

Badanie przepustowości linii kolejowej przy wykorzystaniu nowoczesnych programów mikrosymulacyjnych

Testing railway capacity using modern microsimulation programs



Marta Rogowska

mgr inż.

Instytut Kolejnictwa, Warszawa

mrogowska@ikolej.pl

Streszczenie: W dobie dynamicznych zmian na rynku kolejowym i rodzącą się w związku tym potrzebą dostosowania infrastruktury do zwiększonych potoków ruchu oraz nowoczesnego taboru coraz istotniejszym staje się zagadnienie przepustowości. W publikacji zostało przedstawione nowoczesne podejście do badania przepustowości – wykorzystanie programu mikrosymulacyjnego, na przykładzie odcinka linii kolejowej o zróżnicowanym wyposażeniu.

Słowa kluczowe: Mikrosymulacja; RailSys; Przepustowość linii kolejowej

Abstract: In a time of dynamic changes in the railway market and nascent need of adjustment the infrastructure to increasing traffic flow and modern rolling stock, the issue of capacity is becoming more and more essential. In this publication the modern attempt at testing capacity – utilization of microsimulation program using as an example a section of the railway with diverse equipment is presented.

Keywords: Microsimulation; RailSys; Railway capacity

Zwiększenie przepustowości jest istotnym wymogiem przetargów ogłaszanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. na modernizację linii kolejowych, ponieważ aby kolej stała się konkurencyjna względem innych gałęzi transportu musi pasażerowi zaoferować atrakcyjną ofertę połączeń zarówno dalekobieżnych jak i w ramach aglomeracji miejskich.

Infrastruktura kolejowa, zwłaszcza w przypadku węzłów kolejowych, stale jest projektowana na podstawie statycznych obliczeń przepustowości [33]. Nierzadko prowadzi to do tego, że wybudowana infrastruktura nie odpowiada zapotrzebowaniu rzeczywistego obciążenia ruchowego w cyklicznym rozkładzie jazdy. Stąd coraz szersze wykorzystywanie programów symulacyjnych. Pozwalają one na realizację poprawek obciążenia przy przewidywanym planie eksploatacyjnym na modelu projektowanej infrastruktury, identyfikację jej wąskich gardeł, propozycję i sprawdzenie wariantów ich usunięcia.

Charakterystyka parametrów mających wpływ na przepustowość linii kolejowej

Definicja przepustowości linii kolejowej mówi, że jest to zdolność wykonywania na niej przejazdów pociągów w określonym czasie [3]. Wyrażana jest w największej liczbie pociągów lub par pociągów, które mogą przejechać po danym fragmencie (odcinku, szlaku) linii kolejowej w określonym czasie, zazwyczaj jest to doba lub godziny porannego i popołudniowego szczytu.

Zdolność przepustowa zależy od:

- parametrów drogi kolejowej, takich jak maksymalna dozwolona prędkość czy liczba oraz charakter ograniczeń prędkości;
- liczby torów;
- podziału linii na szlaki;
- rodzaju urządzeń sterowania ruchem pociągów zamontowanych na sieci;
- charakterystyki technicznej pociągów przejeżdżających przez dany element sieci, tj. rodzaju pociągów, prędkości technicznej, masy i dłu-

gości składów pociągów, charakterystyk trakcyjnych lokomotyw, wymaganych dróg hamowania;

- utrudnień na drodze kolejowej, takich jak zamknięcia, remonty.

Zbyt niska prędkość na polskiej sieci kolejowej jest jednym z najczęściej dostrzeganych przez przewoźników problemów [15]. Najczęstszą przyczyną wprowadzania ograniczeń prędkości jest zły stan drogi kolejowej bądź obiektu inżynierskiego. Zbyt niska prędkość nie tylko wydłuża czas jazdy, ale także powoduje blokowanie szlaków, co w znacznym stopniu wpływa na zmniejszenie zdolności przepustowej linii.

Kolejnym parametrem mającym wpływ na przepustowość linii jest liczba torów, na odcinkach dwutorowych można zazwyczaj zaobserwować nawet cztery razy większą przepustowość niż na jednotorowych [1]. Jednak nie zawsze drugi tor rozwiązuje problem zbyt niskiej zdolności przepustowej, ponieważ wąskimi gardłami są stacje, na których ma miejsce krzyżowanie oraz mijanie pociągów. Co więcej istotna jest odległość pomiędzy kolejnymi stacjami,

szczególnie na liniach jednotorowych ze względu na wspomnianą wyżej możliwość wyprzedzania czy mijania dopiero na stacjach. Im krótsze te odstępy tym krótszy czas przejazdu pociągu.

Istotny wpływ na przepustowość linii ma rodzaj urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Głównym zadaniem urządzeń sterowania ruchem jest zapewnienie bezpiecznej odległości między pociągami. Jest to realizowane poprzez odstępy blokowe. Na każdym z odstępów może znajdować się tylko jeden pociąg. Ich długość ma duże znaczenie, ponieważ niezależnie od położenia pociągu na odcinku cały fragment linii uznaje się za zajęty. W książce „Podstawy sterowania ruchem kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki” Mirosławy Dąbrowy – Bajon [2] porównano czasy następstwa, przepustowość oraz prędkość na 3 poziomach ETCS. Przyjęto pewne założenia:

- długość odstępów blokowych na torze prostym dla poziomu 1 i 2 długości 1500 metrów,
- czas reakcji radiowego centrum sterowania RBC dla poziomu 2 i 3 lub systemu sygnalizacyjnego dla poziomu 1, bez uwzględniania przedstawiania zwrotnic – 5 s,
- długość pociągów do 400 m,
- gwarantowana wartość opóźnienia przy hamowaniu – 0,6 m/s²,

- czas reakcji układu hamulcowego – 6 s,
- czas reakcji maszynisty – 5 s,
- margines przepustowości linii – 10%.

To co wykazano przy tych założeniach pokazuje tabela 1.

Nie bez znaczenia pozostaje charakterystyka techniczna pociągów przejeżdżających przez linię. Ruch mieszany, czyli sytuacja, gdy po linii poruszają się pociągi o różnych parametrach i różnych kategorii niekorzystnie wpływa na przepustowość linii. Wiąże się to przede wszystkim z koniecznością wyprzedzania pociągów wolniejszych przez te szybsze. Co staje się problematyczne w sytuacjach opisanych powyżej. Ważnymi parametrami pociągu, ze względu na długość zajmowania szlaku, są prędkość maksymalna taboru, jego długość, charakterystyki przyspieszania oraz hamowania.

Ponadto, wszelkie utrudnienia, takie jak zamknięcia, szczególnie w obrębie stacji w znaczny sposób ograniczają możliwość wykonywania manewrów krzyżowania czy wyprzedzania pociągów. Co więcej, np. w przypadku zamknięcia torów bocznych przewoźnicy po zakończeniu biegu pociągu zmuszeni są do pozostawiania składów na torach głównych dodatkowych.

Zasada działania programów mikrosymulacyjnych

Najpopularniejszymi programami wykorzystywanymi do wykonywania mikrosymulacji są RailSys niemieckiej firmy RMCon oraz szwajcarski OpenTrack. Dzięki nim użytkownik może:

- określić wymagania dotyczące infrastruktury dla sieci kolejowej,
- analizować przepustowość linii i stacji,
- wprowadzać i analizować tabor,
- obliczać czas przejazdu,
- konstruować rozkład jazdy,
- projektować różnego rodzaju sygnalizację,
- analizować efekty wad wprowadzonych systemów,
- wykonywać symulację.

Ogólną zasadę działania programów mikrosymulacyjnych wykorzystywanych przy projektowaniu linii kolejowej symbolicznie przedstawia rys. 1.

Wprowadzonymi danymi dotyczącymi infrastruktury są między innymi układ torowy, sygnalizacja oraz wszystkie pozostałe istotne elementy infrastruktury (takie jak prędkość linii, stałe ograniczenia prędkości, drogi ochronne, wskaźniki zatrzymania na peronach, odstępy blokowe, stawność blokady itp.).

Gdy infrastruktura jest gotowa, możliwe jest przystąpienie do tworzenia rozkładu jazdy, jednak przed przystąpieniem do tego należy wprowadzić dane dotyczące taboru, tj. maksymalną prędkość, długość, masę, ilość osi, rodzaj napędu, określenie rodzaju taboru (lokomotywa albo zespół trakcyjny), dodatkowo można określić liczbę miejsc siedzących i stojących (rys. 2).

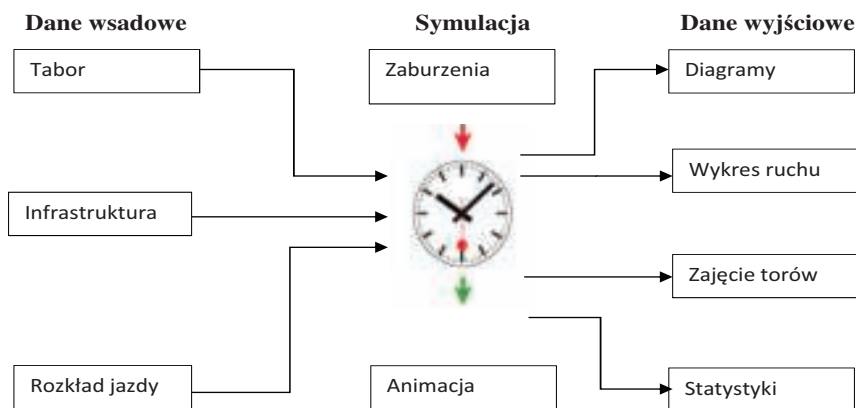
Oprócz podstawowych danych, należy wprowadzić dokładniejsze dotyczące charakterystyki trakcyjnej. Dla poszczególnych prędkości wprowadzana jest siła przyspieszająca i na tej podstawie program generuje wykres (rys. 3).

Następnym krokiem jest wyznaczenie przebiegów poszczególnych pociągów. Po wybraniu taboru i trasy, wprowadza się rozkład jazdy, czyli godziny przyjazdu oraz odjazdu z poszczególnych stacji oraz czas postoju na nich w sposób pokazany na rysunku 4. Program automatycznie generuje wykres

Tab. 1. Porównanie 3 poziomów ETCS ze względu na przepustowość

| poziom ETCS | czas następstwa pociągów t_n [min] | przepustowość N_{max} [poc/h] | prędkość jazdy v_{max} [km/h] |
|-------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 3 | 20 | 160 |
| 2 | 2,5 | 24 | 300 |
| 3 | 2 | 30 | 500 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych w „Podstawy Sterowania Ruchem Kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki”



1. Ogólny schemat działania programów mikrosymulacyjnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez RMCon oraz Opentrack

ruchu. Na tej podstawie wykrywa konflikty wynikające z przejazdu pociągów z uwzględnieniem dróg przebiegów, odstępów blokowych czy mijania się pociągów na stacjach. Przy zmianie drogi program natychmiast przelicza czasy przejazdu i generuje nowe, uwzględniając wprowadzone dane dotyczące taboru oraz infrastruktury, dlatego im dokładniejsze będą dane wprowadzone przez użytkownika tym dokładniejszy i bardziej zbliżony do rzeczywistego będzie rozkład jazdy oraz łatwiejsze będzie zlokalizowanie tzw. wąskich gardeł i miejsc kolizyjnych, a co za tym idzie zaproponowanie zmian mających na celu usprawnienie ruchu na linii czy odcinku.

Gdy rozkład jazdy jest wprowadzony można przejść do symulowania przejazdu pociągów.

Parametry badanego odcinka linii

W toku analiz, badaniom przepustowości poddano odcinek linii kolejowej o długości ponad 100 kilometrów, w pełni zelektryfikowany, o znaczeniu państwowym. Jedynie na mniej więcej 10% swojej długości jest linią dwutorową, na pozostałej ruch odbywa się jedynie po jednym torze. Na przedmiotowym odcinku obowiązują różne prędkości jazdy pociągów. Różnice występują także w wyposażeniu linii w urządzenia sterowania ruchem kolejowym – szlakowe oraz stacyjne. Wprowadzono na poszczególnych odcinkach tymczasowe ograniczenia prędkości. Na opracowywanym odcinku znajduje się 15 stacji i 6 przystanków osobowych. Pod uwagę brany jest jedynie ruch pasażerski. Do symulacji wykorzystano program RailSys w wersji 8.9.92.

Porównano 4 warianty różniące się elementami infrastruktury, systemów sterowania ruchem pociągów i dozwolonymi prędkościami, dla każdego z wariantów został wprowadzony nowy układ torowy, skonstruowany nowy rozkład jazdy, oraz dostosowany odpowiedni tabor. Dla bardziej miarodajnych wyników w każdym z wariantów kierowano się tym samym schematem tworzenia rozkładów jazdy. Pociągi podzielono na 5 grup, różniących się trasami oraz przystankami, na których się zatrzymują, czasami postoju na stacjach, usystematyzowano także nazewnictwo

czyli numery im nadawane w rozkładzie jazdy, a także przydzielono do każdej z grup konkretny tabor.

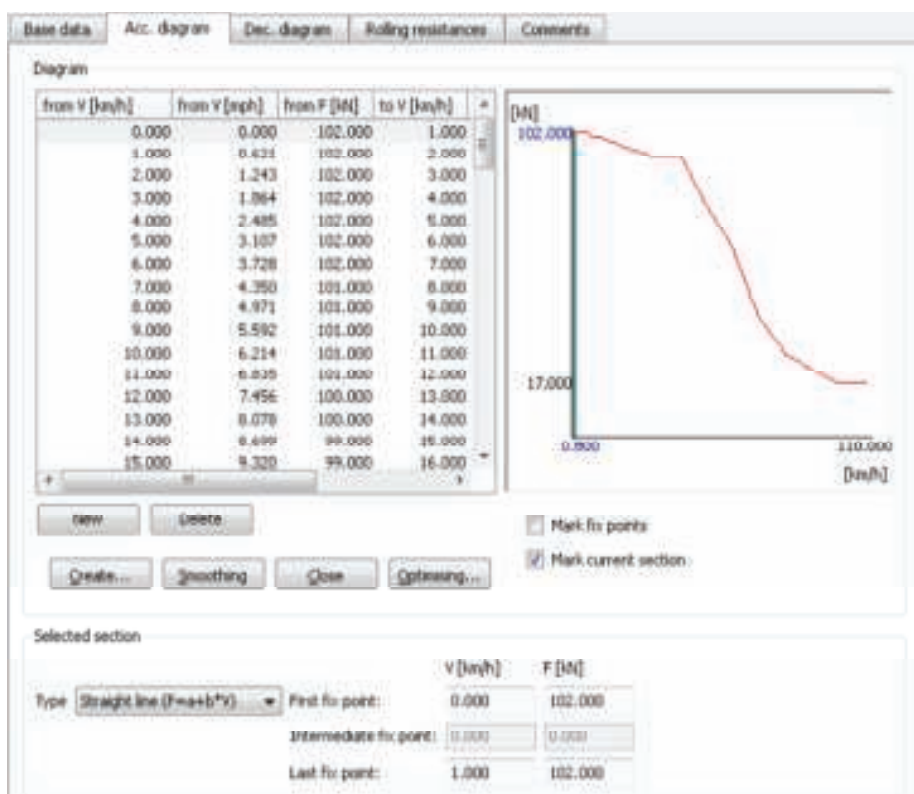
Pociągi były wprowadzone przy zachowaniu ogólnie założonych zasad. Dobę podzielono na przedziały godzinowe. Najbardziej newralgicznymi godzinami są godziny szczytu porannego między 6:00 a 9:00 oraz popołudniowe

go między 15:00 a 18:00. Pociągi były wprowadzone od mniej więcej godziny 5:00 do 23:00, czasem północy.

Główną zasadą przy generowaniu przebiegów był ruch prawostronny, ważna jest również zasada jak najmniejszych krzyżowań, rozumie się przez to puszczanie pociągów nie zatrzymujących się na stacji, w miarę możliwości,

| Parameter | Value |
|-------------------------|---------------|
| Name | EN57 |
| Traction unit type | electric |
| Type | Traction unit |
| Vmax [km/h] | 110 |
| Length [m] | 64.970 |
| Mass [t] | 126.500 |
| Adhesion mass [t] | 126.500 |
| Number of axes | 12 |
| Number of seats | 0 |
| Amount of standing room | 0 |

2. Przykładowe dane dotyczące taboru wprowadzone do programu RailSys
Źródło: RailSys



3. Przykładowy wykres zależności siły przyspieszającej od prędkości taboru wygenerowany w programie RailSys
Źródło: RailSys

jak najprostszą drogą wykluczającą przejazd przez rozjazdy, wciąż przy zachowaniu ruchu prawostronnego.

W wariantach 1. na całej długości wprowadzono prędkość 140 km/h, jednak nie wszędzie da się osiągnąć prędkość maksymalną (patrz: Tabela 2.).

W wariantach 2. oprócz zwiększenia

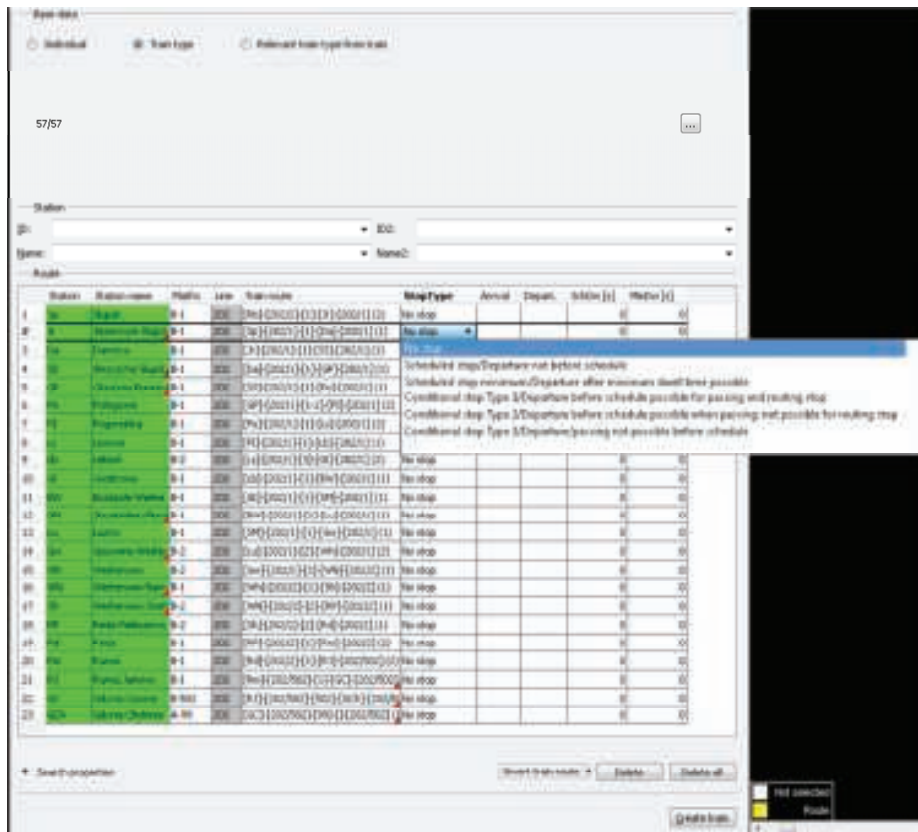
prędkości do 160 km/h, zmieniono także układ torowy. Na odcinku mniej więcej 6 pierwszych kilometrów zaproponowano dobudowanie 1 toru oraz dynamicznych mijanek (czyli drugiego toru pomiędzy stacjami mijankami) na łącznej długości prawie 40 kilometrów. Jednak i w tym przypadku nie wszędzie

udało się osiągnąć pożądaną prędkość maksymalną (patrz: Tabela 2.).

W wariantach 3. oprócz zwiększenia prędkości do 160 km/h, zmieniono także układ torowy. Jak w poprzednim wariantach na sześciokilometrowym odcinku zaproponowano dobudowanie 1 toru, dwóch na odcinku prawie 4 kilometrów, jednego na ponad czterdziestokilometrowym odcinku oraz dynamicznej mijanki na odcinku 15 kilometrów. W tym wariantach również nie wszędzie udało się osiągnąć prędkość maksymalną (patrz: Tabela 2.).

W wariantach 4. oprócz zwiększenia prędkości do 200 km/h, zmieniono także układ torowy. Jak w poprzednich wariantach na sześciokilometrowym odcinku zaproponowano dobudowanie 1 toru, dwóch na dwunastokilometrowym odcinku i jednego na ponad czterdziestokilometrowym odcinku oraz dynamicznej mijanki na odcinku 15 kilometrów.

W tym wariantach również nie wszędzie udało się osiągnąć prędkość maksymalną (patrz: Tabela 2.).



4. Przykładowe ustawianie rozkładu jazdy dla pociągu w programie RailSys z uwzględnieniem planowanych postojów, czasów przyjazdów oraz odjazdów.

Źródło: RailSys

Tab. 2. Wykaz prędkości maksymalnych dla poszczególnych wariantów

| W1 | | W2 | | W3 | | W4 | |
|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| Odcinek [km] | prędkość maksymalna [km/h] | Odcinek [km] | prędkość maksymalna [km/h] | Odcinek [km] | prędkość maksymalna [km/h] | Odcinek [km] | prędkość maksymalna [km/h] |
| 0.340 | 100 | 3.488 | 160 | 3.500 | 160 | 3.500 | 160 |
| 2.930 | 140 | 5.843 | 150 | 0.330 | 150 | 0.330 | 150 |
| 0.570 | 120 | 0.502 | 140 | 5.510 | 160 | 5.530 | 160 |
| 5.600 | 140 | 11.495 | 160 | 0.510 | 140 | 0.510 | 140 |
| 0.200 | 110 | 1.154 | 140 | 11.490 | 160 | 11.470 | 160 |
| 11.690 | 140 | 39.779 | 160 | 1.100 | 140 | 1.100 | 140 |
| 0.580 | 130 | 0.643 | 140 | 81.040 | 160 | 7.110 | 160 |
| 30.640 | 140 | 1.138 | 150 | 0.450 | 130 | 20.880 | 200 |
| 0.895 | 120 | 39.468 | 160 | 4.645 | 100 | 3.620 | 160 |
| 8.845 | 140 | 0.453 | 130 | | | 45.680 | 200 |
| 0.610 | 130 | 4.612 | 100 | | | 3.680 | 160 |
| 40.62 | 140 | | | | | 0.460 | 130 |
| 0.430 | 120 | | | | | 4.705 | 100 |
| 0.410 | 90 | | | | | | |
| 4.215 | 80 | | | | | | |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych po wprowadzeniu informacji do programu RailSys

Analiza otrzymanych wyników

Jak wspomniano wyżej, nie na całej długości przedmiotowego odcinka w poszczególnych wariantach została osiągnięta pożądana maksymalna prędkość. Zestawienie długości poszczególnych odcinków oraz maksymalnej osiągniętej na nich prędkości z podziałem na warianty przedstawia tabela 2.

Na podstawie tej tabeli widać, że tylko na niektórych odcinkach udało się osiągnąć maksymalną dla danego wariantu prędkość, na pozostałych była ona mniejsza, może to być spowodowane jazdą na kierunku zwrotny, rozjazdami czy zbyt krótkimi odstępami pomiędzy kolejnymi posterunkami, przez co pociąg nie jest w stanie rozpedzić się do pożądanego prędkości.

Dla porównania wariantów (tab. 3) oprócz wprowadzonego rozkładu jazdy, zasymulowano także przejazd tym samym taborem tych samych tras, bez zatrzymania, używając przebiegi charakterystyczne dla danego taboru. Taborem wykorzystanym do analiz porównawczych były elektryczne zespoły trakcyjne – EN57 oraz ED74 oraz autobus szynowy SA138.

Jak widać nie zawsze zwiększenie dozwolonej prędkości na linii skraca czas przejazdu. Jest to spowodowane tym, że w konkretnym przypadku trasa prowadząca dobudowanym torem może okazać się nieco dłuższa. W przypadku badania czasu pojedynczego przejazdu rzeczywiście może to skutkować nieznacznym wydłużeniem czasu przejazdu, jednak przy przejeździe kilku pociągów ułatwi mijanie się, szczególnie tych z przeciwnych kierunków, ponieważ każdy będzie miał swój tor i zapobiegnie to powstawaniu kolizji.

Nie da się wyciągnąć z programu konkretnej wartości mówiącej o przepustowości linii, dlatego dla zobrazowania wpływu wprowadzonych zmian w kolejnych wariantach na przepustowość linii wprowadzono w każdym z nich jak największą możliwą ilość pociągów EN57 przejeżdżających całą trasę bez zatrzymania zarówno od jednej jak i od drugiej strony. Zapasy przepustowości zostały wypełnione jak największą możliwą liczbą pociągów na odcinkach A i B (w obu kierunkach). Za odcinek A uznaje się odcinek o długości około 54 kilometrów liczony od początku (najniższego kilometrażu) badanego odcinka, a za odcinek B odcinek o długości około 18 kilometrów liczony od początku badanego odcinka. Zostało to przebadane dla jednej godziny (10:00 – 11:00). Otrzymane wyniki przedstawia tabela 4.

Jak widać, największą przepustowość zapewniają zmiany zaproponowane w wariantcie 4. Pokazuje to, że problematycznym odcinkiem jest ponad ośmiokilometrowy odcinek linii jednotorowej, bo dodanie tam dodatkowego toru w stosunku do W3 w W4 znacznie zwiększyło przepustowość. Co więcej pokazało to konieczność budowy długiej mijanki na odcinku jednotorowym od końca odcinka A. Pokazuje to dobitnie, że kluczowym czynnikiem przy podnoszeniu przepustowości linii jest nie zwiększanie prędkości, a dobudowa torów, szczególnie na długich odcinkach, na których nie ma możliwości minięcia się pociągów.

Podsumowanie

Na przepustowość linii wpływ ma wiele czynników. Istotnym jest przeanalizowanie możliwie największej ich ilości

Tab. 3. Porównanie wariantów

| Odcinek [km] | Wariant: | W1 | W2 | W3 | W4 |
|--------------|----------|--------------------------|---------|---------|---------|
| | tabor: | czas przejazdu [h:min:s] | | | |
| 5,68 | EN57 | 0:03:15 | 0:03:12 | 0:03:12 | 0:03:12 |
| | ED74 | 0:02:34 | 0:02:24 | 0:02:23 | 0:02:25 |
| | SA138 | 0:03:22 | 0:03:19 | 0:03:19 | 0:03:19 |
| 3,69 | EN57 | 0:02:01 | 0:01:55 | 0:01:54 | 0:01:54 |
| | ED74 | 0:01:36 | 0:01:24 | 0:01:25 | 0:01:25 |
| | SA138 | 0:02:05 | 0:01:58 | 0:01:59 | 0:01:59 |
| 8,46 | EN57 | 0:05:12 | 0:05:39 | 0:05:11 | 0:05:11 |
| | ED74 | 0:04:02 | 0:04:14 | 0:04:13 | 0:03:47 |
| | SA138 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 35,75 | EN57 | 0:20:42 | 0:20:51 | 0:20:41 | 0:20:41 |
| | ED74 | 0:16:02 | 0:15:07 | 0:15:03 | 0:15:12 |
| | SA138 | ----- | ----- | ----- | ----- |
| 51,43 | EN57 | 0:30:15 | 0:30:15 | 0:30:09 | 0:30:09 |
| | ED74 | 0:23:12 | 0:21:47 | 0:21:25 | 0:21:40 |
| | SA138 | ----- | ----- | ----- | ----- |

Źródło: opracowanie własne na podstawie rozkładu jazdy wprowadzonego do programu RailSys

Tab. 4. Porównanie godzinowej przepustowości w poszczególnych wariantach

| Wariant | W1 | W2 | W3 | W4 |
|-----------------------|---------------------|----|----|----|
| liczba par pociągów/h | cały badany odcinek | 2 | 3 | 4 |
| | odcinek A | - | - | 1 |
| | odcinek B | 6 | 8 | 2 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie symulacji wykonanych w programie RailSys

i ich wzajemnego wpływu na siebie. Takie analizy dokonywane przy użyciu nowoczesnych narzędzi dostępnych na rynku, jakimi są programy mikrosymulacyjne, ułatwi wybór najkorzystniejszego, także z punktu ekonomicznego, rozwiązania i dostosowania go do potrzeb rynku. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Rogowska M.: Wykorzystanie programu mikrosymulacyjnego do badania przepustowości linii kolejowej na przykładzie odcinka linii. Praca dyplomowa magisterska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015
- [2] Dąbrowa – Bajon M.: Podstawy Sterowania Ruchem Kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
- [3] Leksykon Terminów Kolejowych. Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2014.
- [4] RailSys User Manual 8.9. RMCon, Hannover, marzec 2013.
- [5] Institute of Transport, Railway Construction and Operation (IVE), Uni-

versity of Hanover, Germany. Handling of railway operation problems with RailSys.

- [6] M. Abril, F. Barber, L. Ingolotti, M.A. Salido, P. Tormos, A. Lova: An Assessment of Railway Capacity, Valencia, Spain.
- [7] Stanisław Cieślakowski: Materiały pomocnicze z przedmiotu Drogi i Stacje Kolejowe.
- [8] Basiewicz T.: Projektowanie linii kolejowych. Kraków 1982.
- [9] Towpik K.: Infrastruktura transportu kolejowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004
- [10] Bałuch M.: Podstawy Dróg Kolejowych. Wydawnictwo PR, Radom 2001.
- [11] Oleksiewicz Wojciech, Żurawski, Stanisław, Drogi Szynowe, Warszawa 2006
- [12] Białoń Andrzej, Gradowski Paweł, Gryglas Marta: Wpływ nowoczesnych urządzeń SRK na wzrost przepustowości linii kolejowej, Logistyka, styczeń 2013
- [13] Rudzianiec Marek: Przepustowość linii kolejowych w obrębie agłome-

racji – układy stacyjne, transport. info, grudzień 2014

[14] Wawrzyniak Adam: Urządzenia sterowania ruchem kolejowym na liniach dużych prędkości, Wiedza Techniczna, nr 2/2010

[15] Związek Niezależnych Przewoźników Kolejowych: Wąskie gardła na polskiej sieci kolejowej [raport z badań], Warszawa, maj 2012

[16] Network Rail, RMCon, RailSys Standards Release 3.0, czerwiec 2014

[17] Instrukcja Id-1 (D-1). Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, Warszawa 2005.

[18] Instrukcja Id 12 (D-29). Wykaz linii. Polskie Linie Kolejowe, Warszawa 2009.

[19] Instrukcja Ie-4 (WTB-E10). Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Polskie Linie Kolejowe, Warszawa 2014.

[20] Instrukcja Ir-1a o prowadzeniu ruchu pociągów z wykorzystaniem

systemu ERTMS/ETCS poziomu 1. Polskie Linie Kolejowe, Warszawa 2014.

[21] Instrukcja Ir-1 (R-1) o prowadzeniu ruchu pociągów. Polskie Linie Kolejowe, Warszawa 2008.

[22] Opracowania Transportowe dla Województwa Pomorskiego, Część I Analiza potrzeb transportowych mieszkańców województwa pomorskiego, w celu wskazania niezbędnych do realizacji inwestycji kolejowych w perspektywie finansowania 2014 -2020 wraz z częścią badawczą – Etap 1, Część B: Badawcza, Załącznik 3 Badania popytu na usługi przewozowe, Gdańsk, grudzień 2013 r.

[23] „Lista kryteriów do analizy wielokryterialnej wariantów inwestycyjnych” PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2014.

[24] Regulaminu przydzielania tras pociągów i korzystania z przy-

dzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy pociągów 2013/2014.

[25] Prezentacja: Hal Bransby, Rupert Dyer: Rail Operations and RailSys Training, lipiec 2013

[26] Prezentacja: Andrzej Toruń, Instytut Kolejnictwa: Wpływ systemu sterowania realizującego zasadę ruchomego odstępu blokowego na przepustowość linii kolejowej, czerwiec 2013

[27] <http://www.plk-inwestycje.pl>

[28] <http://www.ertms.com/>

[29] www.opentrack.ch

[30] wikipedia.org.pl

[31] <http://www.rmcon.de>

[32] <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-visum/functions>

[33] <http://taktici.cz/pl/mikrosimulace/>

REKLAMA

12. MIĘDZYNARODOWE TARGI KOLEJOWE

TRAKO

GDAŃSK
26-29.09.2017
amberexp^o

PATRONAT HONOROWY
MINISTER INFRASTRUKTURY I BUDOWNICTWA

GRUPA 

WWW.TRAKOTARGI.PL

WSPÓŁORGANIZACJA

BOMBARDIER
the evolution of mobility



KNORR-BREMSE



TINES



MEDCOM

WSPÓŁPRACA

