

# PROJEKT

SYMULACJA SIATKI OPÓŹNIEŃ POCIĄGÓW  
W GRAFIE SPÓJNYM STACJI DOCELOWYCH

*Krzysztof Wiłnicki – opracowanie dokumentacji*



**DDS – delay distribution simulation**

link do repozytorium: <https://github.com/krzysiecc/delay-distribution-simulation/>

# SPIS TREŚCI

<b>INICJACJA.....</b>	<b>4</b>
<b>Założenie projektu. ....</b>	<b>4</b>
<b>1. Opóźnienie. ....</b>	<b>4</b>
1.1. Opóźnienia losowe awaryjne. ....	4
1.1.1. Awaria części składu. ....	4
1.1.2. Awaria urządzeń w trasie.....	4
1.2. Opóźnienia losowe wypadkowe. ....	4
1.3. Omówienie zależności.....	4
Informacje dla punktu 1.4. ....	5
1.4. Karta charakterystyki zależności czasowych.....	7
1.5. Opóźnienie w kontekście <i>pociągu</i> . ....	8
<b>2. Pociąg.....</b>	<b>8</b>
2.1. Kierunek poruszania. ....	8
2.2. Przepustowość.....	8
2.3. Pasażerowie.....	9
2.4. Oznaczenie. ....	9
2.5. Aktualne opóźnienie. ....	9
2.6. Dodatkowe informacje.....	10
<b>3. Stacja.....</b>	<b>11</b>
3.1. Parametryzacja obiektu typu <i>stacja</i> .....	11
3.2. Pozostałe pola. ....	12
<b>4. Szlak. ....</b>	<b>12</b>
<b>5. Uwagi dodatkowe. ....</b>	<b>12</b>
<b>IMPLEMENTACJA .....</b>	<b>13</b>
<b>6. Diagramy sytuacyjne. ....</b>	<b>13</b>
6.1. Diagram przypadków użycia.....	13
6.2. Diagram obiektów.....	15
<b>7. Przygotowanie środowiska.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Hierarchia klas.....</b>	<b>17</b>
<b>9. Symulacja.....</b>	<b>18</b>
9.1. Tabele / wykresy zbiorcze.....	24
<b>10. Analiza i podsumowanie.....</b>	<b>27</b>
10.1. Analiza wyników. ....	27
10.2. Podsumowanie projektu.....	28

## SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Wizualizacja przedstawiająca bieg pociągów w czasie rzeczywistym naniesionych na mapę obiegów stacyjnych. ....	10
Rysunek 2. Wizualizacja przedstawiająca bieg pociągów w czasie rzeczywistym naniesionych na niepoprawnie zaprojektowaną mapę. ....	11
Rysunek 3. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – obraz zminimalizowany. ....	13
Rysunek 4. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – część lewa. ....	14
Rysunek 5. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – część prawa. ....	14
Rysunek 6. Diagram obiektów dla przypadkowego układu symulacyjnego – przypadek losowy AL. ....	15
Rysunek 7. Diagram obiektów dla przypadkowego układu symulacyjnego – przypadek losowy ZWA. ....	15
Rysunek 8. Przycoczenie potrzebnych bibliotek do poprawnego zbudowania projektu. ....	16
Rysunek 9. Diagram modułów zależności potrzebnych do poprawnego zbudowania projektu. ....	17
Rysunek 10. Diagram klas w projekcie z widocznym podziałem na podgrupy działania. ....	17
Rysunek 11. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika $m$ dla 35 pociągów. ....	24
Rysunek 12. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika $m$ dla 50 pociągów. ....	24
Rysunek 13. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika $m$ dla 70 pociągów. ....	25

## SPIS TABEL

Tabela 1. Przedstawienie karty charakterystyki zależności czasowych. ....	7
Tabela 2. Dane wynikowe symulacji 5-35. ....	18
Tabela 3. Dane wynikowe symulacji 5-50. ....	18
Tabela 4. Dane wynikowe symulacji 5-70. ....	19
Tabela 5. Dane wynikowe symulacji 10-35. ....	19
Tabela 6. Dane wynikowe symulacji 10-50. ....	19
Tabela 7. Dane wynikowe symulacji 10-70. ....	19
Tabela 8. Dane wynikowe symulacji 20-35. ....	20
Tabela 9. Dane wynikowe symulacji 20-50. ....	20
Tabela 10. Dane wynikowe symulacji 20-70. ....	20
Tabela 11. Dane wynikowe symulacji 50-35. ....	20
Tabela 12. Dane wynikowe symulacji 50-50. ....	21
Tabela 13. Dane wynikowe symulacji 50-70. ....	21
Tabela 14. Dane wynikowe symulacji 100-35. ....	21
Tabela 15. Dane wynikowe symulacji 100-50. ....	21
Tabela 16. Dane wynikowe symulacji 100-70. ....	22
Tabela 17. Dane wynikowe symulacji 200-35. ....	22
Tabela 18. Dane wynikowe symulacji 200-50. ....	22
Tabela 19. Dane wynikowe symulacji 200-70. ....	22
Tabela 20. Dane wynikowe symulacji 500-35. ....	23
Tabela 21. Dane wynikowe symulacji 500-50. ....	23
Tabela 22. Dane wynikowe symulacji 500-70. ....	23
Tabela 23. Wykaz danych opóźnieniowych dla wszystkich typów przyjętych parametrów. ....	26

**TYM KOLOREM (CZERWONYM) OZNACZONE ZOSTAŁY ELEMENTY / ZAŁOŻENIA PLANO-  
WANE, JEDNOCZEŚNIE MAJĄCE NISKI PRIORYTET WYKONANIA.**

**NIE ZOSTAŁY ONE ZAKWALIFIKOWANE DO ADAPTACJI W OSTATECZNEJ WERSJI PROJEKTU!**

**MOŻE ICH NIE BYĆ lub NIE BĘDĄ IMPLEMENTOWANE W OSTATECZNEJ WERSJI PROJEKTU!**

# INICJACJA

## Założenie projektu.

Założeniem projektu jest przedstawienie skutków niedokładnego (względnie losowego) planowania ruchu pociągów, a także pokazanie złożoności opóźnień wynikających z wypadków losowych i ich wpływu na całą sieć połączeń.

Symulacja zakłada bardzo uproszczony model siatki połączeń składający się ze stacji początkowych i końcowych, linii jedno- i dwutorowych o różnych parametrach oraz składów pociągów o różnych parametrach.

## 1. Opóźnienie.

Kluczowym parametrem wpływającym na płynność przeprowadzania symulacji i różnicę między wynikami rzeczywistymi a oczekiwanymi będą rodzaje opóźnień, wszystkie 10 z nich zostało przybliżone poniżej. Opóźnienia stają się tym samym głównym agentem opisywanej symulacji.

### 1.1. Opóźnienia losowe awaryjne.

#### 1.1.1. Awaria części składu.

- **AL** awaria lokomotywy  
*uszkodzenie hamulca pomocniczego, uszkodzenie silników tyrystorowych, uszkodzenie pantografu etc.*
- **AW<sub>P</sub>** awaria wagonu *poważna*  
*uszkodzenie przewodu pneumatycznego, uszkodzenie sprzęgu podstawowego, uszkodzenie wózka etc.*
- **AW<sub>S</sub>** awaria wagonu *symboliczna*  
*uszkodzenie wężła AC, uszkodzenie szafy automatyki etc.*

#### 1.1.2. Awaria urządzeń w trasie.

- **ASRK** awaria urządzeń sterowania ruchem kolejowym
- **ASEM** awaria semafora dowolnego typu  
*jazda na sygnał zastępczy bądź z pominięciem sygnału S1 „Stój”*

### 1.2. Opóźnienia losowe wypadkowe.

- **WCZ** wypadek z udziałem człowieka / zwierzęcia
- **WPO** wypadek z udziałem pojazdu
- **ZWA** złe warunki atmosferyczne
- **PRZ** przyczyny związane z działalnością przewoźnika kolejowego
- **ZIN** przyczyny związane z działalnością zarządcy infrastruktury

### 1.3. Omówienie zależności.

Każde z opóźnień posiada swoją charakterystykę uproszczoną do 4 podstawowych składowych:

- wypadkowej czasu  
*wskaźnik WYP – WYPADKOWA dla pojazdu dotkniętego  
oraz innych (zależność opisana w przykładzie nr 2 poniżej)*

- prawdopodobieństwa wystąpienia  
*wskaźnik PROB*
- spadku priorytetu trasowego  
*wskaźnik SPT*
- dodatkowych uwag.

UWAGA! W czasie symulacji odwoływanie pociągów przewiduje się **wyłącznie** w sytuacji przekroczenia całkowitej ilości opóźnienia dla danego pociągu **powyżej 500 minut, niezależnie od długości planowej trasy** – każdy inny skład wykonuje pracę przewozową na bazie swoich dwóch stacji krańcowych: początkowej i końcowej bez możliwości ich zmiany.

**Przykład nr 1:**

*Awaria lokomotywy jest jedną z poważniejszych przyczyn, taka sytuacja wymaga bowiem zastąpienia lokomotywy pierwotnej, przy tym zapewnienia nowej drużyny trakcyjnej. Optymalne rozwiązanie nakłada tym samym na skład względnie duże opóźnienie. Dodatkowo pociąg taki blokuje przez pewien czas szlak główny, generując opóźnienie innych składów.*

**Koniec przykładu nr 1.**

Wszystkie opóźnienia ze względu na mechanikę działania będą rejestrowane w danych wynikowych. Dokładna informacja dotycząca mechanizmu zliczania opóźnień znajduje się w punkcie 5. dokumentu.

**Informacje dla punktu 1.4.**

W punkcie 1.4 przygotowana została karta charakterystyki zależności czasowych dla poszczególnych typów opóźnień. Przedstawia ona wpływ danego opóźnienia na pojazd dotknięty opóźnieniem, jak i pojazdy znajdujące się na tym samym szlaku za pojazdem dotkniętym w kierunku poruszania się tego pojazdu.

Przykładowe obliczenie wypadkowej czasu danego opóźnienia zostało przedstawione poniżej:

### Przykład nr 2:

Pociąg Axxxxx uległ **awarii lokomotywy** z **prawdopodobieństwem** równym **0.08**. Podstawowy całkowity czas przejazdu ze stacji A do stacji D wyniósł

$$T_C = 120 \text{ min.}$$

Opóźnienie wydłużył czas przejazdu o wypadkową

$$WYP = \frac{1}{2} * T_C = 60 \text{ min.}$$

**Symulacja zatrzymuje** przejazd pociągu do momentu odliczenia **równowartości WYP**. Stąd wynika, że całkowity czas przejazdu pociągu dotkniętego opóźnieniem wyniesie końcowo

$$T_C + WYP = 120 + 60 = 180 \text{ min.}$$

Zgodnie z tabelą charakterystyki, kolejne trzy pociągi w tej samej relacji oznaczone kolejnością **k 1 – 3** (jeśli takowe występują) także zostaną opóźnione – **symulacja NIE zatrzymuje** ich przejazdu w kierunku stacji docelowej – opóźnienie to wyniesie

$$WYP_{1-3} = \left[ \frac{1}{7} * WYP_{PD} \right] = 9 \text{ min.}$$

Stąd wynika, że całkowity czas przejazdu trzech kolejnych pociągów (k 1-3) w tej samej relacji dotkniętego opóźnieniem wyniesie końcowo

$$T_C + WYP_{1-3} = X + 9 [\text{min}],$$

gdzie  $X - T_C$  pociągów k 1 – 3.

Dla tego typu awarii obliczyć należy kolejne (ostatnie) opóźnienia – tym razem dla kolejnych trzech pociągów w tej samej relacji, lecz **oznaczonych kolejnością k 4 – 6** (jeśli takowe występują). Tak samo jak powyżej, **symulacja NIE zatrzymuje** ich przejazdu w kierunku stacji docelowej, a opóźnienie wyniesie

$$WYP_{4-6} = \left[ \frac{1}{14} * WYP_{PD} \right] = 5 \text{ min.}$$

Stąd wynika, że całkowity czas przejazdu trzech kolejnych pociągów (k 4-6) w tej samej relacji dotkniętego opóźnieniem wyniesie końcowo

$$T_C + WYP_{4-6} = X + 5 [\text{min}],$$

gdzie  $X - T_C$  pociągów k 4 – 6.

### Koniec przykładu nr 2.

Skrótowe oznaczenia dla powyższego przykładu, jak i tabeli danych w punkcie 1.4 zostały sklasyfikowane poniżej:

*	oznaczenie poważnego opóźnienia
$T_C [\text{min}]$	czas całkowity przejazdu pociągu [w minutach] [parametr pociągu]
WYP	wypadkowa czasu opóźnienia
PD	pojazd dotknięty
$WYP_{PD}$	oznaczenie zastępcze dla wyrażenia «WYPADKOWA CZ. OPÓŹ. dla PD»
k n – m	n, m numeruje kolejne pociągi za PD
min max	minimalna i maksymalna wartość wskaźnika
mini	minimalna wartość priorytetu

Wszystkie ułamki widoczne w tabeli zaokrąglane są w górę sufitowo (tak jak wskazane w przykładzie nr 2) do najbliższej liczby całkowitej.

#### 1.4. Karta charakterystyki zależności czasowych.

	WYPADKOWA			PROB		SPT	uwagi
	$WYP_{PD}$	inne (w tym samym kierunku)		min	max		
<b>AL*</b>	$\frac{1}{2} * T_C [min]$	k 1-3	$\frac{1}{7} WYP_{PD} [min]$	0.05	0.1	<i>mini</i>	dla linii jednotorowych, wypadkową należy przemnożyć przez <b>1,5</b>
		k 4-6	$\frac{1}{14} WYP_{PD} [min]$				
<b>AWP</b>	$\frac{1}{6} * T_C [min]$	k 1-2	$\frac{1}{5} WYP_{PD} [min]$	0.02	0.04	<i>-1</i>	dla przepustowości klasy poniżej II, wypadkową należy przemnożyć przez <b>1,1</b>
		k 3-4	$\frac{1}{8} WYP_{PD} [min]$				
<b>AWS</b>	20 min	k 1-2	10 min	0.15	0.25		
		k 3	5 min				
<b>ASRK</b>	20 min	k 1	10 min	0.3	0.35	<i>-1</i>	
		k 2-3	5 min				
<b>ASEM</b>	10 min	k 1	7 min	0.45	0.5		
		k 2	3 min				
<b>WCZ*</b>	$2 * T_C [min]$	k 1-4	$\frac{1}{12} WYP_{PD} [min]$	0.01	0.05	<i>mini</i>	dla linii jednotorowych, wypadkową należy przemnożyć przez 2
		k 5-8	$\frac{1}{24} WYP_{PD} [min]$				
<b>WPO*</b>	$\frac{3}{2} * T_C [min]$	k 1-3	$\frac{1}{12} WYP_{PD} [min]$	0.005	0.01	<i>mini</i>	dla przepustowości klasy poniżej II, wypadkową należy przemnożyć przez <b>1,3</b>
		k 4-6	$\frac{1}{18} WYP_{PD} [min]$				
		k 7-8	$\frac{1}{24} WYP_{PD} [min]$				
<b>ZWA</b>	$\frac{1}{6} * T_C [min]$	k 1-3	10 min	0.2	0.3		
<b>PRZ</b>	$\frac{1}{15} * T_C [min]$	k 1-2	$\frac{1}{12} WYP_{PD} [min]$	0.75	0.8		
		k 3	$\frac{1}{18} WYP_{PD} [min]$				
<b>ZIN</b>	$\frac{1}{14} * T_C [min]$	k 1-2	$\frac{1}{12} WYP_{PD} [min]$	0.75	0.8		
		k 3	$\frac{1}{18} WYP_{PD} [min]$				

Tabela 1. Przedstawienie karty charakterystyki zależności czasowych.

### 1.5. Opóźnienie w kontekście *pociągu*.

Jako iż w kolejnym punkcie omówieniu ulega obiekt typu *pociąg*, należy przedstawić wszystkie możliwe sposoby zobrazowania zebranego opóźnienia przez wszystkie tego typu obiekty w toku trwania symulacji.

Opóźnienie w zamyśle obiektu typu *pociąg* dotyczy obliczania dodatkowego czasu przejazdu względem początkowo ustalonego całkowitego czasu przejazdu  $T_C$ . Na koniec symulacji opóźnienie dla każdego *pociągu* przedstawiane jest na cztery sposoby:

- liczbową wartość opóźnienia w minutach (oraz jej stopień zaawansowania),
- całkowity czas przejazdu po uwzględnieniu opóźnienia,
- różnicę względną wyrażaną w procencie  $T_C$ ,
- odchylenie od średniego opóźnienia wszystkich pociągów na koniec symulacji.

## 2. Pociąg.

Obiektami nominalizowanymi przez opóźnienia-agentów, poruszającymi się po wirtualnej mapie obiegów stacyjnych (z założenia początkowego) są *pociągi*. Każdy z tego typu obiektów posiada następujący zestaw parametrów wpływający na płynność jazdy, efektywność rozkładową oraz ostateczną moc opóźnienia:

### 2.1. Kierunek poruszania.

Każdy *pociąg* bezwzględnie potrzebuje parametru kierunku poruszania ze względu na determinację opóźnień kolejnych jednostek powodowanych przez niego samego. Jeżeli dwa pociągi znajdują się w na tej samej linii w tej samej trasie, będą na siebie oddziaływać liniowo z każdym przeskokiem czasowym symulacji. Kierunek określany jest na zasadzie rachunku kodów stacji – jeśli

$$|W_{1A} - W_{1B}| = |W_{2A} - W_{2B}|$$

gdzie  $W_{xy}$  – kod stacji dla  $x$  pociągu i  $y$  stacji (gdzie  $A$  to najbliższa stacja poprzednia  
a  $B$  to najbliższa stacja następna zgodnie z planowym biegiem pociągu)

to znaczy, że pociągi poruszają się **w tej samej relacji** – na tym samym szlaku w tym samym kierunku.

**WAŻNE!** Graf wynikowy zostaje stworzony w taki sposób, aby żadna z relacji nie posiadała tej samej wartości identyfikacyjnej (aby działanie wartości bezwzględnej z różnicy dwóch kodów stacji zwracało taki sam wynik).

### 2.2. Przepustowość.

Każdy *pociąg* symbolizuje liczbowo ilość przystanków pośrednich (niewliczanych do danych symulacyjnych) oraz średni czas postoju na takowych. Dane te w pierwotnej wersji wprowadzane są losowo, a na ich podstawie wyliczana jest względna przepustowość końca szlaku (ilość kilometrów pozostająca za *pociągami* na szlaku wg parametryzacji priorytetowej) wg poniższego wzoru:

$$P_{max} = \frac{V_{max}}{S_p * T_p}$$

gdzie  $V_{max}$  – prędkość maksymalna,  $S_p$  – ilość przystanków pośrednich,  $T_p$  – średni czas postoju



Ilość kilometrów konwertowana jest następnie na wektor odległościowy za pojazdem wstrzymujący kolejny pojazd w kolei od najechania nań. Przepustowość ostatecznie nie wpływa na zmianę czasu opóźnienia obiektu uszkodzonego, a raczej obiektów nieuszkodzonych.

### 2.3. Pasażerowie.

Każdy *pociąg* posiada 3 parametry opisujące jego nabytą frekwencję. Są to:

- średnia ilość pasażerów – wyznaczana losowo dla każdego generowanego obiektu
- maksymalna pojemność (wytyczona) – jako parametr domyślny ładunku pasażerskiego
- frekwencja względna wyznaczana wg poniższego wzoru:

$$Q_F = \frac{PAS}{PAS_{max}} * 100\%$$

gdzie  $PAS$  – średnia ilość pasażerów,  $PAS_{max}$  – maksymalna pojemność pojazdu

Dodatkowo, w oknie dialogowym dodatkowej informacji (punkt 2.4, rysunek 1.) pokazywana będzie symboliczna *gwiazdkowana* ocena ruchu pociągu (wyliczana prostym algorytmem zmiany ze względu na nabyte opóźnienia – ilość i łączny czas niedogodności).

### 2.4. Oznaczenie.

Oznaczenie *pociągu* opierać się będzie na symbolicznym przyporządkowaniu go do kategorii stanowiącej charakterystykę przewozową. *Nazwy i skróty komunikacyjne nadawane będą w sposób określony realnymi wytycznymi planowania ruchu przewozowego wg Instrukcji o prowadzeniu ruchu pociągowego Ir-1 (PKP PLK SA). Nazwa rozkładowa pociągu składa się w takim wypadku z 2 członów alfanumerycznych. Pierwszy człon oznacza typ handlowy i przewozowy pociągu (przykładowo *pociąg towarowy* bądź *pociąg pasażerski* – zgodnie z wymaganiami). Drugi człon odpowiada 5-cyfrowemu numerowi handlowemu – dokładne złożenie numeru opisane jest wg wspomnianej Instrukcji Ir-1.*

**Oznaczenia te nie będą wykorzystywane w docelowej logice symulacyjnej, a jedynie pomogą w odróżnieniu konkretnych obiektów!**

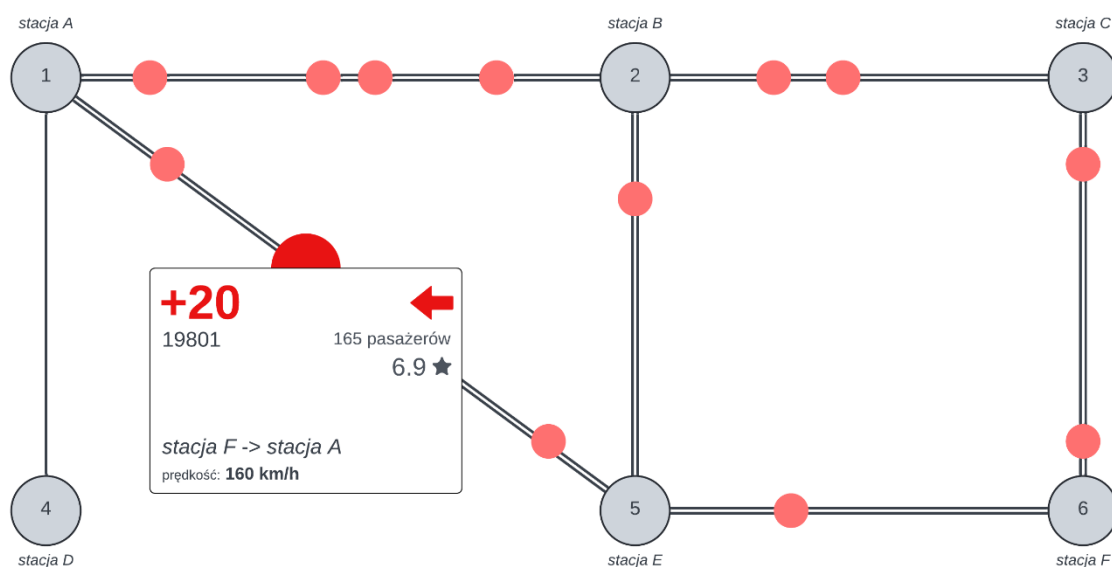
### 2.5. Aktualne opóźnienie.

Opóźnienie zebrane w trakcie biegu *pociągu* zgodnie z zasadami określonymi w punkcie 1.4 dokumentu będzie wyświetlane w czasie rzeczywistym symulacji w sposób wizualnie zrozumiały.

*Proces identyfikacji obrazowej nie został dotychczas określony. W momencie aktualizacji symulacji znany będzie także powód opóźnienia wstrzymujący pociąg od ruchu.*

Prototyp wizualizacji obrazującej ww. zasady symulacji wygląda następująco:

12:20 26.05.2024  
nd



#### Wydarzenia:

12:19 26.05.2024 - 19801 - ...  
12:17 26.05.2024 - 16701 - rozpoczyna bieg ze stacji stacja A do stacji stacja B  
12:10 26.05.2024 - 55100 - ...  
12:09 26.05.2024 - 19801 - doznaje opóźnienia z powodu: ZWA (kod 401) +20 minut  
12:05 26.05.2024 - 19801 - ...

Rysunek 1. Wizualizacja przedstawiająca bieg pociągów w czasie rzeczywistym naniesionych na mapę obiegów stacyjnych.

Na rysunku zauważamy także element charakterystyczny dla *pociągu* – okno dodatkowej informacji. Dedykowane dla każdego *pociągu*, generowane w czasie rzeczywistym.

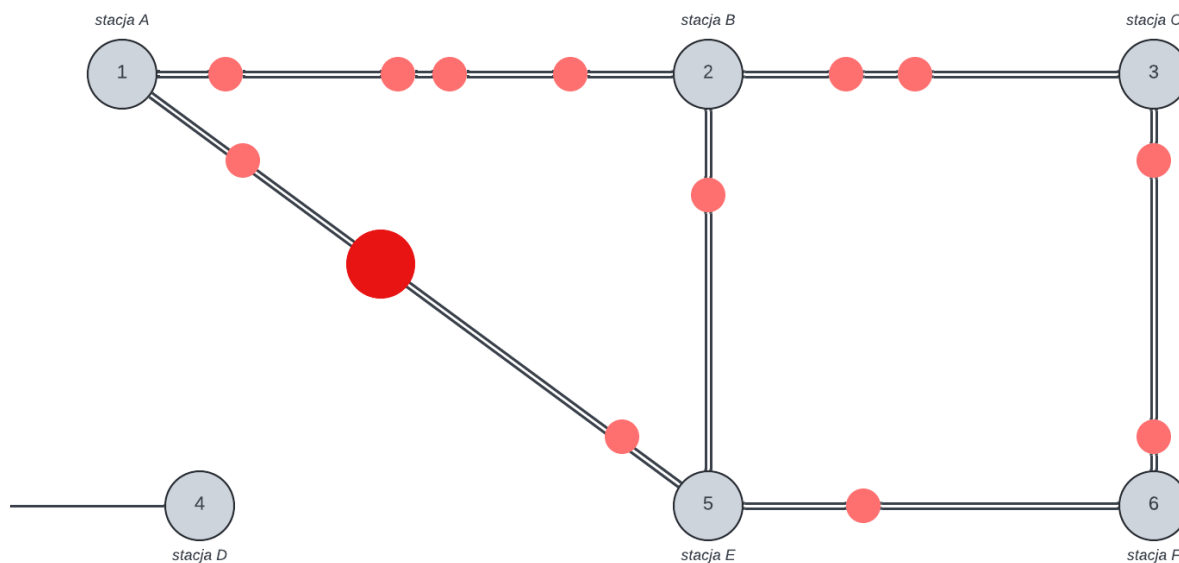
## 2.6. Dodatkowe informacje.

Dodatkowe informacje obejmują stację początkową biegu, stację końcową, aktualną prędkość aktualizowaną schematycznie z każdą sekundą symulacji, **aktualny kierunek biegu pociągu oraz wskaźnik PRI – wskazanie względne priorytetu w momencie aktualizacji.**

### 3. Stacja.

Pojęcie grafu spójnego *stacji* docelowych oznacza jednoznacznie sieć, w której wierzchołkami są *stacje*, z żadnej z których nie wybiega półprosta do stacji niewidocznej na schemacie, a nieprawidłowym jest także pozostawienie *stacji* bez jakiegokolwiek połączenia (wierzchołków izolowany). Poprawna sytuacja przedstawiona została na rysunku 1. w punkcie 2.4. Poniżej zobrazowana jest przykładowa niepoprawna sytuacja: niepoprawne:

12:20 26.05.2024  
nd



Rysunek 2. Wizualizacja przedstawiająca bieg pociągów w czasie rzeczywistym naniesionych na niepoprawnie zaprojektowaną mapę.

#### 3.1. Parametryzacja obiektu typu *stacja*.

Parametryzacja stacji opiera się o 4 główne składniki:

- CODE      kod stacji w zapisie liczbowym ( $0 \leq N \leq 1000$ ),
- S      ilość pociągów obecnych w momencie aktualizacji  
(z założeniem  $S < K - 1$ )
- $C_{max}$       maksymalna pojemność stacji na godzinę jako ilość cykli wymiany  
pasażerskiej przy założeniu pełnego obłożenia krawędzi peronowych  
oraz 2-minutowego czasu wymiany krawędziowej,  
wyznaczana za pomocą wzoru

$$C_{max} = \frac{60}{T_{wym} + 2} * (K - 1)$$

gdzie  $K$  – ilość krawędzi peronowych,  $T_{wym} [min]$  – średni czas wymiany pasażerskiej.

Parametry te jednak nie są – na chwilę obecną – parametrami aktywnymi w sensie symulacji. Prawidłowa implementacja przewidziana jest w momencie utworzenia poprawnego algorytmu wzajemnego śledzenia między *pociągami*.

### 3.2. Pozostałe pola.

Na chwilę obecną przewiduje się wprowadzenie pola nazwy stacji dla poprawnego odróżniania kolejnych obiektów w toku trwania symulacji w kontekście użytkownika.

## 4. Szlak.

Wszystkie linie kolejowe zaznaczone na wizualizacji symulacyjnej są zbudowane w ten sam sposób z odróżnieniem linii jedno- i dwutorowych. Pierwsze zaznaczone są jedną linią odcinkową między kolejnymi stacjami – drugie kreślone zostają poprzez dwa równoległe odcinki międzystacyjne. Rozróżnienie widać to na rysunkach 1. do 3.

Ponadto, linie kolejowe posiadają własną klasyfikację przepustowości, której klasami interfejsu jest priorytetowość przejazdów:

priorytet	sytuacja użytkowania	opis szczegółowy
S	priorytet bezklasowy	priorytetyzuje się tylko pociągi o $V_{max} > 160$ km/h (bez kategoryzacji opóźnień), reszta pojazdów jedzie zgodnie z kolejnością pozarozkładową
Y	priorytet klasowy zerowy	priorytetyzuje się tylko pociągi o $V_{max} > 160$ km/h (bez kategoryzacji opóźnień), reszta pojazdów jedzie zgodnie z kolejnością pozarozkładową
Y <sub>A</sub>	priorytet klasowy A	priorytetyzuje się pociągi o $V_{max} > 120$ km/h i pociągi nieopóźnione, reszta pojazdów jedzie zgodnie z kolejnością pozarozkładową
Y <sub>D</sub>	priorytet klasowy D	priorytetyzuje się pociągi o $V_{max} > 100$ km/h i pociągi nieopóźnione, reszta pojazdów jedzie zgodnie z kolejnością pozarozkładową
WW	status nadzwyczajny	priorytetyzuje się tylko pociągi o statusie nadzwyczajnym i $V_{max} > 100$ km/h, reszta pojazdów jedzie zgodnie z kolejnością pozarozkładową (bez uwzględnienia opóźnień)
Z	priorytet bezklasowy awaryjny	używany w przypadku awarii urządzeń SRK

Klasyfikacja priorytetowa nie będzie używana w pierwotnie zamówionej wersji symulacji.

## 5. Uwagi dodatkowe.

Opóźnienia rejestrowane są w oparciu o ilość ich wystąpień – zasada doliczania do względnej reprezentacji danych wygląda następująco:

do końcowego zestawienia danych zliczane są jedynie opóźnienia powyżej 5 minut wynikowych (dodanych do całkowitego planowego czasu przejazdu pociągu). **Wynika to z oficjalnej klasyfikacji opóźnień – wg raportów m.in. Urzędu Transportu Kolejowego, większość przewoźników nie wlicza do swoich klasyfikacji obsunięć czasowych względem rozkładu jazdy mniejszych od 5 minut.** Tym samym powyższa teoria symulacji również takie zachowanie uwzględnia.

## IMPLEMENTACJA

Wybrany język programowania (platformą wykonawczą) jest język **Java (wersja stabilna jdk 19.0.1)** z wykorzystaniem biblioteki **JavaFX (wersja stabilna 22.0.1)**. Narzędziem umożliwiającym automatyczne budowanie oprogramowania i zarządzanie zależnościami w projekcie obrany został **Gradle (wersja stabilna 8.2)**. Wykaz dodatkowych zależności, importowanych bibliotek etc. znajduje się w dalszej części dokumentacji.

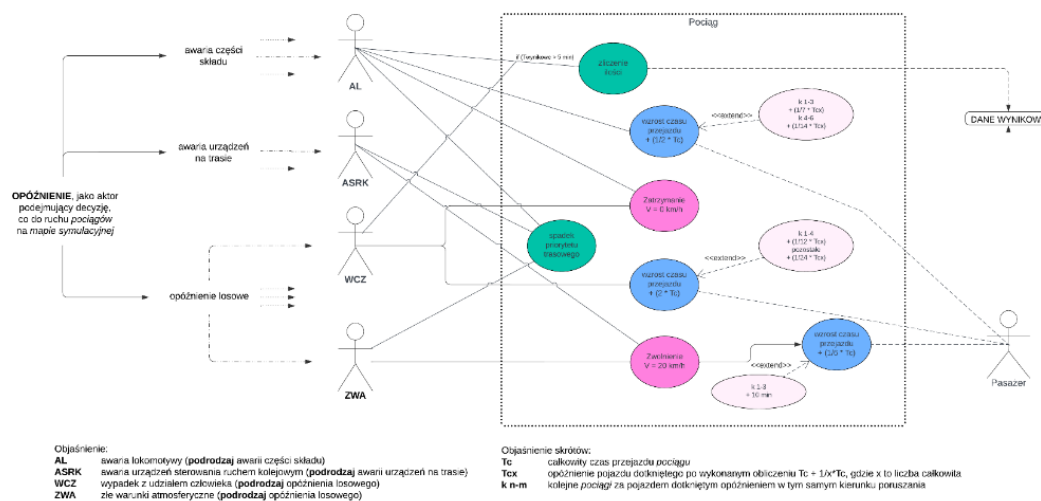
Przed przystąpieniem do właściwej implementacji w ww. wybranym języku programowania, przygotować należy dokumentację wykonawczą. W kolejnych punktach przedstawiona zostanie z wykorzystaniem realnego planu realizacji, wizualizacji planowego przebiegu symulacji i końcowych wyników przeprowadzonej symulacji.

Opisy rozwiązań zawarte będą w plikach źródłowych projektu w formie proponowanej przez typ komentarza **Javadoc**. Odnośniki do opisów będą zarówno interaktywnymi linkami do strony zewnętrznej, zrzutami ekranu ze środowiska programistycznego, jak i wycinkami kodu.

## 6. Diagramy sytuacyjne.

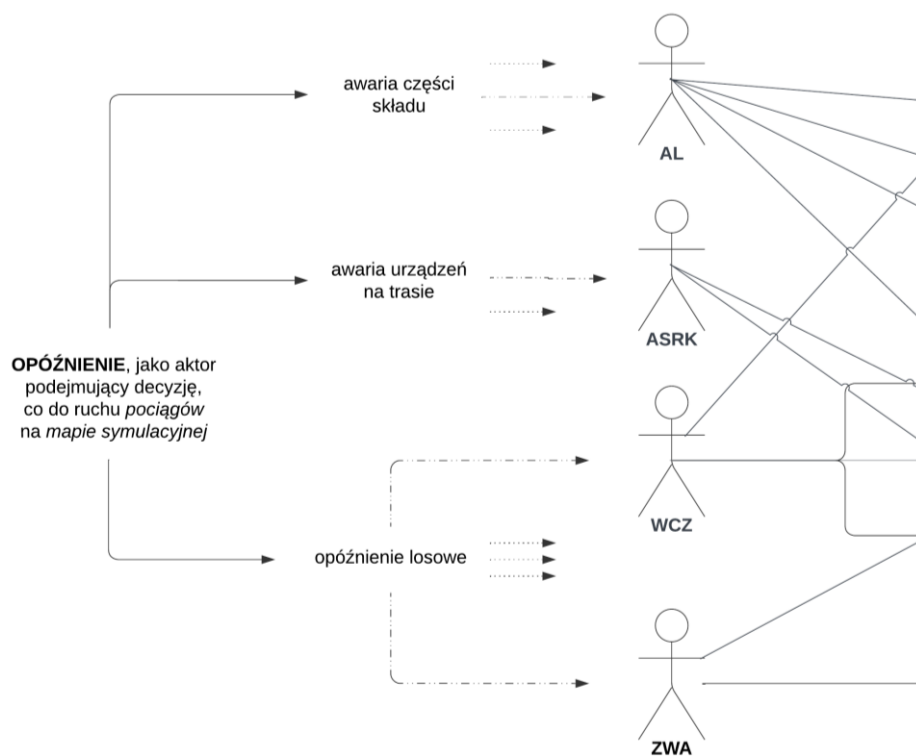
### 6.1. Diagram przypadków użycia.

Diagram ten przedstawia funkcjonalność systemu zaprezentowanego teoretycznie w fazie **INICJACJI** wraz z jego otoczeniem. Pozwala on na graficzne zaprezentowanie własności systemu tak, jak są one widziane po stronie użytkownika aplikacji symulacyjnej. Poniżej pokazujemy widok ogólny:



Rysunek 3. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – obraz zminimalizowany.

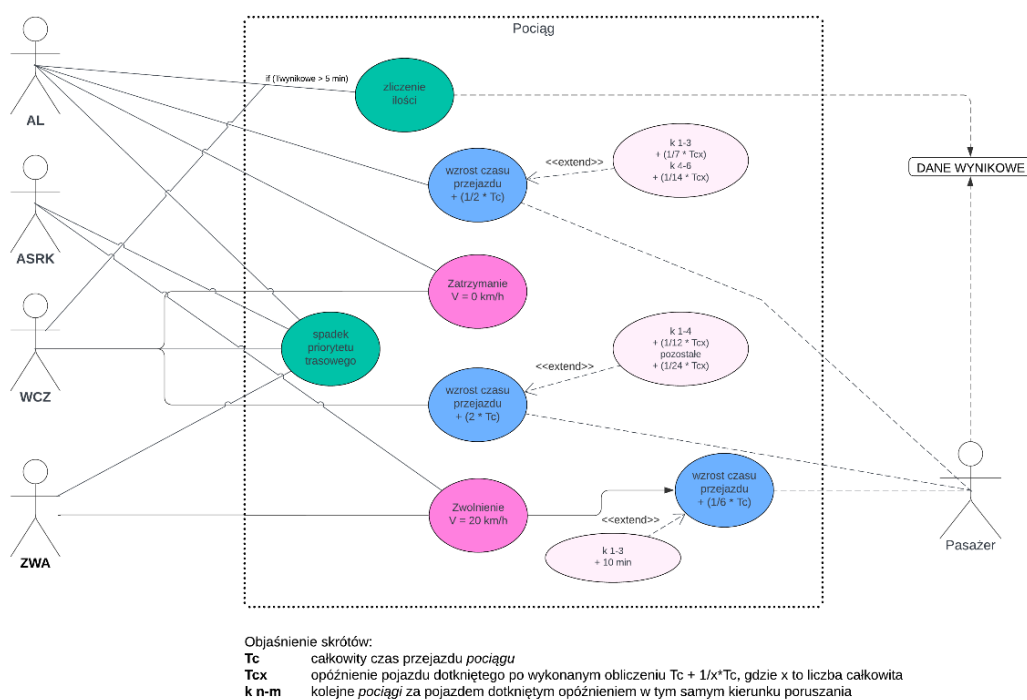
Na kolejnej stronie znajdują się przybliżone części powyższego diagramu przypadków użycia – kolejno strony: lewa i prawa.



Objaśnienie:

- AL** awaria lokomotywy (**podrodzaj** awarii części składu)  
**ASRK** awaria urządzeń sterowania ruchem kolejowym (**podrodzaj** awarii urządzeń na trasie)  
**WCZ** wypadek z udziałem człowieka (**podrodzaj** opóźnienia losowego)  
**ZWA** złe warunki atmosferyczne (**podrodzaj** opóźnienia losowego)

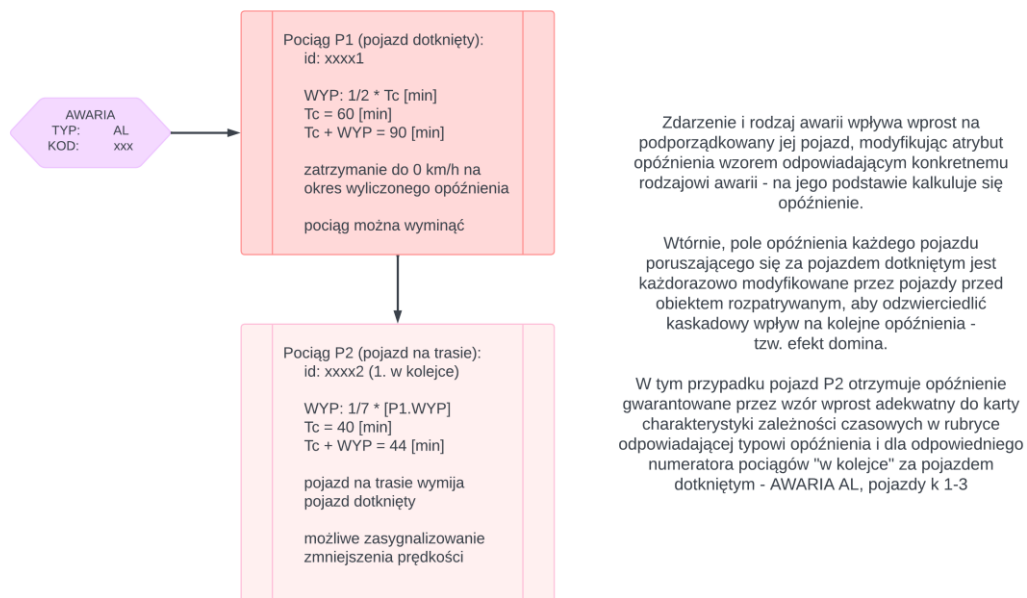
Rysunek 4. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – część lewa.



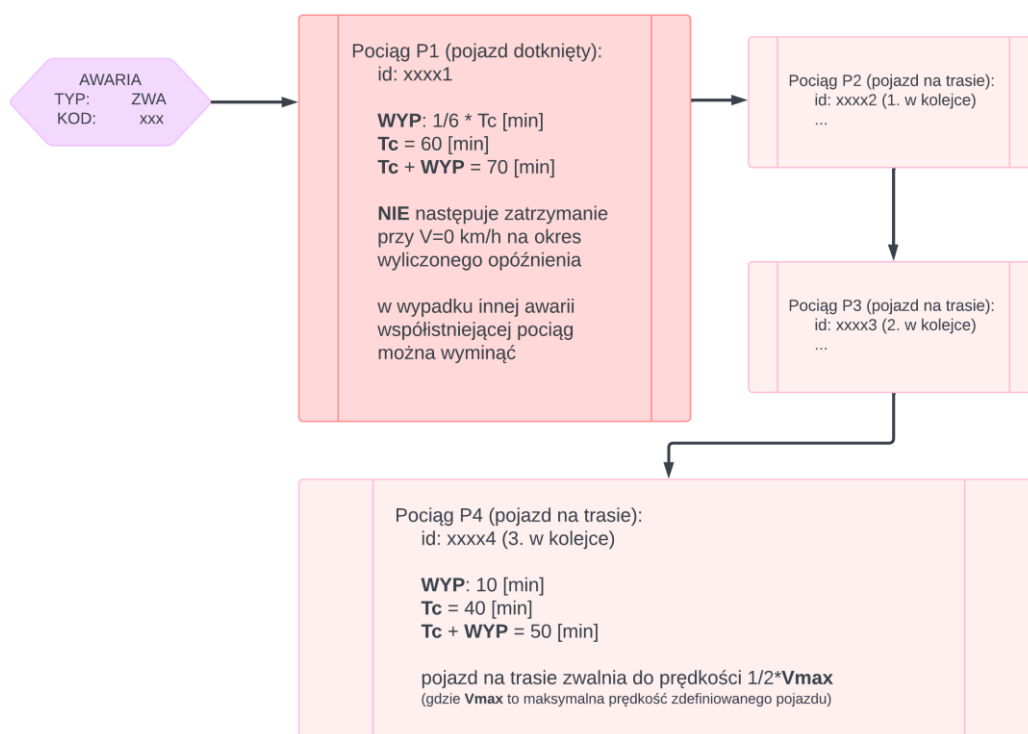
Rysunek 5. Diagram przypadków użycia dla zakwalifikowanych przypadków opóźnień – część prawa.

## 6.2. Diagram obiektów.

Ten typ diagramu jest z kolei wizualizacją hipotetycznego stanu systemu podczas jego działania. Służy do tworzenia przykładów pomagających zrozumieć diagram klas a przede wszystkim powiązań w nim występujących. Poniższe przedstawiają sytuację z **zatrzymaniu klatki w toku symulacji dla dwóch (lub więcej) pociągów** – jednego typu PD i innych w tej samej relacji znajdującego się za nim.



Rysunek 6. Diagram obiektów dla przypadkowego układu symulacyjnego – przypadek losowy AL.



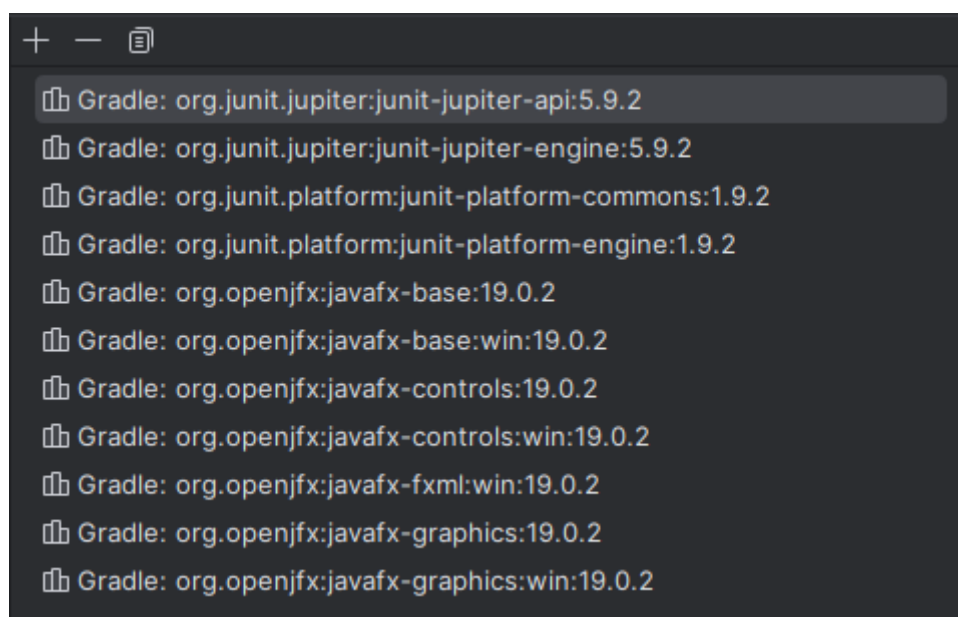
Rysunek 7. Diagram obiektów dla przypadkowego układu symulacyjnego – przypadek losowy ZWA.

## 7. Przygotowanie środowiska.

Projekt – tak jak zostało to wspomniane w początku rozdziału **IMPLEMENTACJA** – zbudowany został przy wykorzystaniu narzędzia Gradle. Poza plikami i katalogami potrzebnymi do prawidłowego budowania i uruchamiania projektu z poziomu narzędzi wbudowanych, w folderze **root** projektu (katalogu, który znajduje się na szczycie drzewka katalogów) znajdują się ponadto **inne foldery i pliki**. Ważniejsze z nich zostały wymienione poniżej:

- (folder) **docs** = tutaj umiejscowiona jest dokumentacja, jej poszczególne elementy graficzne oraz podstawa przygotowania emdletu README.md;
- (folder) **src** – jest to podstawa drzewa katalogów z kodem źródłowym i zależnościami (dodatkowymi plikami obrazów / pliki z rozszerzeniem FXML) potrzebnymi do zbudowania i uruchomienia końcowej aplikacji;
- (plik) **build.gradle** – plik ten przechowuje informacje związane z dołączaniem paczek zależności, komunikacją między serwerem wymiany plików **Maven**, a także informacje (m.in. o głównej klasie projektu) potrzebne do zainicjalizowania projektu.

Ze względu na specyfikę pracy w środowisku Gradle, ważne było **odpowiednie skonfigurowanie biblioteki JavaFX**. Dzięki temu każdy następujący po sobie etap nie jest obarczony ryzykiem krytycznych błędów inicjalizowania projektu, czy też możliwe jest skutecznie efektywne budowanie osobnej gałęzi konfiguracji – pliku .jar.

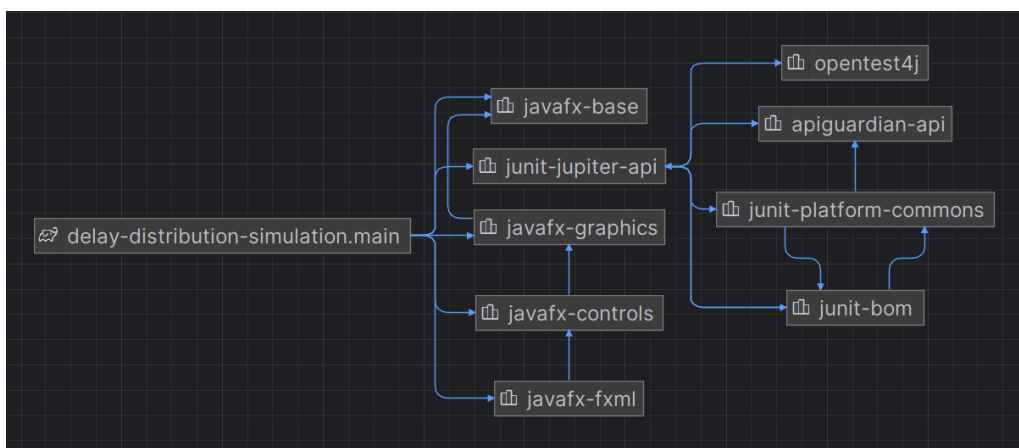


Rysunek 8. Przytoczenie potrzebnych bibliotek do poprawnego zbudowania projektu.

Na powyższym rysunku zauważyć możemy dwa wyróżniające się typy bibliotek: *junit-jupiter* oraz *openjfx-javafx*. Aby skrótkowo opisać obie biblioteki posłużę się odnośnikami do już istniejących, dokładnych opisów:

- *openjfx-javafx* – biblioteka JavaFX v19.0.2 – [link](#)
- *junit-jupiter* – biblioteka potrzebna do wykonywania testów jednostkowych – [link](#)

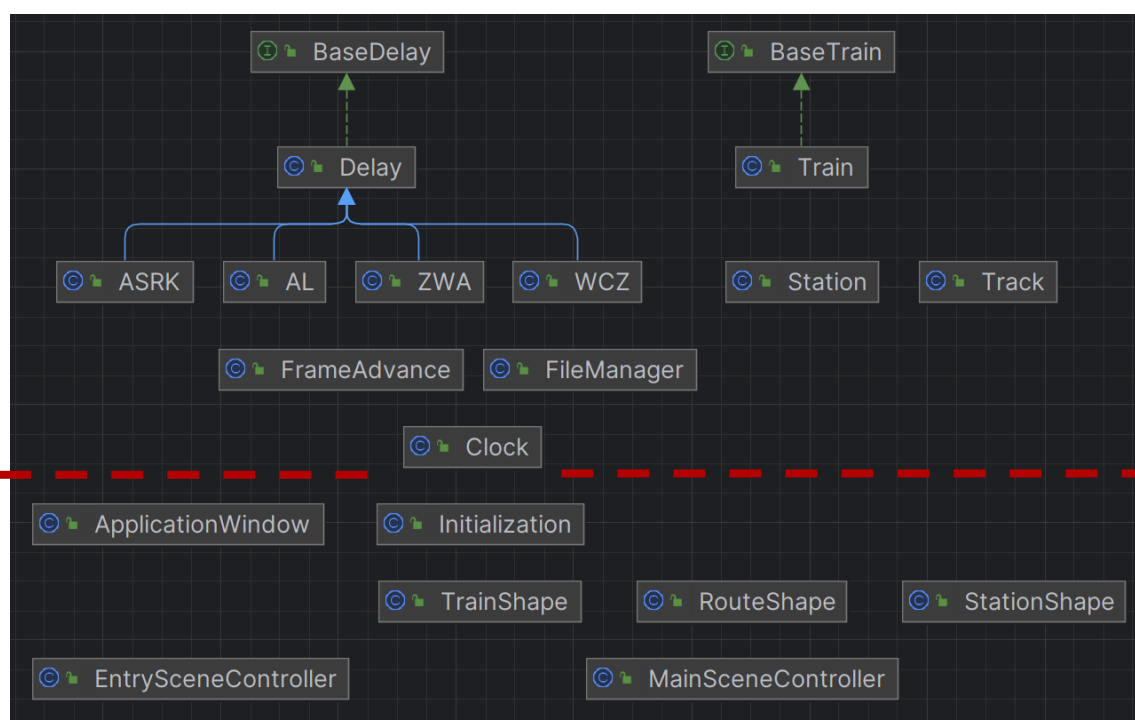




Rysunek 9. Diagram modułów zależności potrzebnych do poprawnego zbudowania projektu.

## 8. Hierarchia klas.

Projekt dzieli się abstrakcyjnie na dwie podgrupy klas – klasy odpowiadające za działanie części logicznej oraz klasy odpowiedzialne za UI (*user interface* – prezentację wizualną). Na poniższym diagramie zostały one oddzielone czerwoną przerywaną linią, przy czym **klasa *Initialization* stanowi pewnego rodzaju *middleware*<sup>1</sup> dla obu podgrup klas.**



Rysunek 10. Diagram klas w projekcie<sup>2</sup> z widocznym podziałem na podgrupy działania.

Działanie każdej z klas omówione zostało dzięki wygenerowaniu bazy wiedzy wg protokołu Javadoc. Folder *javadoc* znajduje się w repozytorium projektu ([link na 1. stronie dokumentu](#)) w folderze *docs/*

<sup>1</sup> middleware (ang. oprogramowanie pośredniczące) – rodzaj oprogramowania (w naszym przypadku zestaw metod jednej klasy) umożliwiający komunikację pomiędzy różnymi systemami (podgrupami klas)

<sup>2</sup> zgodny ze stanem z dnia 22 czerwca 2024 r.

## 9. Symulacja.

Poniżej zostaną przedstawione wyniki symulacji przeprowadzone w formie testów szczegółowych konfiguracji. Każde dane przytoczone w punkcie 9. opisane będą w następujący sposób:

$$SIMULATE\ m - v,$$

gdzie  $m$  – współczynnik efektywności  
wariacji generowanych wartości losowych dla opóźnień ( $m: m \in [5, 500]$ ),  
 $v$  – ilość pociągów w symulacji.

**UWAGA!** Współczynnik  $m$  symbolizuje grupę czynników niezależnych (czynników efektywności) tj. **dostępność drużyn trakcyjnych, dostępność zapasowych pojazdów trakcyjnych, efektywność pracy przewozowej czy likwidowania skutków awarii.**

Każda symulacja wynikowa jest **najlepszą z 3 przeprowadzonych prób** (najlepsza próba oznacza próbę z **najmniejszą ilością błędów grubych pomiaru względnego**).

Dane przejazdowe dla pociągów zostały stworzone na bazie prawdziwych rozkładów jazdy na okres 11.06-10.09.2024 roku. Klasa *Initialization* posiada wszelkie informacje na temat inicjalizacji tychże obiektów.

**(!) Rozkład jazdy wraz z zaznaczonymi obiegami powrotnymi znajduje się w folderze *docs/***

---

### *SIMULATE 5 – 35*

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	5			
	opóźnionych	26	łącznie	2481	min
	średni czas rzeczywisty przejazdu	średni rozkładowy czas przejazdu			
	355,41	277,69			min
	średnie opóźnienie	77,72			min

Tabela 2. Dane wynikowe symulacji 5-35.

### *SIMULATE 5 – 50*

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	2			
	opóźnionych	31	łącznie	3408	min
	średni czas rzeczywisty przejazdu	średni rozkładowy czas przejazdu			
	336,24	267,44			min
	średnie opóźnienie	68,80			min

Tabela 3. Dane wynikowe symulacji 5-50.

S

## IMULATE 5 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>1</b>			
	opóźnionych	<b>32</b>	łącznie	2804	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>299,80</b>		<b>259,41</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>40,39</b>	min		

Tabela 4. Dane wynikowe symulacji 5-70.

## SIMULATE 10 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>4</b>			
	opóźnionych	<b>15</b>	łącznie	1098	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>310,79</b>		<b>276,39</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>34,39</b>	min		

Tabela 5. Dane wynikowe symulacji 10-35.

## SIMULATE 10 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>1</b>			
	opóźnionych	<b>24</b>	łącznie	2218	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>312,25</b>		<b>268,25</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>44,00</b>	min		

Tabela 6. Dane wynikowe symulacji 10-50.

## SIMULATE 10 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>1</b>			
	opóźnionych	<b>19</b>	łącznie	1820	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>288,07</b>		<b>261,46</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>26,61</b>	min		

Tabela 7. Dane wynikowe symulacji 10-70.

## SIMULATE 20 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	1			
	opóźnionych	7	łącznie	516	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
297,83		282,33	min		
średnie opóźnienie		15,50	min		

Tabela 8. Dane wynikowe symulacji 20-35.

## SIMULATE 20 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	14	łącznie	670	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
283,69		269,73	min		
średnie opóźnienie		13,96	min		

Tabela 9. Dane wynikowe symulacji 20-50.

## SIMULATE 20 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	11	łącznie	1442	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
282,29		262,14	min		
średnie opóźnienie		21,08	min		

Tabela 10. Dane wynikowe symulacji 20-70.

## SIMULATE 50 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	2	łącznie	99	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
289,27		285,16	min		
średnie opóźnienie		4,11	min		

Tabela 11. Dane wynikowe symulacji 50-35.

## SIMULATE 50 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	3	łącznie	168	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
274,25		269,73	min		
średnie opóźnienie		4,52	min		

Tabela 12. Dane wynikowe symulacji 50-50.

## SIMULATE 50 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	7	łącznie	349	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
267,31		261,21	min		
średnie opóźnienie		6,10	min		

Tabela 13. Dane wynikowe symulacji 50-70.

## SIMULATE 100 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	2			
	opóźnionych	6	łącznie	602	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
299,00		280,54	min		
średnie opóźnienie		18,46	min		

Tabela 14. Dane wynikowe symulacji 100-35.

## SIMULATE 100 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	2	łącznie	64	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
272,25		269,73	min		
średnie opóźnienie		2,52	min		

Tabela 15. Dane wynikowe symulacji 100-50.

## SIMULATE 100 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	1			
	opóźnionych	4	łącznie	245	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
263,90		259,41	min		
średnie opóźnienie		4,49	min		

Tabela 16. Dane wynikowe symulacji 100-70.

## SIMULATE 200 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	1	łącznie	27	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
287,38		285,16	min		
średnie opóźnienie		2,22	min		

Tabela 17. Dane wynikowe symulacji 200-35.

## SIMULATE 200 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	2	łącznie	32	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
271,65		262,84	min		
średnie opóźnienie		1,92	min		

Tabela 18. Dane wynikowe symulacji 200-50.

## SIMULATE 200 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	0			
	opóźnionych	1	łącznie	33	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
262,82		261,21	min		
średnie opóźnienie		1,61	min		

Tabela 19. Dane wynikowe symulacji 200-70.

## SIMULATE 500 – 35

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>0</b>			
	opóźnionych	<b>2</b>	łącznie	265	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>293,57</b>		<b>285,16</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>8,41</b>	min		

Tabela 20. Dane wynikowe symulacji 500-35.

## SIMULATE 500 – 50

dla wprowadzonych danych pomiarowych

pociągów	odwołanych	<b>0</b>			
	opóźnionych	<b>1</b>	łącznie	68	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>272,29</b>		<b>262,84</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>2,56</b>	min		

Tabela 21. Dane wynikowe symulacji 500-50.

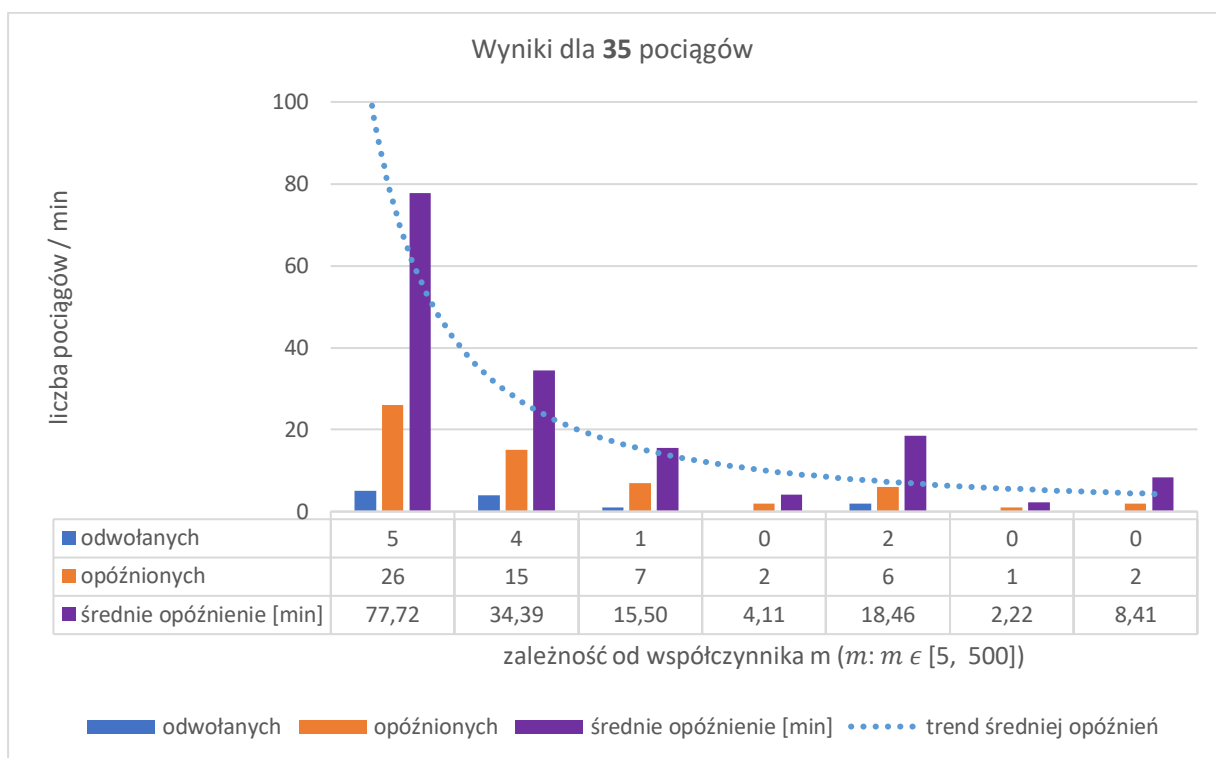
## SIMULATE 500 – 70

dla wprowadzonych danych pomiarowych

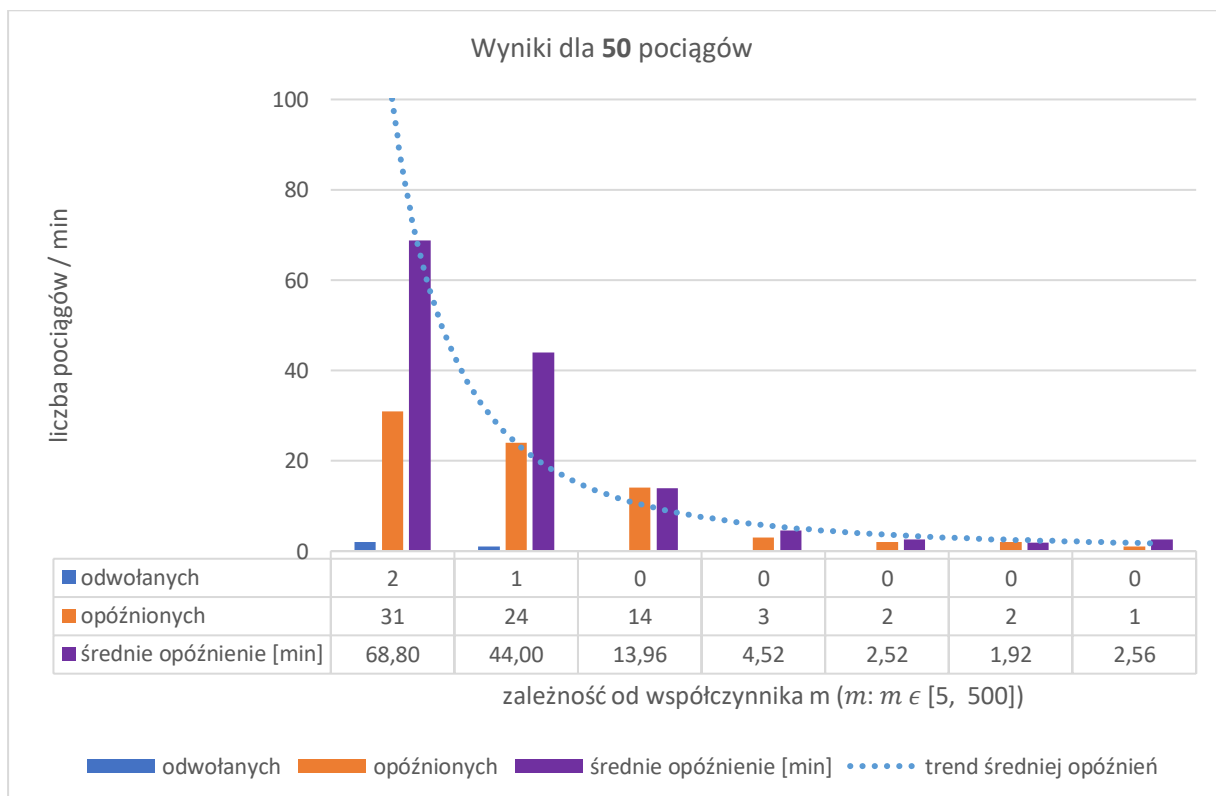
pociągów	odwołanych	<b>0</b>			
	opóźnionych	<b>0</b>	łącznie	0	min
średni czas rzeczywisty przejazdu		średni rozkładowy czas przejazdu			
<b>262,38</b>		<b>261,21</b>	min		
średnie opóźnienie		<b>1,17</b>	min		

Tabela 22. Dane wynikowe symulacji 500-70.

## 9.1. Tabele / wykresy zbiorcze.

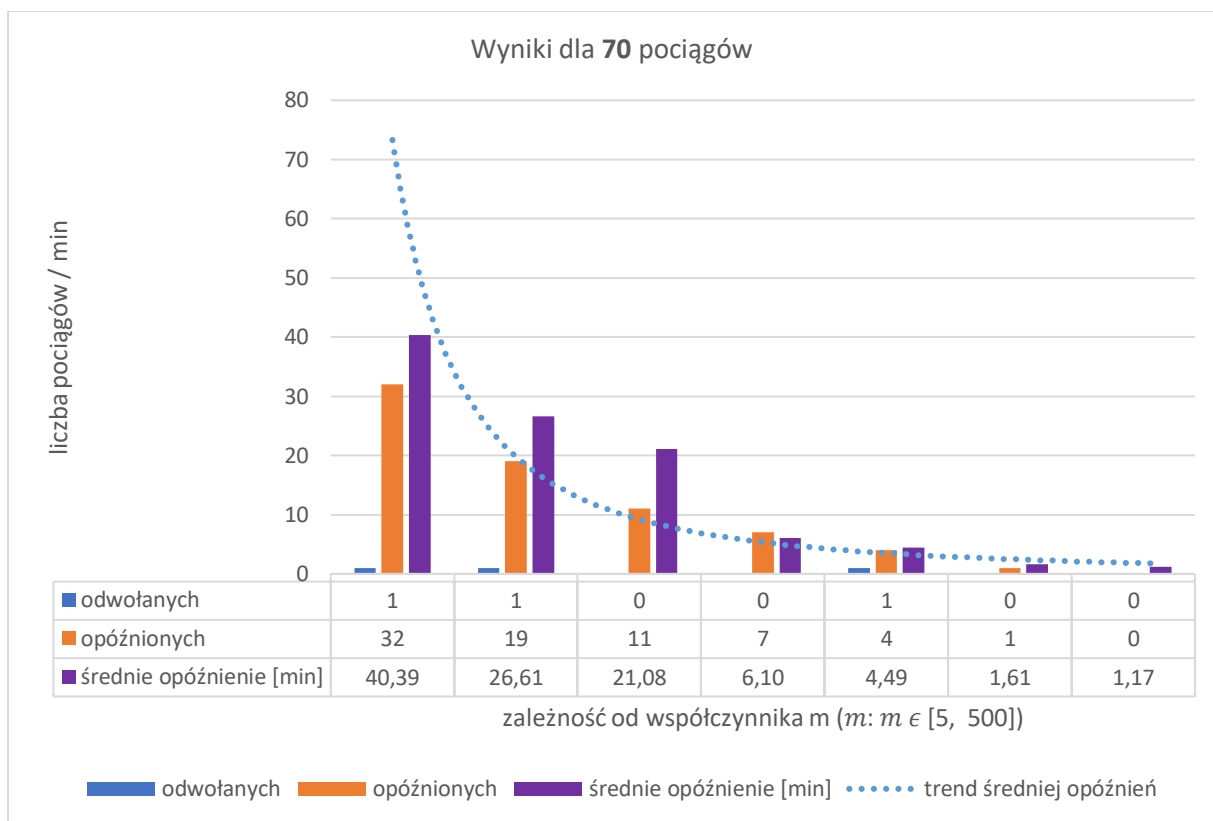


Rysunek 11. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika  $m$  dla 35 pociągów.



Rysunek 12. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika  $m$  dla 50 pociągów.





Rysunek 13. Wykres zależności danych opóźnieniowych od współczynnika  $m$  dla 70 pociągów.

Ostatnia, poniższa tabela pozwala najefektywniej ocenić zależności parametrów opóźnień i ilości pociągów od ogólnych wartości opóźnienia w sieci (grafie spójnym stacji docelowych).

	pociągów					
	odwołanych	wzgl.	opóźnionych	wzgl.	średnie opóźnienie [min]	łączne opóźnienie [min]
35 pociągów						
5-35	5	14%	26	74%	77,72	2481
10-35	4	11%	15	43%	34,39	1098
20-35	1	3%	7	20%	15,50	516
50-35	0	0%	2	6%	4,11	99
100-35	2	6%	6	17%	18,46	602
200-35	0	0%	1	3%	2,22	27
500-35	0	0%	2	6%	8,41	265
50 pociągów						
5-50	2	4%	31	62%	68,80	3408
10-50	1	2%	24	48%	44,00	2218
20-50	0	0%	14	28%	13,96	670
50-50	0	0%	3	6%	4,52	168
100-50	0	0%	2	4%	2,52	64
200-50	0	0%	2	4%	1,92	32
500-50	0	0%	1	2%	2,56	68
70 pociągów						
5-70	1	1%	32	46%	40,39	2804
10-70	1	1%	19	27%	26,61	1820
20-70	0	0%	11	16%	21,08	1442
50-70	0	0%	7	10%	6,10	349
100-70	1	1%	4	6%	4,49	245
200-70	0	0%	1	1%	1,61	33
500-70	0	0%	0	0%	1,17	0

Tabela 23. Wykaz danych opóźnieniowych dla wszystkich typów przyjętych parametrów.

Podział na ilość pociągów użytych do przeprowadzenia danej symulacji pozwala na zauważenie wyraźnych **tendencji spadkowych parametrów opóźnień** przy jednoczesnym **wzroście wskaźnika efektywności**. Jednocześnie dostrzec można, iż **większa ilość pociągów w obiegu** pozwala na **zmniejszenie wrażenia izolowania<sup>3</sup> danych jednostek w ruchu**. Założeniem było pokazanie zależności ilości pociągów od całkowitej wartości pociągów odwołanych / opóźnionych – zgodnie z nim, udało się także pokazać, jak wspomniano wcześniej, że izolacja jednostek zachodzi w zwiększonych ilościach przy mniejszej populacji pociągów obecnych w obiegu stacyjnym.

<sup>3</sup> Izolacja oznacza w tym znaczeniu sklasyfikowanie pociągu jako odwołanego / opóźnionego.

Następująca, ostatnia część dokumentacji będzie poświęcona ostatecznej analizie uzyskanych wyników. Będzie także służyć porównaniu ku realnym sytuacjom ze środowiska, jakże złożonej, infrastruktury kolejowej.

## 10. Analiza i podsumowanie.

### 10.1. Analiza wyników.

Najbardziej prawdopodobnym wariantem dla badanej grupy wyników zdaje się być symulacja dla parametrów

**50-70** ( $m = 50, 70$  pociągów).

Siedem pociągów opóźnionych na łączną długość 349 minut, stanowiąc 10% wszystkich pociągów dostępnych w obiegu, jest najbardziej optymalną wariacją wyników i najefektywniej upodabnia się do wyników rzeczywistych.

Obserwacje życia codziennego, w tym danych rzeczywistych formowanych przez Urząd Transportu Kolejowego oraz dane prywatne twórców projektu wskazują na to, że **działanie symulacji nie odbiega od działania rzeczywistych modeli transportowych** pomimo jej **pomniejszonej skali i niedokładnie sprecyzowanej mapy** (z brakiem wyskalowanych odległości – opis niżej).

Ważnym jest zauważanie, iż kolej regionu Dolnego Śląska objętego symulacją nie osiąga czasów przewozów pokazanych w wynikach symulacji. Czasy rozkładowe przejazdu są **wyraźnie zawyżone**. Wynika to z niedokładnego wyskalowania mapy ze względu na ograniczenia interfejsu użytkownika.

Jednakże, przy **odpowiednim zachowaniu skali** zarówno w **osi X**, jak i **osi Y** względem wymiarów mapy – oraz przy **zachowanym odpowiednim wyskalowaniu prędkości maksymalnej** na liniach kolejowych (dla których dane są **stuprocentowo (!)** prawdziwe z *pominięciem WOS<sup>45</sup>*), czasy te normalizują się przy odpowiednio dobranym współczynniku efektywności ***m***.

Przeciwnie nadmienić trzeba, że niektóre z wyników są **całkowicie niewspółmierne do rzeczywistości** – zwłaszcza dla współczynnika efektywności krytycznie niskiego (w granicach wartości 5-10). Opóźnienie całkowite za jeden dzień wynoszące powyżej **trzykrotności długości dnia (!)** zdarza się bardzo rzadko oraz tylko w przypadku dotkliwych awarii dotyczących złożonych węzłów kolejowych, np. **niedawna awaria LCS Poznań Główny**, gdzie w komunikatach prasowych przeczytać było można, iż:

*„[...] 56 pociągów wyjeżdżających z Poznania doznało opóźnienia na łączną sumę 7860 minut i 62 pociągi przyjeżdżające na łączną sumę 10 312 minut. Z kolei 50 pociągów zostało odwołanych”.*

*źródło: Rynek Kolejowy*

<sup>4</sup> Wykaz Ostrzeżeń Stałych (w skrócie WOS, inaczej „Dodatek nr 2 do wewnętrznego rozkładu jazdy”) – wykaz zawierający szczegółowy spis ograniczeń prędkości dla danej linii (z podaniem kilometra początkowego i końcowego obowiązywania danego ograniczenia prędkości)

<sup>5</sup> [edyt.] źródło wiedzy niedostępne ze względu na jego oficjalne utajnienie, nieoficjalne wersje dostępne na platformach online

Te dane (dla  $m = 5$   $\vee$   $m = 10$ ) powinny być pomijane ze względu na ich nadmierne generowanie błędów grubych – bowiem z 3 prób symulacyjnych przeprowadzanych przed podsumowaniem wyników, wybór wariantu najbardziej znormalizowanego był nie lada wyzwaniem.

Podsumowując, symulacja **dała radę odwzorować oczekiwany model grafu spójnego stacji docelowych przy różnych ilościach pojazdów się w nim znajdujących**. Urzeczywistniła tabele zależnościowe i teoretyczne założenia z przyzwoitym wynikiem sprawdzalności i dosyć dobrym odbiorem podstawowych wartości statystycznych.

## 10.2. Podsumowanie projektu.

Praca nad każdym z elementów projektu była nie lada wyzwaniem ze względu na jego złożoność, a także wykonywanie go w takiej skali po raz pierwszy w życiu. Stworzenie problematyki, poddanie jej analizie obiektowej, stworzenie odpowiednio wyskalowanej symulacji i dogłębne przeanalizowanie wyników, które, jak się okazało, szczęśliwie nie zawiodły w annatach sprawdzalności i urzeczywistnienia, było ciekawym wyzwaniem, a zarazem doskonałą lekcją nawyków projektowych, pracy nad samym sobą oraz pracy w grupie.

2024 © DDS