

## KONCEPCJA METODY LOKALIZACJI BALIS NA LINIACH WYPOSAŻONYCH W SYSTEM ETCS<sup>1</sup>

---

**Przemysław Ilczuk**

mgr inż. Politechnika Warszawska, Wydział Transportu,  
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, e-mail: przem.i@wp.pl

---

**Wiesław Zabłocki**

dr hab. inż. prof. nzw. PW, Politechnika Warszawska,  
Wydział Transportu, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa,  
tel. 22 234 5481, e-mail: zab@it.pw.edu.pl

---

*Streszczenie.* W publikacji przedstawiono problemy dotyczące lokalizacji balis na liniach wyposażonych w system ETCS. Przeprowadzono analizę literaturową oraz sformułowano problem zależności przepustowości linii od rozmieszczenia balis. Zaproponowano także metodę symulacyjnych badań komputerowych, które pozwolą określić optymalne rozmieszczenia balis dla zadanej linii kolejowej.

*Słowa kluczowe:* ruch kolejowy, przepustowość, sterowanie, system ETCS, balisa (transponder)

### 1. Wprowadzenie

Wprowadzenie Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ang. *European Railway Traffic Management System* - ERTMS) na polskich liniach kolejowych regulowane jest nowelizacją ustawy o transporcie kolejowym (Dz.U. z 2011 nr 230 poz. 1372). Nowelizacja ta wprowadza obowiązek wdrożenia systemu ERTMS na nowobudowanych i modernizowanych liniach kolejowych. Wprowadzenie ERTMS związane jest z potencjalnym podwyższeniem prędkości maksymalnej, ale również z koniecznością ustalenia nowych założeń ruchowych dla linii. Istotnym staje się zatem dobór właściwej długości odstępów blokowych, w celu zapewnienia bezpieczeństwa oraz odpowiedniej przepustowości i płynności ruchu.

W ramach systemu ERTMS zadania i funkcje sterowania obejmuje system ETCS (ang. *European Train Control System*), czyli Europejski System Sterowania Pociągami. Do podstawowych zadań ETCS należą:

- precyzyjne określenie granic zezwolenia na jazdę przy zadanej prędkości, generowane w oparciu o informacje stacyjnych i liniowych systemów sterowania,
- bezpieczna kontrola jazdy pociągów, z zastosowaniem wyposażenia pokładowego nadzorującego czuwanie i reakcję maszynisty,

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Ilczuk P. 50%, Zabłocki W. 50%

- zunifikowana, punktowa i cyfrowa transmisja tor – pojazd z zastosowaniem balis,
- podniesienie prędkości oraz przepustowości, dzięki precyzyjnym informacjom zezwolenia na jazdę oraz realizowanej zasadzie bezpiecznej kontroli jazdy.

System ETCS ze względu na zakres funkcji sterowania występuje w trzech rozwiązaniach technicznych. ETCS poziomu 1 (zwany dalej ETCS1) oparty jest o technologię „nakładania” na istniejące narodowe systemy sterowania ruchem. Zezwolenie na wjazd na odstęp blokowy wydawane jest za pośrednictwem balis, zaś kontrola ciągłości składu i lokalizacja pociągu oparta jest na kontrolowanych odcinkach torowych (np. klasyczne obwody torowe, układy licznikowe i inne rozwiązania). System ETCS1 może zawierać dodatkowe balisy zwane balisami uaktualniającymi, tworząc wersję ETCS1a. System ETCS poziomu 2 (ETCS2) wymaga wyposażenia linii w balisy oraz radiowe centra sterowania. ETCS2 pozwala na rezygnację z sygnalizacji przytorowej, ale zachowuje dotychczasowe istniejące odstępki blokowe. Zezwolenie na jazdę jest transmitowane za pośrednictwem GSM-R, zaś precyzyjna lokalizacja składu odbywa się za pośrednictwem balis. System ETCS poziomu 3 (ETCS3) realizuje funkcje sterowanie z zastosowaniem ruchomego odstepu blokowego.

Podstawowym urządzeniem zapewniającym punktową i cyfrową transmisję danych w systemie ETCS, niezależnie od wersji systemu jest balisa. Balisa jest rodzajem transpondera zasilanego wykorzystującym zjawisko sprzężenia indukcyjnego z efektem telepoweringu. W systemie ETCS1 stosuje się rozwiązanie zawierające dwie balisy, odpowiednio, balisę nieprzełączalną, przekazującą stałe informacje i balisę przełączalną przekazującą zmienne informacje. Balisa stała przekazuje m. in. informacje o współrzędnych swojego położenia oraz o odległości do kolejnej balisy. Balisa przełączalna poprzez koder powiązana jest z sygnalizatorem przytorowym i przekazuje zezwolenie na jazdę zależnie od wskazania sygnalizatora. Celem niniejszej publikacji jest prezentacja problematyki lokalizacji balis w systemie ETCS1.

## 2. Problemy lokalizacji balis. Sformułowanie problemu

W przypadku transportu kolejowego w Polsce przykładem wdrażania systemu ETCS1 jest Centralna Magistrala Kolejowa (CMK). Wdrażany system ETCS1 jest systemem tzw. ograniczonego nadzoru (ang. *Limited Supervision*). Oznacza to, iż balisy rozmieszczane są najczęściej w ścisłym sąsiedztwie urządzeń srk, bez zastosowania tzw. balis uaktualniających. Przy sygnalizatorach świetlnych wjazdowych, wyjazdowych i drogowskazowych: balisa nieprzełączalna umieszczana jest w odległości 11 m przed sygnalizatorem, przełączalna - w odległości 8 m. W wyjątkowych przypadkach balisa przełączalna może być umieszczona w odległości nie mniejszej niż 1,3 m przed sygnalizatorem. W przypadku linii wyposażonych

w urządzenia blokady samoczynnej, gdy odległość między dwoma następującymi po sobie sygnalizatorami drogowskazowymi przekracza 2500 m, umieszcza się między nimi balisy potwierdzające lokalizację (ang. *relocating*) [8]. Z kolei minimalna odległość między kolejnymi semaforami powinna być większa lub równa długości drogi hamowania.

W przypadku przejazdów kolejowo-drogowych kategorii A, B, C grupa balis powiązana jest z tarczą ostrzegawczą przejazdową (TOP), informującą o stanie przejazdu i ewentualnym wprowadzeniu ograniczenia prędkości. Kolejna grupa balis umieszczana jest w punkcie wyjazdu z obszaru przejazdu [8]. Dopuszcza się także umieszczanie pojedynczych balis w rozjeździe w strefie zwrotnicowej (na wysokości ukresu) oraz przy wskaźniku oznaczającym granicę obszaru manewrowania [8].

Wprowadzając czasowe ograniczenia prędkości, balisy przełączalne umieszcza się w odległości nie mniejszej niż droga hamowania dla obowiązującej prędkości maksymalnej oraz klasy taboru poruszającego się po linii. Długości dróg hamowania, jakie przyjmuje się w projektowaniu urządzeń srk, opublikowano m. in. w [4, 6 i 9]. Zestawienie tych długości przedstawia tab. 1. (wartości te odnoszą się do zerowego pochylenia toru).

*Tabela 1. Drogi hamowania przyjęte do projektowania urządzeń srk*

<i>Prędkość [km/h]</i>	<i>Droga hamowania [m]</i>
40	250
60	500
100	700
120	1000
140	1300
160	1600
180	2184
200	2683
220	3235

*Źródło: opracowanie własne na podstawie {4, 6, 9})*

Badania wpływu lokalizacji balis na przepustowość zostały opisane między innymi w [10]. Przeprowadzono analizę wpływu rozmieszczenia grupy balis przy sygnalizatorze oraz jednej balisy uaktualniającej w odległości 400 m od sygnalizatora. Analiza ta wykazała, w stosunku do linii wyposażonych w system ETCS1 bez uaktualnienia, dla linii dużych prędkości wzrost przepustowości o 3,3%, a dla linii konwencjonalnych o 1,6%. Analiza nie była prowadzona dla linii regionalnych. Nie wskazano też uzasadnienia lokalizacji balisy uaktualniającej.

W pracach [3, 7] zaleca się, aby balisy uaktualniające instalować przed lub w punkcie inicjacji hamowania IP (ang. *Indication Point*). Punkt ten wyznacza początek procesu hamowania, po minięciu którego interfejs maszynisty zmienia kolor z zielonego na żółty. Niestety punkt ten, dla każdego pociągu (tj. o różnych charakterystykach trakcyjnych) zlokalizowany jest w innym miejscu. Problem ten staje się istotny, gdy linia będzie obsługiwać ruch mieszany. W przypadku ruchu

pociągów jednorodnych, balisy uaktualniające powinny być umieszczane w punkcie inicjacji hamowania.

W pracy [3] opisano badania przepustowości dla okręgów stacyjnych w Monachium oraz w Bern. Przeprowadzono analizę przepustowości dla następujących wariantów rozmieszczenia balis (ETCS1):

- A - jedna balisa uaktualniająca umieszczona w punkcie inicjacji hamowania (IP) dla najgorzej hamującego pociągu;
- B - dwie balisy uaktualniające: jedna umieszczona w odległości najdalszego IP, druga w odległości będącej średnią ze wszystkich odległości IP;
- C - dwie balisy uaktualniające: jedna umieszczona w odległości najdalszego IP, druga w odległości będącej średnią ze wszystkich odległości IP;
- D - dwie balisy uaktualniające: jedna umieszczona w odległości najdalszego IP, druga w odległości będącej średnią ze wszystkich odległości IP. Dodatkowo zoptymalizowano długości odstępów blokowych oraz wyposażono w długie pętla uaktualniające – 2 km;
- E - dwie balisy uaktualniające: jedna umieszczona w odległości najdalszego IP, druga w odległości będącej średnią ze wszystkich odległości IP. Dodatkowo zoptymalizowano długości odstępów blokowych oraz wyposażono w radiowe uaktualnienie;
- F - ETCS1 z ograniczonym nadzorem.

W przypadkach A, B, D i E nie stosowano samoczynnego hamowania służbowego (SBI).

Do analizy przepustowości zastosowano oprogramowanie LUKAS<sup>2</sup>. Program ten wylicza krzywe hamowania według metody opisanej w [1]. Wyniki przedstawiono w tab. 2. Za punkt odniesienia przyjęto przepustowość otrzymaną z wariantu A.

*Tabela 2. Drogi hamowania przyjęte do projektowania urządzeń srk*

<i>Wariant rozmieszczenia balis</i>	<i>Przepustowość okręgu stacyjnego München Hbf [%]</i>	<i>Przepustowość okręgu stacyjnego Bern HB [%]</i>
A	100,0%	100,0%
B	101,7%	102,2%
C	97,5%	95,7%
D	102,7%	104,9%
E	102,6%	105,3%
F	99,8%	96,2%

*Źródło: opracowanie własne na podstawie {3})*

Przedstawione wyniki badań (tab. 1. i tab. 2.) uzasadniają konieczność indywidualnej analizy rozmieszczenia balis dla każdej linii. Nie wskazano uniwersalnej lokalizacji balis uaktualniających. W symulacjach nie uwzględniono funkcjonowania klasycznych urządzeń srk. Zatem problem poszukiwania metody pozwalającej na dobór rozmieszczenia balis, w celu osiągnięcia założonej przepustowości staje się jak najbardziej aktualny. Problem ten może zostać także sformułowany na-

<sup>2</sup> *Leistungsuntersuchung Knoten und Strecken*, opracowane w Instytucie Transportu Uniwersytetu w Aachen.

stępująco: jaka lokalizacja balis uaktualniających umożliwi uzyskanie największej przepustowości, jak również jaka jest dopuszczalna tolerancja współrzędnych lokalizacji balis? Kolejne rozwinięcia problemu badawczego można sformułować następująco. Czy sztywne rozmieszczenie balis zapewnia optymalną przepustowość drogi kolejowej z uwagi na techniczne możliwości tej drogi? Jak ustalić współrzędne balis, gdy na szlaku punkt lokalizacji balisy znajduje się na łuku lub też „wchodzi” w kolizję z innymi urządzeniami torowymi i trakcyjnymi? Jak zmieni się przepustowość linii po zastosowaniu dodatkowych balis uaktualniających na linii z ETCS1a?

### 3. Koncepcja metody

Do wyznaczenia lokalizacji balis na linii wyposażonej w system ETCS1 zaproponowano metodę symulacji komputerowej. Model symulacyjny jest złożeniem następujących modeli cząstkowych odwzorowujących:

- linię kolejową stanowiącą uporządkowany zbiór odcinków blokowych o określonych długościach, dopuszczalnych prędkościach, pochyleniach zastępczych i łukach,
- pociąg jako bryłę sztywną o określonej długości i masie,
- ruch pociągu (pociągów) na szlaku, na podstawie charakterystyk trakcyjnych – krzywe przyspieszania i hamowania,
- organizację ruchu pociągów uwzględniającą reprezentatywne typy pociągów o różnych krzywych przyspieszania i hamowania dla każdego z zadanych typów.

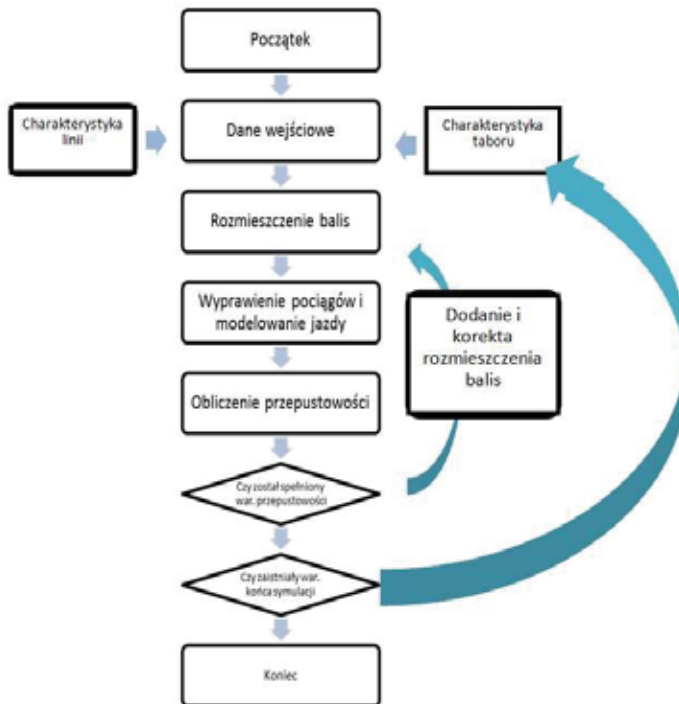
Dokonana zostanie także analiza przypadków, w którym na tej samej linii poruszają się pociągi wyposażone i niewyposażone w system ETCS.

Podstawowym narzędziem, które zastosowano do opracowania modelu jest zorientowane problemowo środowisko MATLAB. Przedstawiona metoda pozwoli na wyznaczenie wpływu lokalizacji balis na przepustowość, jak również wpływu prędkości maksymalnej oraz sposobu prowadzenia pociągu na przepustowość dla różnych wariantów rozmieszczenia balis, zgodnie ze sformułowanymi w rozdziale 2 problemami badawczymi.

Jako punkt wyjściowy do badań symulacyjnych przyjmuje się, że dla linii wyposażonej w system ETCS1 zostaną rozmieszczone dwuelementowe grupy balis zapewniające bezpieczne prowadzenie ruchu, przy największej założonej prędkości. Następnie, w pierwszej kolejności, zostanie wyznaczona przepustowość linii dla określonego jednorodnego ruchu pociągów o zadanych charakterystykach trakcyjnych. W dalszej kolejności zostaną wyznaczone wartości przepustowości przy mieszanym ruchu pociągów. Odrębnym zagadnieniem będą badania przepustowości przy rozmieszczeniu balis i semaforów odpowiadającym większym prędkościom niż prędkość dopuszczalna. Program badań symulacyjnych obejmie także badania przepustowości dla linii wyposażonej w system ETCS1a, tj. z balisami uaktualnia-

jącymi. Celem tych badań będzie poszukiwanie położenia balis uaktualniających zapewniających uzyskanie przepustowości wyższej niż przepustowość przy zastosowaniu systemu ETCS1.

Ogólny algorytm według, którego będą realizowane badania symulacyjne przedstawia rys. 1. Analiza wyników badań pozwoli określić punkty lokalizacji balis. Poszukiwania suboptymalnego rozmieszczenia balis uaktualniających rozpoczyna się od przygotowania zbioru długości dróg hamowania reprezentatywnych dla danej klasy taboru i prędkości dopuszczalnej na linii.



Rys. 1. Algorytm poszukiwania suboptymalnego rozmieszczenia balis

Wyznaczenie długości drogi hamowania opiera się na wytycznych Europejskiej Agencji Kolejowej. Wytyczne te uwzględniają następujące punkty charakterystyczne:

- I - wskazanie (ang. *Indication*), oznacza punkt sygnalizujący maszyniście zbliżanie się do prędkości dopuszczalnej. Pozostawia maszyniście wystarczający zapas czasu, aby stosując hamowanie służbowe, nie została przekroczona prędkość dopuszczalna. Bez wskazania punktu I nie byłoby możliwe przejście od maksymalnej prędkości dopuszczalnej do prędkości docelowej, bez przekraczania prędkości dopuszczalnej.
- P – prędkość dopuszczalna (ang. *Permitted Speed*), oznacza wartość prędkości po przekroczeniu której maszynista ma dość czasu, aby stosując hamowanie służbowe, nie została przekroczona prędkość, kiedy pokładowy system ETCS przejmie kontrolę na układem hamulcowym.

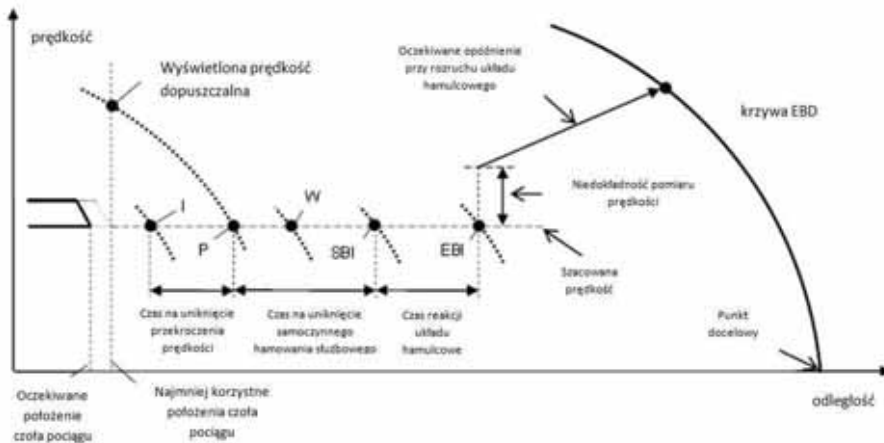
W – ostrzeżenie, (ang. *Warning*), punkt po przekroczeniu, którego nadawane jest ostrzeżenie dźwiękowe o przekroczeniu prędkości dopuszczalnej.

SBI – interwencja hamulca służbowego (ang. *Service Brake Intervention*), wartość prędkości istotna w przypadku, gdy komputer pokładowy posiada możliwość sterowania hamulcem służbowym. Jest to punkt kiedy zadziałanie hamulcem służbowym, uwzględniając czas potrzebny na uzyskanie maksymalnej sprawności, zapobiegnie konieczności użycia hamulca awaryjnego. Stosowanie punktu SBI jest fakultatywne i zapobiega zbyt częstemu używaniu hamulca awaryjnego.

EBI – interwencja hamulcem awaryjnym (ang. *Emergency Brake Intervention*), punkt po przekroczeniu którego komputer pokładowy ETCS przejmuje kontrolę nad układem hamulcowym, załączając hamowanie awaryjne.

EBD - krzywa hamowania awaryjnego (ang. *Emergency Brake Deceleration Curve*) odwzorowuje zmianę prędkości w funkcji drogi pod wpływem hamowania awaryjnego.

Proces hamowania pociągu z pojazdem trakcyjnym wyposażonym w system ETCS został przedstawiony na rys. 2. Rysunek wskazuje także charakterystyczne wartości prędkości, tj. szczególne punkty charakterystyk hamowania.



Rys. 2. Charakterystyczne punkty w procesie hamowania pociągu wyposażonego w system ETCS

Wyznaczenie położenia powyższych charakterystycznych punktów względem końca zezwolenia na jazdę (ang. *end of authority*) odbywa się za pomocą (1):

$$s = \sum_{k=1}^{v_{max}} k_1 \cdot k_2 \cdot \alpha(\lambda, n) \cdot (v_1^2 - v_2^2) + k_3 \cdot T(L) \cdot v_{max} \cdot \alpha + T_1 \cdot v_{max} \cdot \alpha + T_2 \cdot v_{max} \cdot \alpha + T_3 \cdot v_{max} \cdot \alpha \quad (1)$$

gdzie:

$s$  – droga hamowania [m],

$v_{max}$  – prędkość początkowa [m/s],

$\alpha$  – współczynnik niedokładności alfa pomiaru prędkości,

$a(\lambda, n)$  – opóźnienie zależne od  $\lambda$ -tej masy hamującej oraz  $n$ -tego przedziału prędkości,

$v_1, v_2$  – wartości przedziału zmiany (zmniejszania) prędkości od  $v_1$  do  $v_2$

$k_1$  – zintegrowany współczynnik korekcyjny długości pociągu,

$k_2$  – zintegrowany współczynnik korekcyjny prędkości pociągu,

$k_3$  – zintegrowany współczynnik korekcyjny czasu wdrażania hamowania nagłego,

$T(L)$  – czas wdrażania hamowania nagłego, dla  $L$ -tej długości pociągu,

$T_1$  – czas poprzedzający wdrożenie hamowania nagłego, wyznaczający punkt W,

$T_2$  – czas poprzedzający wdrożenie hamowania nagłego, wyznaczający punkt P,

$T_3$  – czas zbliżania do punktu P, wyznaczający punkt I.

Poszukiwanie optymalnego rozmieszczenia balis uaktualniających rozpoczyna się od zlokalizowania balis w odległości najdłuższej lub najkrótszej drogi hamowania. Warto także rozważyć odległość widoczności semafora. Dążąc do zwiększenia przepustowości należy także dodatkowo zmniejszyć długości odstępów blokowych.

Przy wyliczaniu przepustowości autorzy artykułu proponują zastosowanie modyfikacji metody przedstawionej w karcie UIC 406 [5]. Karta UIC 406 wprowadza tzw. „miękką” definicję przepustowości. Przepustowość jest sumą przejazdów pociągowych możliwych do zrealizowania w założonym czasie w określonym fragmencie sieci kolejowej, uwzględniającą obowiązujące rozkłady jazdy oraz wymagania ruchowe zarządcy infrastruktury. Metoda przedstawiona w karcie UIC 406, oparta jest o blokowe sekwencje czasowe. Każdemu z pociągów i każdemu odcinkowi blokowemu w rozpatrywanym rozkładzie jazdy przyporządkowuje się tzw. „blok czasowy”, na który składają się przedziały czasów:

- formowania i utwierdzenia przebiegu,
- reakcji maszynisty,
- przejazdu odcinka od zauważenia sygnału do najbliższego sygnalizatora,
- przejazdu odcinka między dwoma semaforami,
- opuszczenia odcinka blokowego przez pociąg i rozwiązania przebiegu.

W przypadku badania przepustowości linii wyposażonych w system ETCS należy uwzględnić, że czas reakcji maszynisty jest zawarty w krzywej hamowania, zatem nie stanowi on składowej czasu blokowania. Konieczne jest natomiast uwzględnienie zwłoki na transmisję z balisy do pojazdu. Powstałe bloki czasowe układa się tak, by zmaksymalizować wykorzystanie przepustowości linii. W ten sposób dla badanej linii otrzymuje się minimalny teoretyczny czas zajętości linii, czas zapasu technicznego oraz czas niewykorzystany. W opracowywanej metodzie symulacji komputerowej przejazdy rozkładowych zostaną zastąpione przejazdami symulowanymi.



#### 4. Przykładowe wyniki badań i wnioski końcowe

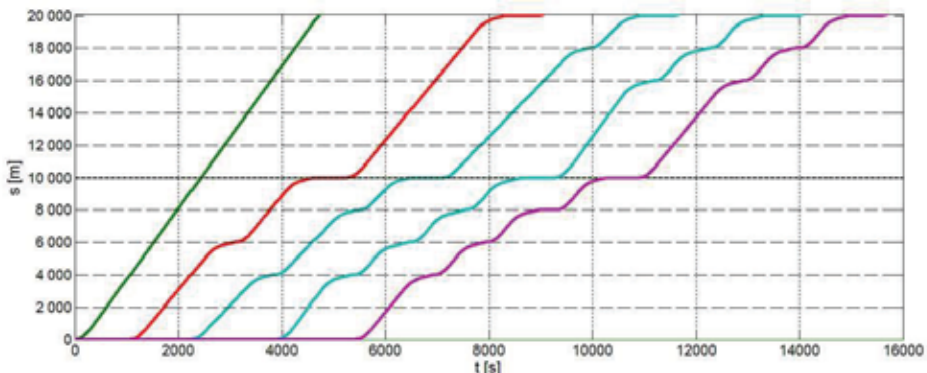
Przykładowe wyniki badań symulacyjnych dotyczą odcinka dwudziestokilometrowej linii bez pochyłeń, łuków i ograniczeń prędkości. W odległości 10 km od początku linii zlokalizowano przystanek osobowy o jednej krawędzi czynnej. Zestawienie parametrów pięciu pociągów, dla których przeprowadzono eksperymenty symulacyjne zawiera tab. 3.

Tabela 3. Zestawienie parametrów pociągów

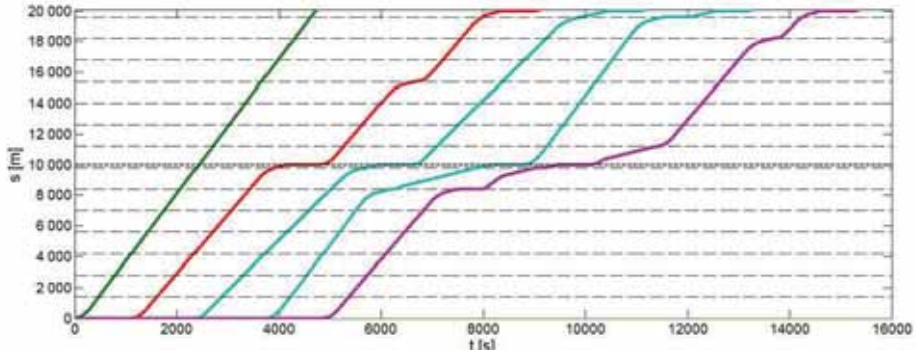
Pociąg nr	1	2	3	4	5
Procent masy hamownej [%]	145	145	145	145	145
Długość [m]	150	120	150	150	120
Sposób hamowania	według krzywej P (rys. 2.)				
$v_{max}$ [km/h]	160	140	120	160	140
Siła trakcyjna [kN]	300	300	300	300	300

- Do eksperymentów przyjęto 6 następujących wariantów rozmieszczenia balis:
- I. balisy umieszczone w równych odcinkach, przy semaforach – co 2000 m,
  - II. balisy umieszczone w równych odcinkach, przy semaforach – co 1400 m,
  - III. balisy umieszczone co 1400 m, z dodatkowymi balisami uaktualniającymi, zlokalizowanymi w odległości 400 m od semafora,
  - IV. balisy umieszczone co 1400 m, z dodatkowymi balisami uaktualniającymi, zlokalizowanymi w odległości widoczności projektowej – 533 m przed semaforem,
  - V. balisy umieszczone co 1400 m, z dodatkowymi balisami uaktualniającymi, zlokalizowanymi w odległości najdłuższej drogi hamowania – 1042 m przed semaforem,
  - VI. balisy umieszczone co 1400 m oraz modelowano pociągi niewyposażone w system ETCS.

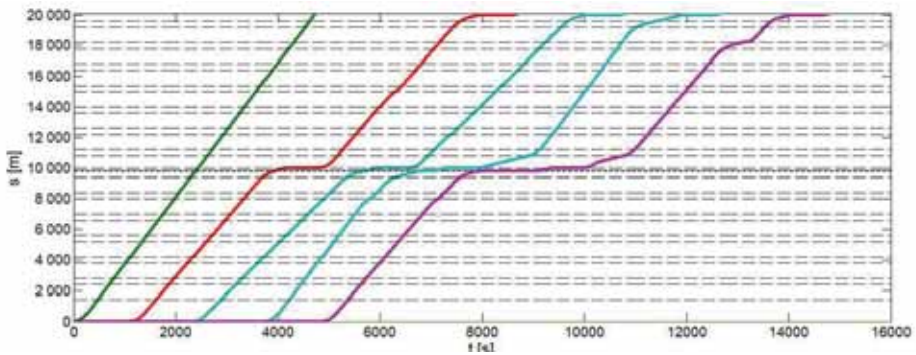
W wyniku przeprowadzonych symulacji otrzymano charakterystyki przebiegu drogi w funkcji czasu, które przedstawiono na rys. 3-8.



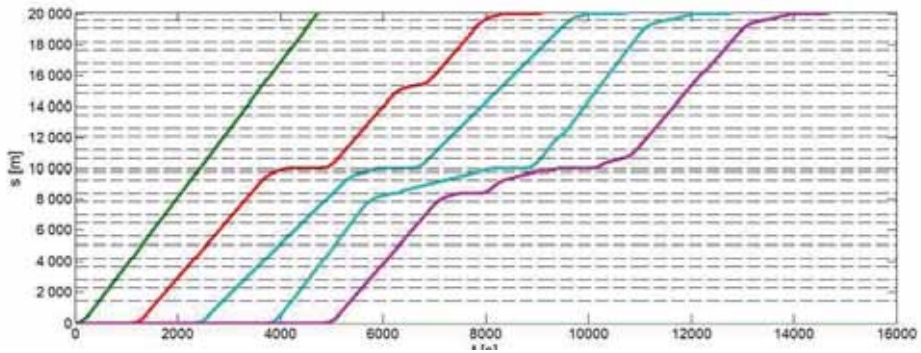
Rys. 3. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu I



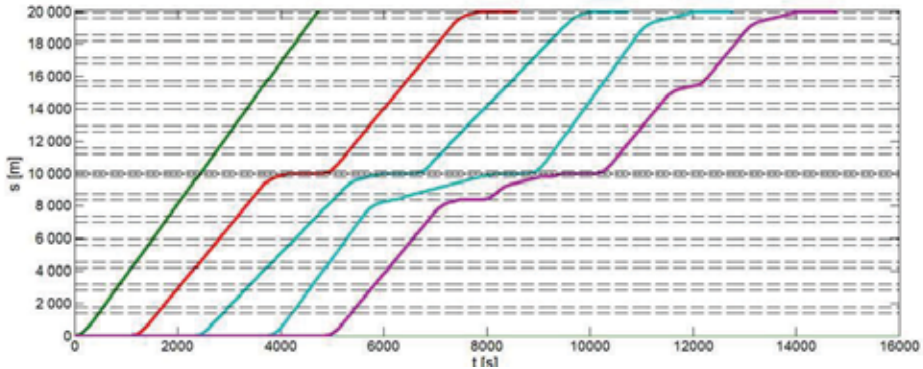
Rys. 4. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu II



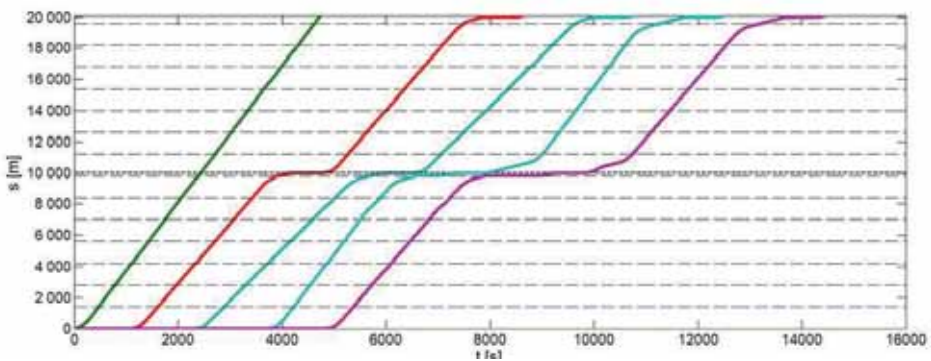
Rys. 5. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu III



Rys. 6. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu IV



Rys. 7. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu V



Rys. 8. Przebieg drogi w funkcji czasu dla wariantu VI

Wyliczony minimalny teoretyczny czas zajęcia linii dla każdego z wariantów przedstawiono w tab. 4.

Tabela 4. Wyniki symulacji

Długość odcinka / rozmieszczenie balis uaktualniających [m]	Minimalny teoretyczny czas blokowania linii [s]
2000	1543
1400	1509
1400/400	1452
1400/533	1443
1400/1042	1452
1400 – brak ETCS	1416

W badaniach przyjęto prosty odcinek linii oraz pociągi z jednorodnej grupy pociągów pasażerskich. Przyjęcie takich warunków symulacji miało na celu wyeliminowanie zakłóceń ruchu, powodowanych czynnikami zewnętrznymi. Pozwoliło to na uwidocznienie wpływu lokalizacji balis na czas blokowania linii, a co za tym idzie jej przepustowość. Symulacja wykazała istnienie zależności między lokalizacją balis uaktualniających a przepustowością linii. Przewiduje się, iż w przypadku bardziej zróżnicowanego układu linii oraz ruchu niejednorodnego, wpływ lokalizacji

balis na przepustowość będzie się zwiększał. Jest to istotny czynnik przy projektowaniu nowobudowanych lub modernizowanych linii kolejowych. Zastosowanie opisanej metody pozwoli zaprojektować taką lokalizację balis, aby uzyskać najlepsze parametry użytkowe linii.

## Literatura

- [1] [EEIG: 97E881] Description of the brake curve calculation. Ref. EEIG-ERTMS: 97E881 version 5D, 2/7/2001.
- [2] Ie-4 (WTB-E10), Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym z dnia 09.09.1996. Zarządzenie Zarządu PKP PLK S.A. nr 43/2996.
- [3] International Union of Railway (UIC), Influence of the European Train Control System ETCS on the capacity of nodes, ver. 1.1, Paris 2010.
- [4] Ir-1a, Tymczasowa instrukcja prowadzenia ruchu pociągów z wykorzystaniem systemu ETCS poziomu 1 Ir-1a. Załącznik do zarządzenia Nr 23/2011 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 lipca 2011 r.
- [5] International Union of Railway (UIC), UIC Leaflet 406: Capacity 1st Edition 2004.
- [6] Instrukcja WTB - E10 Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym w przedsiębiorstwie Polskie Koleje Państwowe.
- [7] Introduction to ETCS braking curves. Ref. ERA\_ERTMS\_040026, ver. 1.1, ERA ERTMS UNIT, 21.06.2011.
- [8] Jeziorski J., Projekt rozmieszczenia balis na linii CMK i metoda ich programowania. Praca inżynierska, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej.
- [9] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lutego 2011 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji.
- [10] Verkehrswissenschaftliches Institut – Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, International Union of Railways (UIC), ERTMS Platform, Infrastructure Department, Influence of ETCS on the line capacity, Paris 2008.