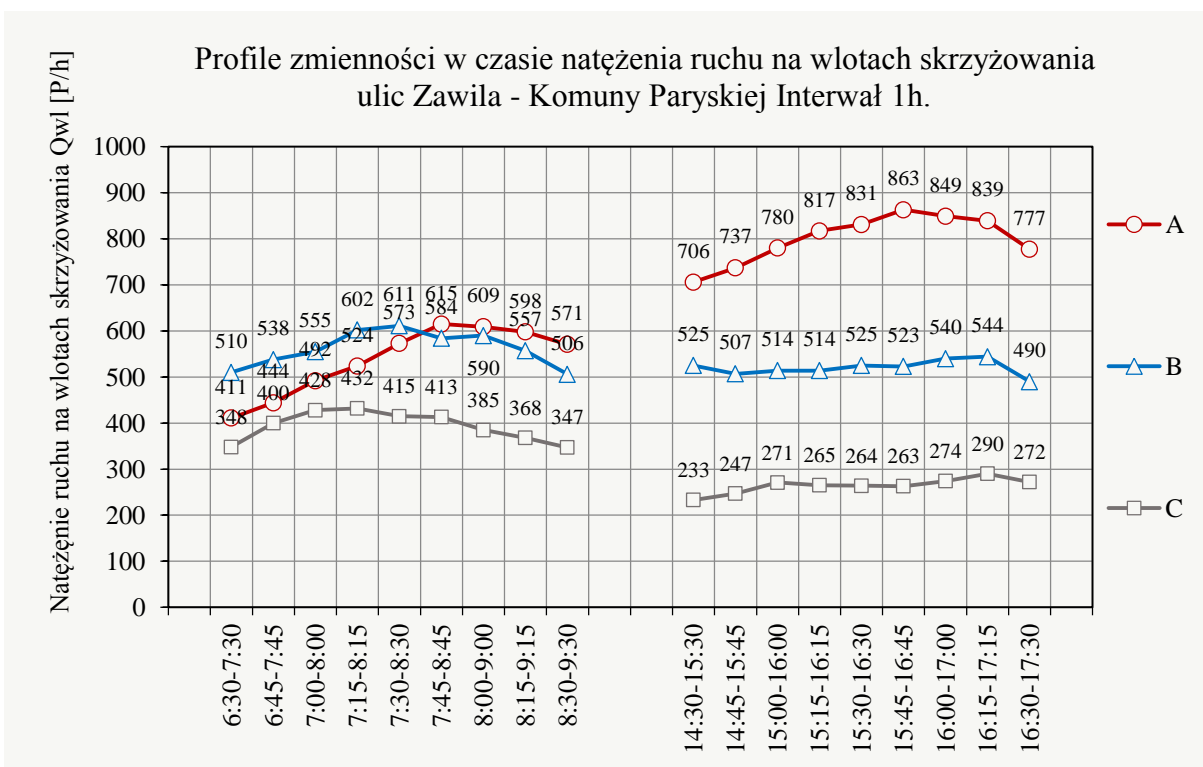


Rys. 1 Oznaczenia wlotów na skrzyżowaniu.

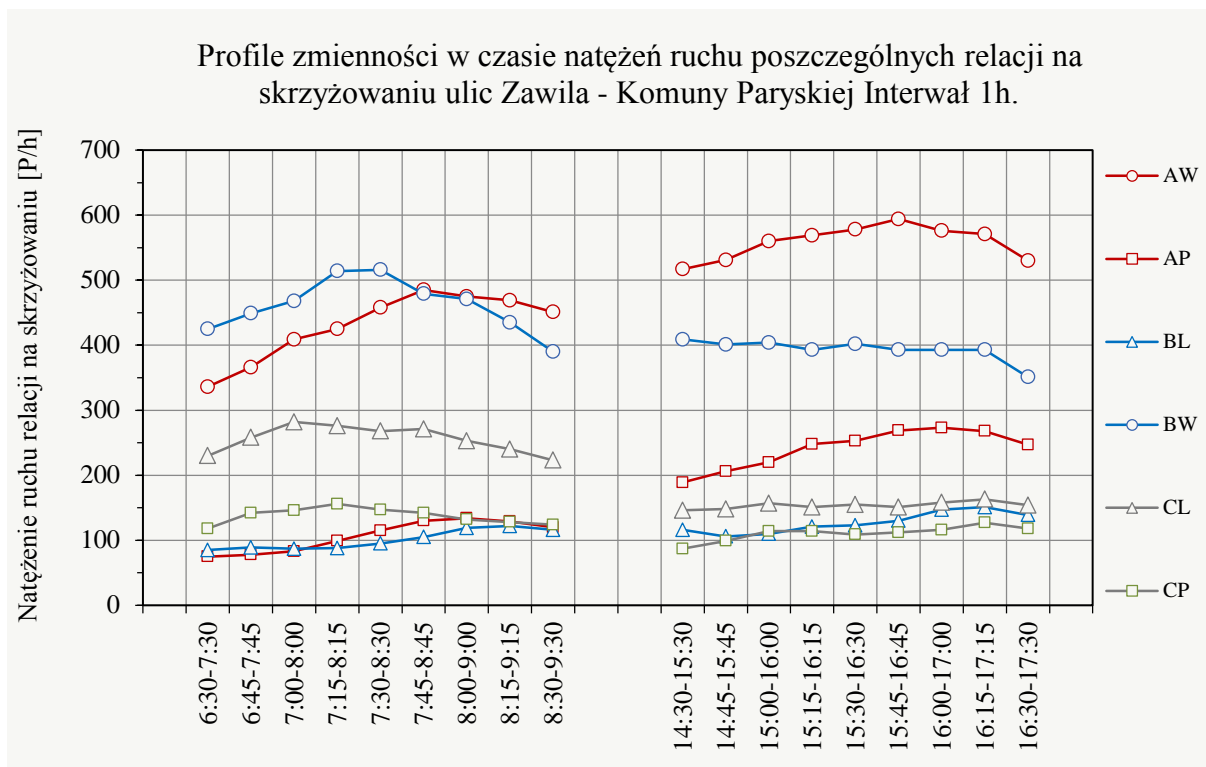


Rys. 2 Zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Analizowano również rozkład ruchu na wlotach skrzyżowania, jego wahania w czasie przedstawia rys. 3 (zmienność natężenia ruchu na wlotach) i rys. 4 (zmienność natężenia ruchu relacji na wlotach). Pomiar ruchu wskazuje na duże zróżnicowanie obciążenia wlotów (A i C) i relacji w czasie okresu pomiarowego zarówno porannego jak i popołudniowego, co jest związane z ruchem z i do centrum miasta. Na skrzyżowaniu dominują natężenia ruchu wzdłuż ulicy Zawilej (relacje na wprost).



Rys. 3 Zmienność natężenia ruchu wlotach skrzyżowania – interwał 1h.



Rys. 4 Zmienność natężenia ruchu relacji na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Udział pojazdów ciężkich na skrzyżowaniu w okresie pomiarowym zmieniał się od 3,4% do 8,3%. Dość wysoki udział pojazdów ciężkich wynika z lokalizacji skrzyżowania na obrzeżach miasta (braku ograniczenia tonażu), gdzie występuje nakładanie się ruchu lokalnego i tranzytowego (w tym ciężkiego). Pomimo dużego udziału ruchu pojazdów ciężkich, jak na warunki miejskie, występowanie rowerów w ruchu powoduje, że liczby pojazdów rzeczywistych i umownych są do siebie zbliżone (1612 P/h i 1666 E/h w szczycie porannym oraz 1673 P/h i 1698 E/h w szczycie popołudniowym). W dalszych analizach uwzględniono wpływ pojazdów ciężkich, przyjmując udział pojazdów ciężkich 6,6% (szczyt poranny) i 3,9% (szczyt popołudniowy). Obserwacje wskazują na dość duży ruch pieszego, co jest związane z lokalizacją źródeł i celów ruchu pieszego o dużym potencjale generacji tego ruchu (przystanki, osiedle mieszkaniowe). Natężenie ruchu pieszego w godzinie szczytu porannego wynosi około 130 Ps/h na całym skrzyżowaniu. W tym około 70 Ps/h na wlocie A, 40 Ps/h na wlocie C i 20 Ps/h na wlocie B. W okresie szczytu popołudniowego natężenie ruchu pieszego było mniejsze na skrzyżowaniu i wyniosło około 85 Ps/h (wlot A – 45 Ps/h, wlot B – 15 Ps/h i wlot C – 30 Ps/h). Przedstawione wyżej parametry zostały uwzględnione w analizach warunków ruchu na skrzyżowaniu.

Wlot D (północny) stanowi zjazd do stacji paliw, która ma również drugie połączenie z ul. Zawilą. W stanie istniejącym skrzyżowanie praktycznie funkcjonuje jak trzywlotowe z ograniczonym ruchem na wlocie północnym do kilkunastu pojazdów na godzinę w kierunku stacji paliw (16 s.o./h w godzinie szczytu porannego i 26 s.o./h w godzinie szczytu popołudniowego). Pojazdy te zostały dodatkowo uwzględnione w tabeli 1.

Zestawienie wyników pomiarów ruchu dla godzin szczytowych na skrzyżowaniu z uwzględnieniem wlotu północnego zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Natężenie ruchu w godzinach szczytu na podstawie pomiaru (24.06.2021 r.).

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Komuny Paryskiej Płd.			Komuny Paryskiej Płn. (zjazd do stacji paliw)		
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	5	485	130	105	479	5	271	6	142	5	6	5
Qwl =	615			584			413			16		
Qsk =	1628 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	9	571	268	151	393	9	163	8	127	9	8	9
Qwl =	848			553			298			26		
Qsk =	1725 [P/h]											

Biorąc pod uwagę realizowane inwestycje mieszkaniowe w obszarze oraz oszacowane na ich podstawie występujące dodatkowe natężenie ruchu na skrzyżowaniu w dalszej analizie wykorzystano natężenia ruchu zawarte w opracowaniu pt.: *Analiza wpływu ruchu generowanego przez inwestycje pn.: "zabudowa mieszkaniowo –usługowa, Kliny, Kraków" na przyległy układ uliczny* [1]. Poniżej w tabeli nr 2 przedstawiono zestawienie natężenia ruchu przyjęte do analizy warunków ruchu z dodatkowym uwzględnieniem ruchu na wlocie północnym wynoszącym ok. 20 P/h.

Tabela 2. Natężenie ruchu w godzinach szczytu przyjęte w analizie ruchu na skrzyżowaniu ul. Zawiła-Komuny Paryskiej wg [1].

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Komuny Paryskiej Płd.			Komuny Paryskiej Płn. (zjazd do stacji paliw)		
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	5	505	208	151	499	5	573	10	300	5	10	5
Qwl =	718			655			883			20		
Qsk =	2276											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	5	594	427	242	409	5	256	10	198	5	10	5
Qwl =	1026			656			464			20		
Qsk =	2166											

Wobec braku polskiej metody obliczeniowej szacowanie przepustowości ronda turbinowego przeprowadzono na podstawie metody i modelu Brilon-Wu oraz własnych badań parametrów behawioralnych. Na wlotach podporządkowanych przyjęto organizację ruchu jak na rys. 1. Założono niewielką zmienność ruchu na skrzyżowaniu wobec powyższego przyjęto współczynnik zmienności ruchu k_{15} równy 1 (w pomiarach ruchu uzyskano dla szczytu porannego wartość $k_{15}=0,98$ i dla szczytu popołudniowego wartość $k_{15}=0,97$). W analizach uwzględniono wpływ ruchu pieszego opisany powyżej.

Poniżej w kolejnych tablicach zestawiono wynik analizy warunków ruchu przyjmując natężenia ruchu jak w tabl. 2.

Przyjęto następujące oznaczenia w obliczeniach ronda turbinowego:

- Q** – przyjęte do obliczeń natężenie ruchu na wlocie,
- Q_n** - natężenie nadrzędne na wlocie
- C_m** – przepustowość możliwa pasa/wlotu,
- ΔC_m** – rezerwa przepustowości możliwej pasa/wlotu,
- ρ** – stopień wykorzystania przepustowości pasa/wlotu
- d** – średnie straty czasu przypadające na pojazd na pasie/wlocie
- K_{m95}** – kolejka maksymalna [P],
- PSR** – poziom swobody ruchu,

O warunkach ruchu na skrzyżowaniu świadczą przede wszystkim straty czasu pojazdów. Miarodajna długość kolejki może być przydatna w wyznaczeniu efektów funkcjonowania skrzyżowania na sprawność ruchową sąsiednich ciągów i obiektów. Długości kolejek maksymalnych dotyczą kwantyla 95% (jedynie w 5% przypadków może dojść do przekroczenia długości kolejki). Ważnym parametrem jest rezerwa przepustowości, która wskazuje, jak bardzo dociążone mogą zostać poszczególne pasy/wloty i o ile może wzrosnąć ruch, przez co będzie można oszacować wzrost ruchu w horyzoncie czasu. Wyniki parametrów określających warunki ruchu zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla pasów i wlotów oraz dla całego skrzyżowania.

Szczyt poranny													
Pas	Relacje	Q [P/h]	Q _n [P/h]	C [P/h]	ρ [-]	d [s/P]	K _{m95} [P]	PS R	Wlot	C [P/h]	ρ [-]	d [s/P]	PS R
1	LW	510	166	1007	0,51	4,8	3	I	A	1408	0,51	4,1	I
2	P	208	166	1007	0,21	2,2	1	I					
2	WP	504	588	582	0,87	38,8	14	III	B	753	0,87	31,0	III
1	L	151	588	638	0,24	4,9	1	I					
1	LW	583	515	688	0,85	28,8	13	II	C	1039	0,85	21,3	II
2	P	300	515	688	0,44	6,7	2	I					
1	LWP	20	1223	321	0,06	9,4	0	I	D	321	0,06	9,4	I
Rondo turbinowe:		Q _{sk} = 2276 P/h, C _{sk} = 2616 P/h, ρ = 0,87, d = 18,5 s/P, PSR II											
Szczyt popołudniowy													
Pas	Relacje	Q [P/h]	Q _n [P/h]	C [P/h]	ρ [-]	d [s/P]	K _{m95} [P]	PSR	Wlot	C [P/h]	ρ [-]	d [s/P]	PSR
1	LWP	599	257	958	0,63	8,0	5	I	A	1629	0,63	6,6	I
2	P	427	257	958	0,45	4,7	2	I					
2	WP	414	280	847	0,49	6,1	3	I	B	1339	0,49	5,0	I
1	L	242	280	936	0,26	3,0	1	I					
1	LW	275	604	646	0,43	7,5	2	I	C	1100	0,43	6,8	I
2	P	198	604	646	0,31	5,8	1	I					
1	LWP	20	916	457	0,04	6,1	0	I	D	457	0,04	6,1	I
Rondo turbinowe:		Q _{sk} = 2175 P/h, C _{sk} = 3452 P/h, ρ = 0,63, d = 6,1 s/P, PSR I											

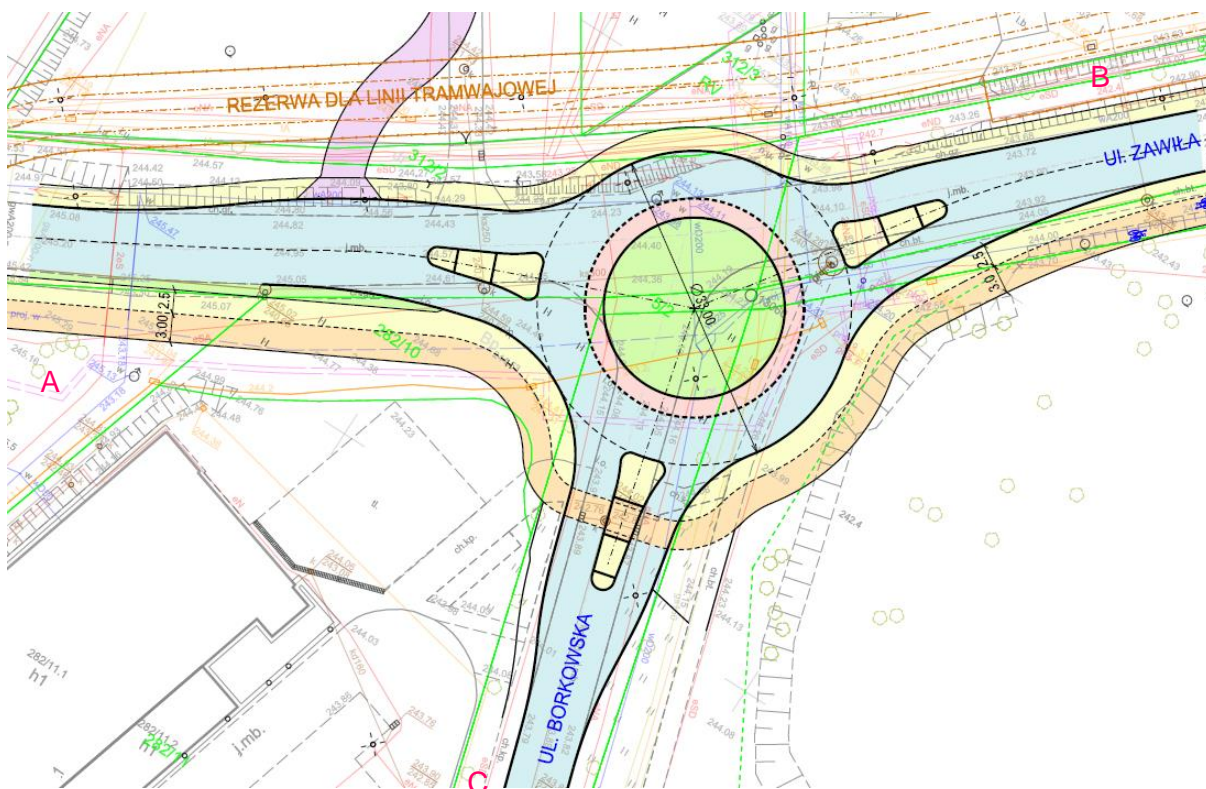
Przy zastosowaniu ronda turbinowego można stwierdzić, że skrzyżowanie zapewnia rezerwę przepustowości. W szczycie porannym będą występowały warunki ruchu bardzo dobre, dobre i przeciętne, wyłącznie na wlocie B w szczycie porannym (PSR I, II, III). Dodatkowy wzrost ruchu na przedmiotowym skrzyżowaniu do wyczerpania przepustowości może wynieść około 13% (w przypadku szczytu porannego) i 37% (w przypadku szczytu popołudniowego). Zaprojektowanie ronda turbinowego powinno pozwolić uzyskać akceptowalne warunki ruchu, zwłaszcza w okresie szczytu porannego. Większy wskaźnik wzrostu ruchu dla szczytu popołudniowego wynika z mniejszego obciążenia wlotów na skrzyżowaniu. Na podstawie obliczeń warunków ruchu można stwierdzić, że w szczycie porannym w horyzoncie czasu 10 lat (przebudowa skrzyżowania) warunki przepustowości powinny być zapewnione. Wyczerpanie przepustowości może nastąpić po wzroście ruchu ponad 10%, który prawdopodobnie będzie ograniczony innymi skrzyżowaniami w sieci ulicznej.

3. Skrzyżowanie Zawila-Borkowska

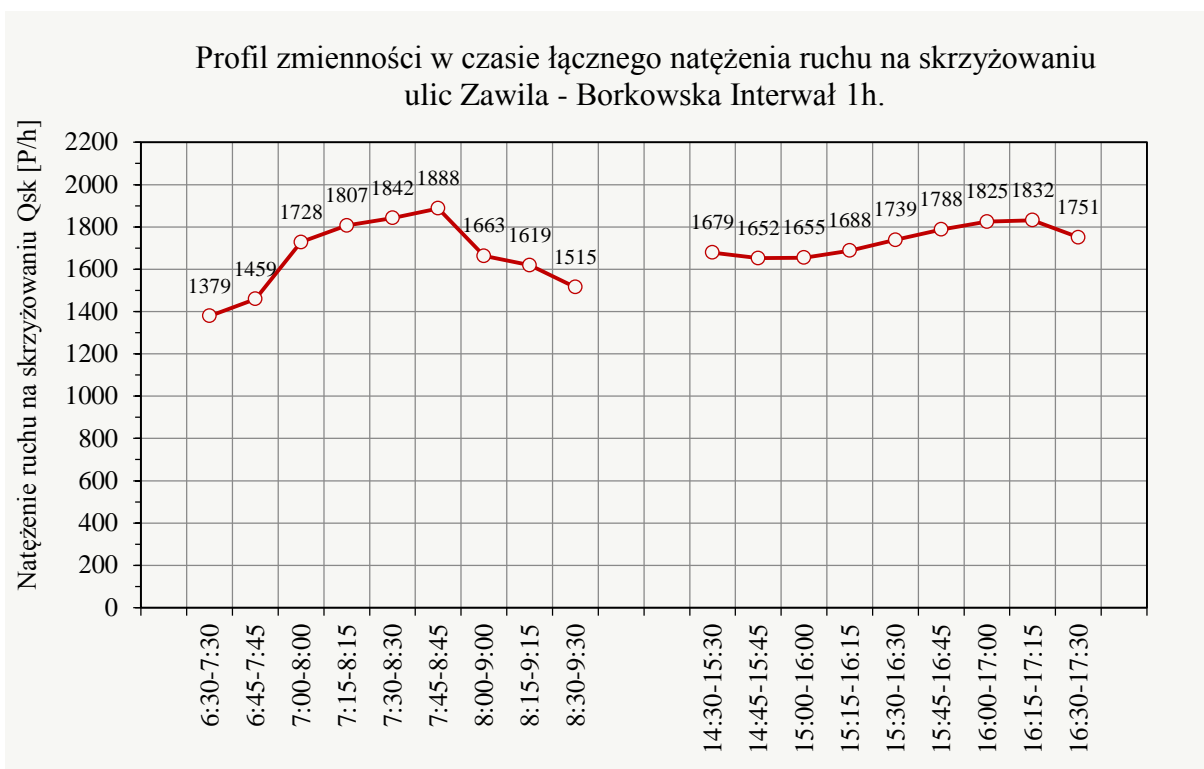
Ustalenie natężeń ruchu

Dane ruchowe stanowiące podstawę do analiz ruchu dla przedmiotowego skrzyżowania pozyskano na podstawie własnych pomiarów ruchu przeprowadzonych we wtorek 24.06.2021 roku. Pomiary objęły okres szczytu porannego 6:30 ÷ 9:30 i popołudniowego 14:30 ÷ 17:30, w okresach cechujących się najwyższymi wymaganiami zapewnienia pożądanych warunków ruchu.

Na skrzyżowaniu największe natężenia ruchu w szczycie porannym zarejestrowano między godziną 7:45 a 8:45 (1888 P/h). W okresie pomiaru porannego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi w okresie 7:15-8:45 (zmiana do 4,5%). Szczyt popołudniowy, cechuje się nieznacznie mniejszymi natężeniami ruchu (ok. 3%) i przypada na godzinę 16:15 ÷ 17:15 (1832 P/h). W okresie pomiaru popołudniowego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi, szczególnie w okresie pomiaru między 15:45 a 17:15 (do 2,5% wartości godziny szczytu). Zastosowano następujące oznaczenia wlotów: A – Zawila Zach., B – Zawila Wsch., C – Borkowska, (rys. 1). Wahania zmienności ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 2.

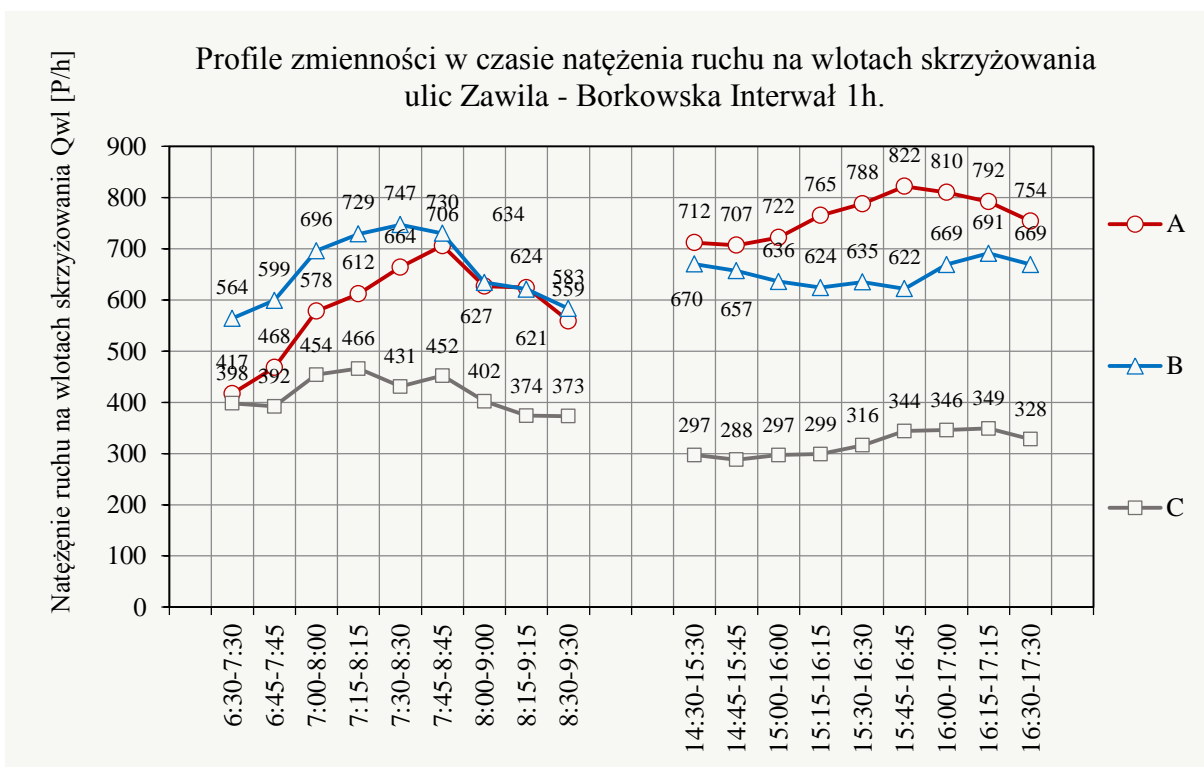


Rys. 1 Oznaczenia wlotów na skrzyżowaniu.

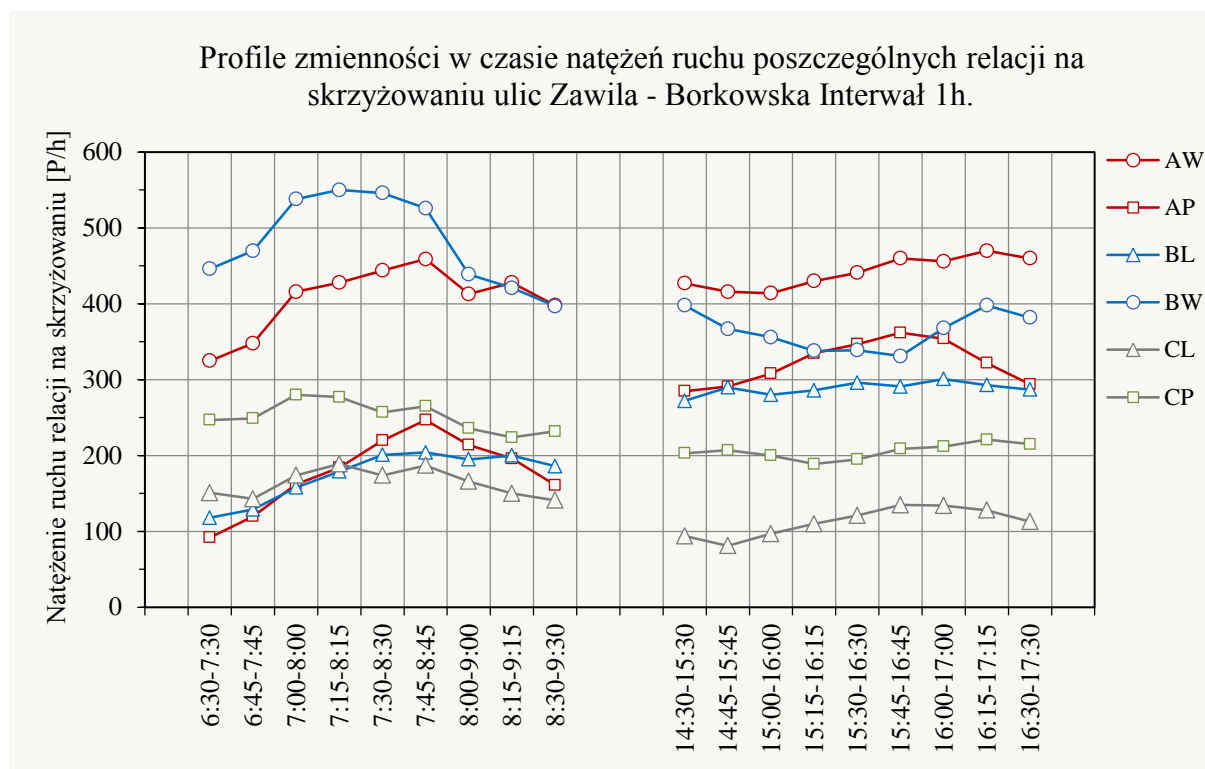


Rys. 2 Zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Analizowano również rozkład ruchu na wlotach skrzyżowania, jego wahania w czasie przedstawia rys. 3 (zmienność natężenia ruchu na wlotach) i rys. 4 (zmienność natężenia ruchu relacji na wlotach). Pomiar ruchu wskazuje na duże zróżnicowanie obciążenia wszystkich wlotów i relacji w czasie okresu pomiarowego zarówno porannego jak i popołudniowego, co jest związane z ruchem z i do miasta. Na skrzyżowaniu dominują natężenia ruchu wzdłuż ulicy Zawilej (relacje na wprost).



Rys. 3 Zmienność natężenia ruchu wlotach skrzyżowania – interwał 1h.



Rys. 4 Zmienność natężenia ruchu relacji na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Udział pojazdów ciężkich na skrzyżowaniu w okresie pomiarowym zmieniał się od 2,9% do 7,9%. Dość wysoki udział pojazdów ciężkich wynika z lokalizacji skrzyżowania na obrzeżach miasta (braku ograniczenia tonażu), gdzie występuje nakładanie się ruchu lokalnego i tranzytowego (w tym ciężkiego). Pomimo dużego udziału ruchu pojazdów ciężkich, jak na warunki miejskie, występowanie rowerów w ruchu powoduje, że liczby pojazdów rzeczywistych i umownych są do siebie zbliżone (1888 P/h i 1937 E/h w szczycie porannym oraz 1832 P/h i 1852 E/h w szczycie popołudniowym). W dalszych analizach uwzględniono wpływ pojazdów ciężkich, przyjmując udział pojazdów ciężkich 5,5% (szczyt poranny) i 4,6% (szczyt popołudniowy). Przedstawione wyżej parametry zostały uwzględnione w analizach warunków ruchu na skrzyżowaniu. Na skrzyżowaniu występuje wyłącznie przejście dla pieszych na wlocie C oddalone ponad 20 m od skrzyżowania. Dlatego w dalszych analizach pominięto wpływ pieszych.

Zestawienie wyników pomiarów ruchu dla godzin szczytowych na skrzyżowaniu zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Natężenie ruchu w godzinach szczytu na podstawie pomiaru (24.06.2021 r.).

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Borkowska					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =		459	247	204	526		187		265			
Qwl =	706			730			452					
Qsk =	1888 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =		470	322	293	398		128		221			
Qwl =	792			691			349					
Qsk =	1832 [P/h]											

Biorąc pod uwagę realizowane inwestycje mieszkaniowe w obszarze oraz oszacowane na ich podstawie występujące dodatkowe natężenie ruchu na skrzyżowaniu w dalszej analizie wykorzystano natężenia ruchu zawarte w opracowaniu pt.: *Analiza wpływu ruchu generowanego przez inwestycje pn.: "zabudowa mieszkaniowo – usługowa, Kliny, Kraków" na przyległy układ uliczny* [1]. Poniżej w tabeli nr 2 przedstawiono zestawienie natężenia ruchu przyjęte do analizy warunków ruchu.

Tabela 2. Natężenie ruchu w godzinach szczytu przyjęte w analizie ruchu na skrzyżowaniu ul. Zawiła- Borkowska wg [1].

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Borkowska					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	478	273	225	548	-	240	-	341			
Qwl =	751			773			581					
Qsk =	2105 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	489	364	333	414	-	148	-	253			
Qwl =	853			747			401					
Qsk =	2001 [P/h]											

W obliczeniach warunków ruchu posłużono się krajową metodą wyznaczania przepustowości rond (MOP-R-04). Obliczenia warunków ruchu przeprowadzono dla ronda jednopasowego jak na rysunku 1. Na wlotach podporządkowanych przyjęto po jednym pasie ruchu. Założono niewielką

zmienność ruchu na skrzyżowaniu wobec powyższego przyjęto współczynnik zmienności ruchu k_{15} równy 1 (w pomiarach ruchu uzyskano dla szczytu porannego wartość $k_{15}=0,95$ i dla szczytu popołudniowego wartość $k_{15}=0,94$). W analizach pominięto wpływ ruchu pieszego.

Poniżej w kolejnych tablicach zestawiono wynik analizy warunków ruchu przyjmując natężenia ruchu jak w tabl. 1.

W obliczeniach przyjęto średnicę ronda równą 33m. Przyjęte parametry behawioralne dla tego ronda pozwalają rozważać jego średnicę od 24,1 m do 36 m bez wpływu na wyniki obliczeń warunków ruchu. Zwiększenie średnicy ronda spowoduje wyłącznie poprawę warunków ruchu w stosunku do tych przedstawionych w tabelach poniżej. Przyjęto następujące oznaczenia w obliczeniach ronda:

- Q** – przyjęte do obliczeń natężenie ruchu na wlocie,
- C_m** – przepustowość możliwa wlotu,
- ΔC_m** – rezerwa przepustowości możliwej wlotu,
- C_r** – przepustowość rzeczywista wlotu,
- d** – średnie straty czasu przypadające na pojazd na wlocie
- K_p** – kolejka pozostająca [P],
- L_k** – zasięg kwantyla 95% kolejki maksymalnej (zalecana długość odcinka akumulacji na pasie ruchu) [m],
- PSR** – poziom swobody ruchu,
- C_{rr}** – przepustowość rzeczywista ronda,
- W_{rr}** – wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu,
- ρ** – stopień wykorzystania wlotu

O warunkach ruchu na skrzyżowaniu świadczą przede wszystkim straty czasu pojazdów. Miarodajna długość kolejki może być przydatna w wyznaczeniu efektów funkcjonowania skrzyżowania na sprawność ruchową sąsiednich ciągów i obiektów. Długości kolejek maksymalnych dotyczą kwantyla 95% (jedynie w 5% przypadków może dojść do przekroczenia długości kolejki). Ważnymi parametrami są rezerwa przepustowości oraz wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu, które wskazują, jak bardzo dociążone mogą zostać poszczególne wloty i o ile może wzrosnąć ruch, przez co będzie można oszacować wzrost ruchu w horyzoncie czasu. Wyniki parametrów określających warunki ruchu zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla każdego wlotu oraz dla całego skrzyżowania.

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt poranny)

Wlot	Q [P/h]	C _m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K _m [P]	L _k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	751	941	191	875	7	71	18,4	II
B – Zawila Wsch.	773	930	157	901	13	84	22,4	II
C – Borkowska	581	767	186	677	9	58	19,0	II
Rondo (Dz = 33m)	C _{rr} [P/h]		W _{rr} [%]			ρ [-]		
	2453		16,6			0,858		

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt popołudniowy)

Wlot	Q [P/h]	C _m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K _m [P]	L _k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	853	869	16	865	32	205	82,4	IV
B – Zawila Wsch.	747	1007	261	758	9	58	13,1	I
C – Borkowska	401	765	364	407	4	26	8,9	I
Rondo (Dz = 33m)	C _{rr} [P/h]		W _{rr} [%]			ρ [-]		
	2030		1,4			0,986		

Dla przyjętych natężeń w godzinie szczytu porannego i popołudniowego skrzyżowanie cechuje występowanie rezerwy przepustowości co najmniej 16,6% w szczycie porannym i jej brak w szczycie popołudniowym. Obliczenia wskazują, że na skrzyżowaniu typu rondo jednopasowe o średnicy 33m dla natężania pomierzonego występowałyby warunki ruchu bardzo dobre i dobre (PSR I i II) oraz nieakceptowalne (PSR IV) na jednym z wlotów (A) w szczycie popołudniowym. Poprawę warunków ruchu można uzyskać poprzez dodanie relacji poza jezdnią ronda w formie bypassu lub ronda turbinowego relacji AP (skręt w prawo z wlotu ul. Zawilej z kierunku zachodniego). Warunki ruchu na skrzyżowaniu może poprawić też zaprojektowanie dodatkowego skrzyżowania na ul. Zawilej (połączenie z ul. Nowa Bartła). Powstanie ul. Nowego Bartła, w tak bliskiej odległości spowoduje rozkład ruchu na sieć zbliżony do równomiernego, co będzie spowodowane wyrównywaniem strat czasu na wlotach południowych projektowanych rond (skrzyżowania z ul. Borkowską i Nowa Bartła). W związku z powyższym w dalszej części przedstawiono analizę warunków ruchu zakładając zmniejszenie natężenia ruchu związaną z obsługą wlotu południowego o połowę. Analogiczne obliczenia przedstawiono dla ul. Nowa Bartła.

Poniżej w tabeli nr 3 przedstawiono zestawienie natężenia ruchu przyjęte do analizy warunków ruchu z uwzględnieniem rozkładu ruchu na dwa skrzyżowania.

Tabela 3. Natężenie ruchu w godzinach szczytu przyjęte w analizie ruchu na skrzyżowaniu ul. Zawila- Borkowska wg [1] z uwzględnieniem występowania skrzyżowania z ul. Nowa Bartla.

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Borkowska					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	478	137	113	548	-	120	-	172			
Qwl =	615			661			292					
Qsk =	1568 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	489	182	167	414	-	74	-	127			
Qwl =	671			581			201					
Qsk =	1453 [P/h]											

Wyniki parametrów określających warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila- Borkowska, dla natężeń ruchu z tabeli 3, zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla każdego wlotu oraz dla całego skrzyżowania.

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt poranny)

Wlot	Q [P/h]	C _m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K _m [P]	L _k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	615	1029	414	910	5	32	7,6	I
B – Zawila Wsch.	661	1023	363	978	6	39	8,9	I
C – Borkowska	292	767	475	432	2	13	6,3	I
Rondo (Dz = 33m)	C _{rr} [P/h]		W _{rr} [%]			ρ [-]		
	2320		48,0			0,676		

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt popołudniowy)

Wlot	Q [P/h]	C _m [P/h]	ΔC [P/h]	Cr [P/h]	K _m [P]	L _k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	671	992	321	940	7	45	10,3	I
B – Zawila Wsch.	581	1068	488	814	4	26	6,1	I
C – Borkowska	201	765	564	282	2	13	5,0	I
Rondo (Dz = 33m)	C _{rr} [P/h]		W _{rr} [%]			ρ [-]		
	2036		40,1			0,714		

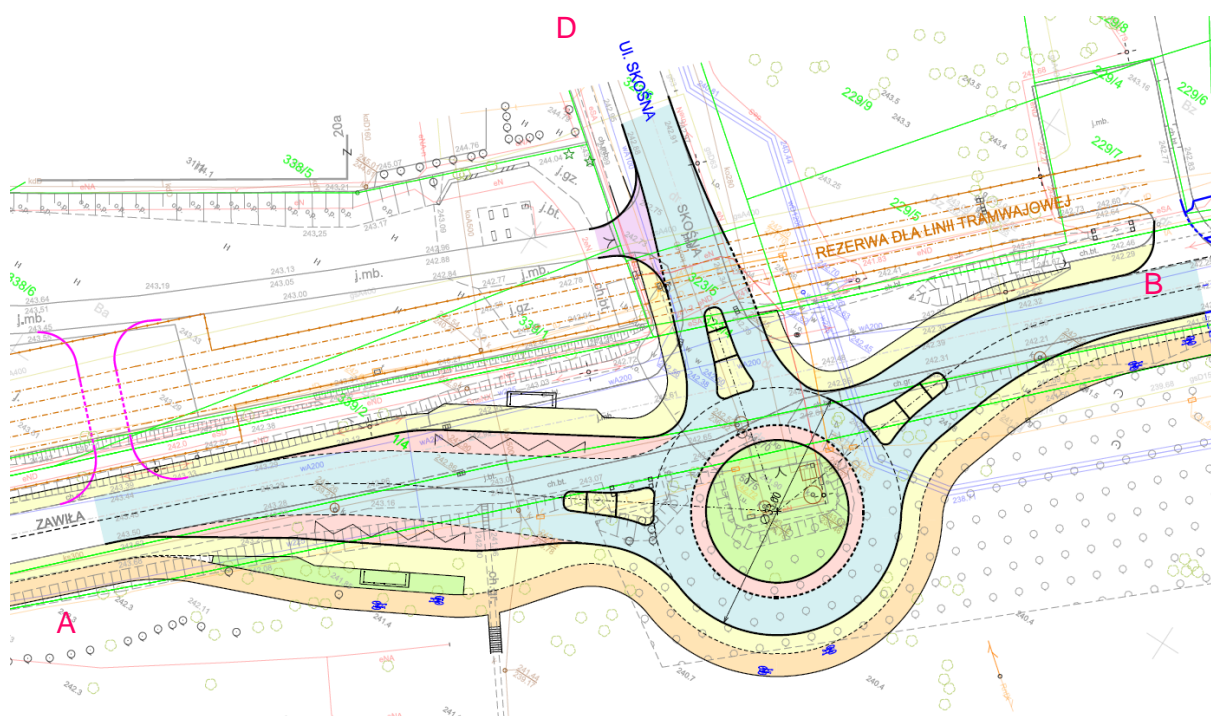
Dla przyjętych natężeń w godzinie szczytu porannego i popołudniowego skrzyżowanie cechuje występowanie wysokiej rezerwy przepustowości co najmniej 40,1% (szczyt popołudniowy). Obliczenia wskazują, że na skrzyżowaniu typu rondo jednopasowe o średnicy 33m dla natężania pomierzonego występowałyby warunki ruchu bardzo dobre (PSR I). Dodatkowy wzrost ruchu na przedmiotowym skrzyżowaniu do wyczerpania przepustowości może wynieść około 48,0% (w przypadku szczytu porannego) i 40,1% (w przypadku szczytu popołudniowego) przy zachowaniu proporcji wzrostu na wlotach do wyczerpania przepustowości. Większy wskaźnik wzrostu ruchu dla szczytu porannego wynika z mniejszego i bardziej równomiernego obciążenia wlotów na skrzyżowaniu. Na podstawie obliczeń warunków ruchu można stwierdzić, że w szczycie porannym w horyzoncie czasu 10 lat (przebudowa skrzyżowania) warunki przepustowości będą zapewnione. Wyczerpanie przepustowości może nastąpić po wzroście ruchu ponad 40%, który będzie ograniczony innymi skrzyżowaniami w sieci ulicznej.

4. Skrzyżowanie Zawila-Skośna

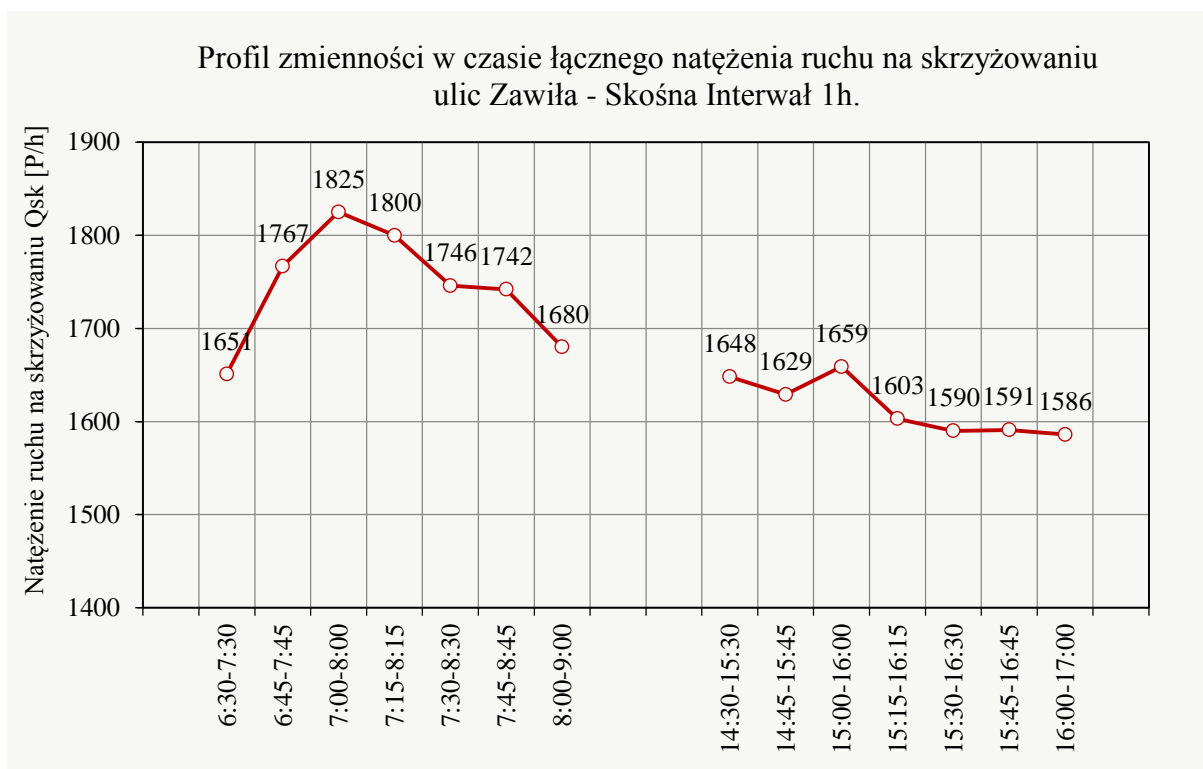
Ustalenie natężeń ruchu

Dane ruchowe stanowiące podstawę do analiz ruchu dla przedmiotowego skrzyżowania pozyskano na podstawie własnych pomiarów ruchu przeprowadzonych w czwartek 27.10.2021 roku. Pomiary objęły okres szczytu porannego 6:30 ÷ 9:00 i popołudniowego 14:30 ÷ 17:00, w okresach cechujących się najwyższymi wymaganiami zapewnienia pożądanych warunków ruchu.

Na skrzyżowaniu największe natężenia ruchu w szczycie porannym zarejestrowano między godziną 7:00 a 8:00 (1825 P/h). W okresie pomiaru porannego można zauważyć dużą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi. Szczyt popołudniowy, cechuje się nieznacznie mniejszymi natężeniami ruchu (ok. 10%) i przypada na godzinę 15:00 ÷ 16:00 (1659 P/h). W okresie pomiaru popołudniowego można zauważyć małą zmienność ruchu pomiędzy kolejnymi interwałami pomiarowymi w okresie pomiaru między 14:30 a 17:00. Zastosowano następujące oznaczenia wlotów: A – Zawila Zach., B – Zawila Wsch., D – Skośna (rys. 1). Wahania zmienności ruchu na skrzyżowaniu przedstawiono na rys. 2.

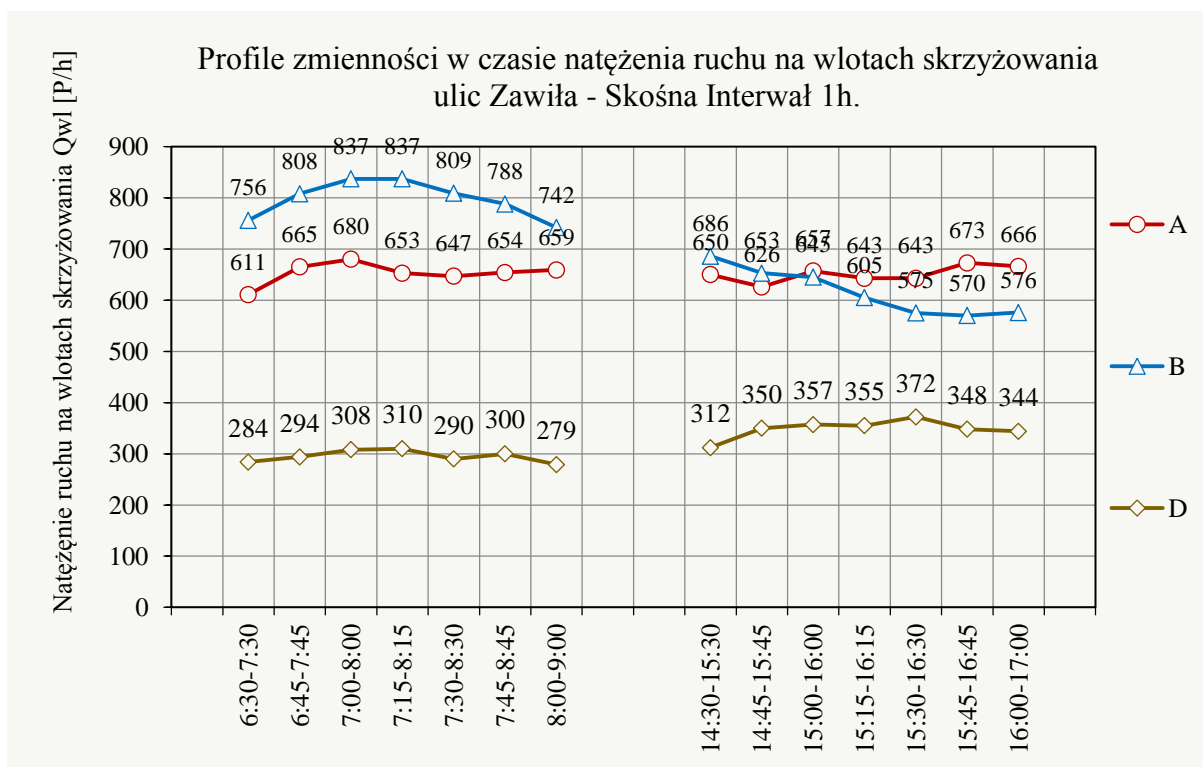


Rys. 1 Oznaczenia wlotów na skrzyżowaniu.

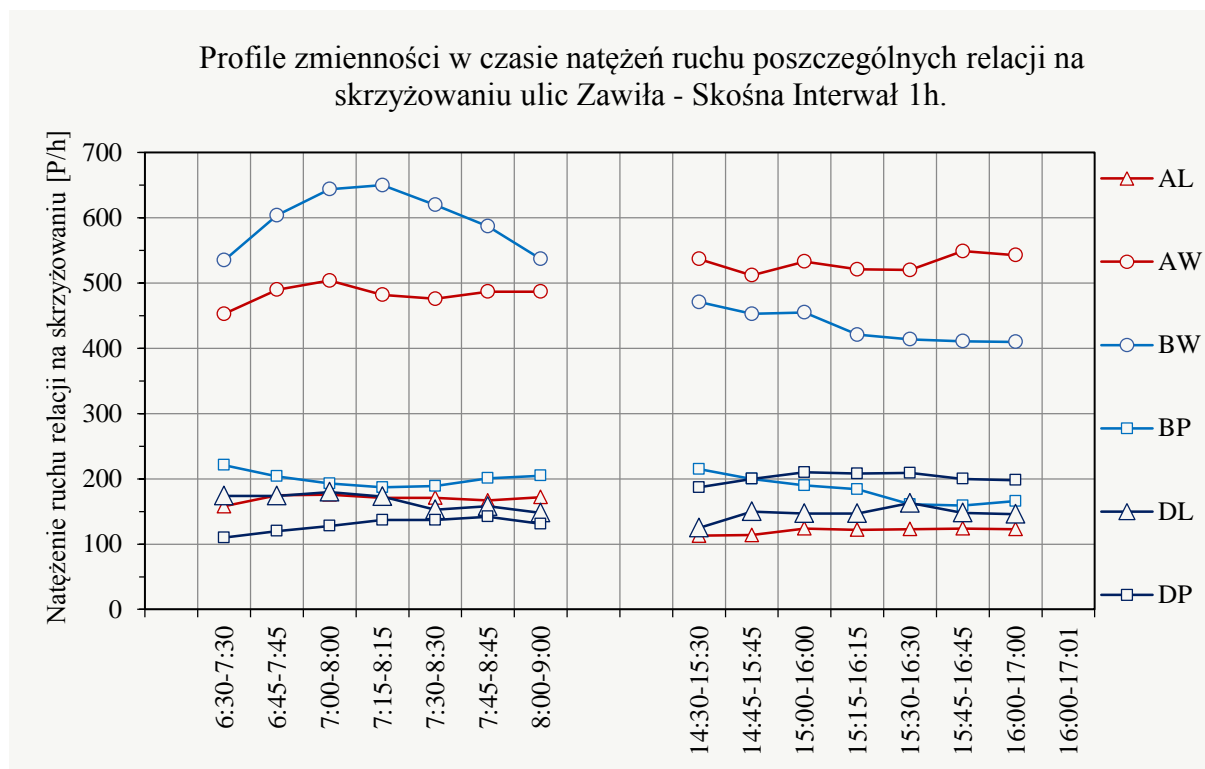


Rys. 2 Zmienność natężenia ruchu na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Analizowano również rozkład ruchu na wlotach skrzyżowania, jego wahania w czasie przedstawia rys. 3 (zmienność natężenia ruchu na wlotach) i rys. 4 (zmienność natężenia ruchu relacji na wlotach). Pomiar ruchu wskazuje na małe zróżnicowanie obciążenia wszystkich wlotów i relacji w czasie okresu pomiarowego zarówno porannego jak i popołudniowego, z wyjątkiem relacji na wprost z zachodniego wlotu ul. Zawilej. Na skrzyżowaniu dominują natężenia ruchu wzdłuż ulicy Zawilej (relacje na wprost).



Rys. 3 Zmienność natężenia ruchu wlotach skrzyżowania – interwał 1h.



Rys. 4 Zmienność natężenia ruchu relacji na skrzyżowaniu – interwał 1h.

Udział pojazdów ciężkich na skrzyżowaniu w okresie pomiarowym zmieniał się od 1,7% do 7,7% (w szczycie porannym). Niski udział pojazdów ciężkich oraz występowanie rowerów w ruchu powoduje, że liczby pojazdów rzeczywistych i umownych są do siebie zbliżone (1825 P/h i 1882 E/h w szczycie porannym oraz 1659 P/h i 1677 E/h w szczycie popołudniowym). W dalszych analizach uwzględniono wpływ pojazdów ciężkich, przyjmując udział pojazdów ciężkich 5,5% (szczyt poranny) i 3,2% (szczyt popołudniowy). Obserwacje wskazują na dość duży ruch pieszego, co jest związane z lokalizacją źródeł i celów ruchu pieszego o dużym potencjale generacji tego ruchu (przystanki, obszary mieszkaniowe). Natężenie ruchu pieszego w godzinie szczytu porannego wynosi około 60 Ps/h na całym skrzyżowaniu. W tym około 40 Ps/h na wlocie D i około 20 Ps/h na wlocie A. Na wlocie B nie zaobserwowano ruchu pieszego. W okresie szczytu popołudniowego natężenie ruchu pieszego na skrzyżowaniu wyniosło około 140 Ps/h (wlot A – 60 Ps/h i wlot D – 80 Ps/h).

Zestawienie wyników pomiarów ruchu dla godzin szczytowych na skrzyżowaniu zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Natężenie ruchu w godzinach szczytu na podstawie pomiaru (27.10.2021 r.).

Szczyt poranny:							7:00-8:00					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			brak			Skośna		
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	176	504	0	0	644	193	0	0	0	180	0	128
Qwl =	680			837						308		
Qsk =	1825 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							15:00-16:00					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	124	533	0	0	455	190	0	0	0	147	0	210
Qwl =	657			645						357		
Qsk =	1659 [P/h]											

W obliczeniach warunków ruchu posłużono się krajową metodą wyznaczania przepustowości rond (MOP-R-04). Obliczenia warunków ruchu przeprowadzono dla ronda jednopasowego jak na rysunku 1. Na wlotach podporządkowanych przyjęto po jednym pasie ruchu. Założono niewielką zmienność ruchu na skrzyżowaniu wobec powyższego przyjęto współczynnik zmienności ruchu k_{15} równy 1 (w pomiarach ruchu uzyskano dla szczytu porannego wartość $k_{15}=0,90$ i dla szczytu popołudniowego wartość $k_{15}=0,95$). W analizach uwzględniono wpływ ruchu pieszego opisany powyżej.

Poniżej w kolejnych tablicach zestawiono wynik analizy warunków ruchu przyjmując natężenia ruchu jak w tabl. 1.

W obliczeniach przyjęto średnicę ronda równą 33m. Przyjęte parametry behawioralne dla tego ronda pozwalają rozważać jego średnicę od 24,1 m do 36 m bez wpływu na wyniki obliczeń warunków ruchu. Zwiększenie średnicy ronda spowoduje wyłącznie poprawę warunków ruchu w stosunku do tych przedstawionych w tabelach poniżej. Przyjęto następujące oznaczenia w obliczeniach ronda:

- Q** – przyjęte do obliczeń natężenie ruchu na wlocie,
- C_m** – przepustowość możliwa wlotu,
- ΔC_m** – rezerwa przepustowości możliwej wlotu,
- C_r** – przepustowość rzeczywista wlotu,
- d** – średnie straty czasu przypadające na pojazd na wlocie
- K_p** – kolejka pozostająca [P],
- L_k** – zasięg kwantyla 95% kolejki maksymalnej (zalecana długość odcinka akumulacji na pasie ruchu) [m],
- PSR** – poziom swobody ruchu,

- C_{rr} – przepustowość rzeczywista ronda,
 W_{rr} – wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu,
 ρ – stopień wykorzystania wlotu

O warunkach ruchu na skrzyżowaniu świadczą przede wszystkim straty czasu pojazdów. Miarodajna długość kolejki może być przydatna w wyznaczeniu efektów funkcjonowania skrzyżowania na sprawność ruchową sąsiednich ciągów i obiektów. Długości kolejek maksymalnych dotyczą kwantyla 95% (jedynie w 5% przypadków może dojść do przekroczenia długości kolejki). Ważnymi parametrami są rezerwa przepustowości oraz wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu, które wskazują, jak bardzo dociążone mogą zostać poszczególne wloty i o ile może wzrosnąć ruch, przez co będzie można oszacować wzrost ruchu w horyzoncie czasu. Wyniki parametrów określających warunki ruchu zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla każdego wlotu oraz dla całego skrzyżowania.

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Skośna (szczyt poranny)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	C_r [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
D – Skośna	308	670	362	353	3	19	9,0	I
B – Zawila Wsch.	837	979	142	959	15	97	24,6	II
A – Zawila Zach.	680	976	296	779	7	45	11,3	I
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]			ρ [-]		
	2091		14,6			0,873		

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Skośna (szczyt popołudniowy)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	C_r [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
D – Skośna	357	794	437	524	3	19	7,1	I
B – Zawila Wsch.	645	1036	392	946	5	32	8,1	I
A – Zawila Zach.	657	1018	361	964	6	38	9,0	I
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]			ρ [-]		
	2434		46,7			0,682		

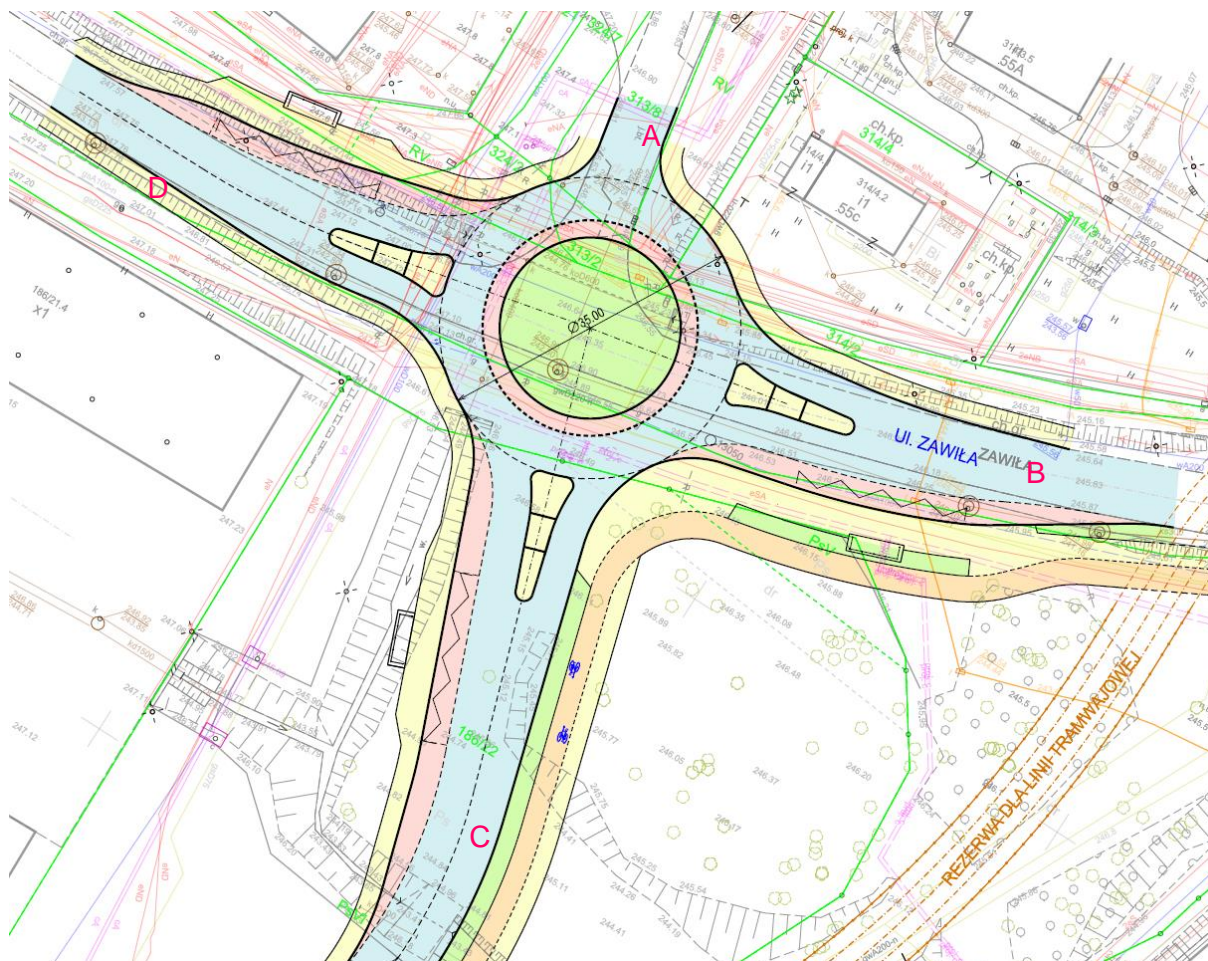
Dla przyjętych natężeń w godzinie szczytu porannego i popołudniowego skrzyżowanie cechuje występowanie rezerwy przepustowości co najmniej 14,6% (szczyt poranny). Obliczenia wskazują, że na skrzyżowaniu typu rondo jednopasowe o średnicy 33m dla natężania pomierzonego występowałyby warunki ruchu bardzo dobre i dobre (PSR I i II). Dodatkowy wzrost ruchu na przedmiotowym skrzyżowaniu do wyczerpania przepustowości może wynieść około 14,6% (w przypadku szczytu porannego) i 46,7% (w przypadku szczytu popołudniowego) przy zachowaniu proporcji wzrostu na wlotach do wyczerpania przepustowości. Większy wskaźnik wzrostu ruchu dla szczytu popołudniowego

wynika z mniejszego i bardziej równomiernego obciążenia wlotów na skrzyżowaniu. Na podstawie obliczeń warunków ruchu można stwierdzić, że w szczycie porannym w horyzoncie czasu 10 lat (przebudowa skrzyżowania) warunki przepustowości powinny być zapewnione. Wyczerpanie przepustowości może nastąpić po wzroście ruchu ponad 10%, który prawdopodobnie będzie ograniczony innymi skrzyżowaniami w sieci ulicznej.

5. Skrzyżowanie Zawila-Nowa Bartla

Ustalenie natężeń ruchu

Dane ruchowe stanowiące podstawę do analiz ruchu dla przedmiotowego skrzyżowania pozyskano na podstawie adaptacji własnych pomiarów ruchu przeprowadzonych we wtorek 15.06.2021 roku. Wykorzystano pomiary ruchu opisane w punkcie 3. Zastosowano następujące oznaczenia wlotów: A – Wlot Płn., B – Zawila Wsch., C – Nowa Bartla, D – Zawila Zach. (rys. 1).



Rys. 1 Oznaczenia wlotów na skrzyżowaniu.

Udział pojazdów ciężkich na skrzyżowaniu założono jak w punkcie 3 tzn. przyjmując udział pojazdów ciężkich 4% (szczyt poranny) i 1,6% (szczyt popołudniowy). Pominęto wpływ ruchu pieszego.

Zestawienie natężeń ruchu dla godzin szczytowych na skrzyżowaniu zostało przedstawione w tabeli 1 (na podstawie tabeli 3 punkt 3).

Tabela 1. Natężenie ruchu w godzinach szczytu przyjęte w analizie ruchu na skrzyżowaniu ul. Zawila- Nowa Bartla.

Szczyt poranny:							7:45-8:45					
Wlot	Zawiła Zach.			Zawiła Wsch.			Borkowska					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	478	137	113	548	-	120	-	172			
Qwl =	615			661			292					
Qsk =	1568 [P/h]											
Szczyt popołudniowy:							16:15-17:15					
Relacja	AL.	AW	AP	BL	BW	BP	CL	CW	CP	DL	DW	DP
Qrel =	-	489	182	167	414	-	74	-	127			
Qwl =	671			581			201					
Qsk =	1453 [P/h]											

W obliczeniach warunków ruchu posłużono się krajową metodą wyznaczania przepustowości rond (MOP-R-04). Obliczenia warunków ruchu przeprowadzono dla ronda jednopasowego jak na rysunku 1. Na wlotach podporządkowanych przyjęto po jednym pasie ruchu. Założono niewielką zmienność ruchu na skrzyżowaniu wobec powyższego przyjęto współczynnik zmienności ruchu k_{15} równy 1 (w pomiarach ruchu uzyskano dla szczytu porannego wartość $k_{15}=0,95$ i dla szczytu popołudniowego wartość $k_{15}=0,94$). W analizach pominięto wpływ ruchu pieszego.

Poniżej w kolejnych tablicach zestawiono wynik analizy warunków ruchu przyjmując natężenia ruchu jak w tabl. 1.

W obliczeniach przyjęto średnicę ronda równą 33m. Przyjęte parametry behawioralne dla tego ronda pozwalają rozważać jego średnicę od 24,1 m do 36 m bez wpływu na wyniki obliczeń warunków ruchu. Zwiększenie średnicy ronda spowoduje wyłącznie poprawę warunków ruchu w stosunku do tych przedstawionych w tabelach poniżej. Przyjęto następujące oznaczenia w obliczeniach ronda:

- Q – przyjęte do obliczeń natężenie ruchu na wlocie,
- C_m – przepustowość możliwa wlotu,
- ΔC_m – rezerwa przepustowości możliwej wlotu,
- C_r – przepustowość rzeczywista wlotu,
- d – średnie straty czasu przypadające na pojazd na wlocie
- K_p – kolejka pozostająca [P],
- L_k – zasięg kwantyla 95% kolejki maksymalnej (zalecana długość odcinka akumulacji na pasie ruchu) [m],

- PSR** – poziom swobody ruchu,
 C_{rr} – przepustowość rzeczywista ronda,
 W_{rr} – wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu,
 ρ – stopień wykorzystania wlotu

O warunkach ruchu na skrzyżowaniu świadczą przede wszystkim straty czasu pojazdów. Miarodajna długość kolejki może być przydatna w wyznaczeniu efektów funkcjonowania skrzyżowania na sprawność ruchową sąsiednich ciągów i obiektów. Długości kolejek maksymalnych dotyczą kwantyla 95% (jedynie w 5% przypadków może dojść do przekroczenia długości kolejki). Ważnymi parametrami są rezerwa przepustowości oraz wskaźnik dopuszczalnego wzrostu ruchu, które wskażą, jak bardzo dociążone mogą zostać poszczególne wloty i o ile może wzrosnąć ruch, przez co będzie można oszacować wzrost ruchu w horyzoncie czasu. Wyniki parametrów określających warunki ruchu zostały przedstawione w formie tabelarycznej dla każdego wlotu oraz dla całego skrzyżowania.

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt poranny)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	C_r [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	615	1029	414	910	5	32	7,6	I
B – Zawila Wsch.	661	1023	363	978	6	39	8,9	I
C – Borkowska	292	767	475	432	2	13	6,3	I
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]			ρ [-]		
	2320		48,0			0,676		

Parametry określające warunki ruchu na skrzyżowaniu Zawila-Borkowska (szczyt popołudniowy)

Wlot	Q [P/h]	C_m [P/h]	ΔC [P/h]	C_r [P/h]	K_m [P]	L_k [m]	d [s/P]	PSR
A – Zawila Zach.	671	992	321	940	7	45	10,3	I
B – Zawila Wsch.	581	1068	488	814	4	26	6,1	I
C – Borkowska	201	765	564	282	2	13	5,0	I
Rondo (Dz = 33m)	C_{rr} [P/h]		W_{rr} [%]			ρ [-]		
	2036		40,1			0,714		

Dla przyjętych natężeń w godzinie szczytu porannego i popołudniowego skrzyżowanie cechuje występowanie wysokiej rezerwy przepustowości co najmniej 40,1% (szczyt popołudniowy). Obliczenia wskazują, że na skrzyżowaniu typu rondo jednopasowe o średnicy 33m dla natężania pomierzonego występowałyby warunki ruchu bardzo dobre (PSR I). Dodatkowy wzrost ruchu na przedmiotowym skrzyżowaniu do wyczerpania przepustowości może wynieść około 48,0% (w przypadku szczytu porannego) i 40,1% (w przypadku szczytu popołudniowego) przy zachowaniu proporcji wzrostu na wlotach do wyczerpania przepustowości. Większy wskaźnik wzrostu ruchu dla szczytu porannego

wynika z mniejszego i bardziej równomiernego obciążenia wlotów na skrzyżowaniu. Na podstawie obliczeń warunków ruchu można stwierdzić, że w szczycie porannym w horyzoncie czasu 10 lat (przebudowa skrzyżowania) warunki przepustowości będą zapewnione. Wyczerpanie przepustowości może nastąpić po wzroście ruchu ponad 40%, który będzie ograniczony innymi skrzyżowaniami w sieci ulicznej.