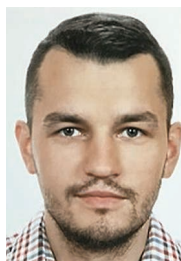


Sprawdzenia funkcjonalne działania prototypów eurobalis w warunkach rzeczywistych

Functional examination of the Eurobalise prototypes operation under environmental conditions



Dominik Adamski

Mgr inż.

Instytut Kolejnictwa, Warszawa

dadamski@ikolej.pl



Łukasz Zawadka

Mgr inż.

Instytut Kolejnictwa, Warszawa

lzawadka@ikolej.pl

Streszczenie: Proces wprowadzenia do obrotu przytorowych składników interoperacyjności jest złożony i wymaga przeprowadzenia licznych sprawdzeń. Bardzo ważnym aspektem są testy konkretnego składnika w środowisku laboratoryjnym jak i rzeczywistym. Artykuł opisuje testy funkcjonalne prototypów eurobalis wykonane w rzeczywistych warunkach na Okręgu Doświadczalnym Instytutu Kolejnictwa w Żmigródzie. W pierwszej części artykułu przedstawiono podstawowe zagadnienia oraz akty prawne związane z tematyką eurobalis oraz scharakteryzowano instalację przytorową Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami – ETCS zabudowaną na poligonie badawczym, który został wybrany do przeprowadzenia testów. Następnie przedstawiono metodykę realizacji sprawdzeń funkcjonalnych oraz harmonogram prób na podstawie, którego weryfikowano poprawność wysyłania telegramów z prototypowych eurobalis do pojazdu wykorzystywanego przy realizacji przedmiotowych badań. W końcowej części artykułu zawarto wnioski z przeprowadzonych prób.

Słowa kluczowe: ETCS; Eurobalisa; Testy funkcjonalne; TSI CCS

Abstract: The process of placing trackside interoperability constituents on the market is complex and requires numerous checks. A very important aspect is testing a specific constituent in a laboratory and real environment. The article describes functional tests of Eurobalise prototypes performed in environmental conditions on the Railway Research Institute test track center in Żmigród. The first part of the article presents the basic issues and legal acts related to the subject of Eurobalises and characterizes the trackside installation of the European Train Control System - ETCS installed on the research site that was selected for testing. Second part presents the methodology for carrying out functional checks and the test schedule, based on which the correctness of sending telegrams from the prototype Eurobalises to the vehicle during the tests was verified. The final part of the article contains conclusions from the performed tests.

Keywords: ETCS; Eurobalise; Functional tests; TSI CCS

Wstęp

Eurobalisy, są to urządzenia montowane w osi toru, przesyłające dane do pokładowych urządzeń ETCS (ang. *European Train Control System*) w postaci telegramów zgodnych z określonymi wymaganiami [4,5,6]. Rozróżnia się eurobalisy nieprzełączalne – przesyłające telegramy stałe oraz eurobalisy przełączalne, które transmitują dodatkowo telegramy zmienne, pochodzące z urządzeń sterowania ruchem kolejowym (np. semafor stacyjny) za pośrednictwem koderu LEU (ang. *Line-side Electronic Unit*).

Eurobalisa, jako składnik interoperacyjności należący do podsystemu

„Sterowanie – urządzenia przytorowe”, podlega ocenie zgodności z odpowiednimi przepisami, przy zastosowaniu właściwej procedury oceny. Głównym dokumentem charakteryzującym te procedury oraz określającym zasadnicze wymagania dla eurobalisy jest Rozporządzenie Wykonawcze Komisji(UE) 2023/1695 w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w UE i uchylające rozporządzenie (UE) 2016/919 z dnia 10.08.2023r. (tzw. TSI „Sterowanie”) [4]. Analizując zapisy niniejszego dokumentu można zauważyć, iż istotnym aspektem w procesie oceny zgodności przytorowych składników inte-

roperacyjności, jest sprawdzenie czy dany składnik funkcjonuje prawidłowo w warunkach środowiskowych, do których został zaprojektowany. Zatem wymaganie to determinuje potrzebę przeprowadzenia testów dla określonych kryteriów na wybranym poligonie badawczym.

Instytut Kolejnictwa posiada własny tor badawczy, który z uwagi na swoją wysoką dostępność oraz zabudowaną na nim infrastrukturę stwarza odpowiednie warunki do organizacji i wykonania szerokiego zakresu sprawdzeń funkcjonalnych urządzeń lub całych obiektów eksploatowanych na kolei [3]. Dlatego też w porozumieniu z producentem prototypów eurobalis

postanowiono przetestować funkcjonalnie ich działanie w warunkach rzeczywistych na torze Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie.

Opis poligonu badawczego

Jak wspomniano na wstępie niniejszego artykułu ze względów techniczno-organizacyjnych na poligonie badawczym wytypowano tor doświadczalny IK w Żmigrodzie, który wyposażony jest w system ETCS poziomu 1 typu ALTRAC 6413, produkcji Thales o strukturze scentralizowanej (kodery zabudowane w jednym pomieszczeniu - kontenerze). System ten jest

zgodny ze Specyfikacją Wymagań Funkcjonalnych ERA/ERTMS/003204 ERTMS/ETCS FRS wersja 5.0 i Specyfikacją Wymagań Systemowych UNISIG SUBSET-026 wersja 2.3.0d. Ponadto na torze stacyjnym nr 1 zainstalowane są eurobalisy zgodne ze Specyfikacją Wymagań Systemowych UNISIG SUBSET-026 wersja 3.4.0 [1, 2, 7]

Zasadniczymi urządzeniami systemu ETCS poziomu 1 na poligonie badawczym są:

- eurobalisy przełączalne typu CBC 2010,
- eurobalisy nieprzełączalne typu CBF 2010,
- kodery LEU typu PV 3.5,

- symulator sygnałów typu ETCS-L1_IK.

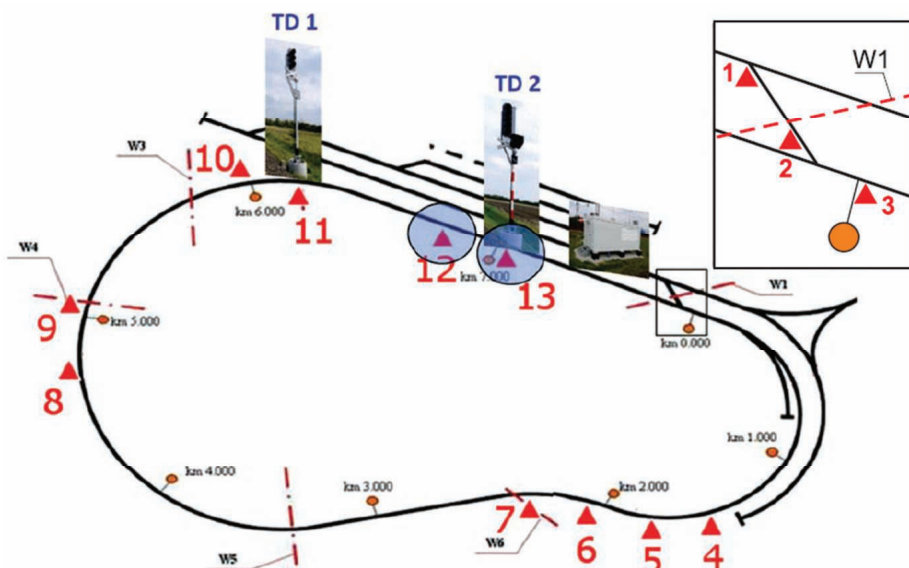
Telegramy z systemu ETCS na torze IK wysyłane są do pojazdów za pośrednictwem 13 grup eurobalis. Na rysunku 1 grupy te oznaczono kolejnymi numerami przypisanymi do czerwonych trójkątów. Jako TD 1 oznaczono poglądowe usytuowanie trzykomorowego semafora samoczynnej blokady liniowej ze wskaźnikiem W18 a jako TD2, umiejscowienie semafora stacyjnego (pięciokomorowego z podwójnym pasem i wskaźnikiem W24). Dodatkowo, polem koloru niebieskiego, wyróżniono lokalizacje grup eurobalis (12 i 13) wybranych do przeprowadzenia testów.

Metodyka realizacji sprawdzeń funkcjonalnych prototypów eurobalis

Po przeanalizowaniu konfiguracji poszczególnych grup eurobalis zainstalowanych na poligonie badawczym, na potrzeby testów wytypowano dwie grupy eurobalis:

- grupa 12, składająca się z jednej eurobalisy przełączalnej, która pełni funkcję uaktualnienia informacji (infill) zobrazonej na semaforze stacyjnym TD2,
 - grupa 13, składająca się z dwóch eurobalis: nieprzełączalnej (strukturę telegramu wysyłanego przez tę eurobalisę pokazano w tabeli 1) oraz przełączalnej, powiązanej ze wskazaniem zobrazowanymi na semaforze stacyjnym TD2.
- Wybór ten był głównie uwarunkowany specyfiką wysyłanych przez nie telegramów (wartości zmiennych konkretnych pakietów) do pokładowych urządzeń systemu ETCS oraz ich dostępnością pod względem logistycznym. Zawartość pakietów wymienionych grup eurobalis skopiowano i wgrano za pomocą specjalnego urządzenia programującego, tzw. programatora do testowanych eurobalis (rys. 2).

W tabeli 1 przedstawiono wartości zmiennych, które są przypisane tele-



1. Poglądowy plan usytuowania eurobalis na torze doświadczalnym IK w Żmigrodzie [opracowanie własne]



2. Programator eurobalis [fot. Autorzy]

Tab. 1. Wartości zmiennych i ich interpretacja w telegramie eurobalisy nieprzełączalnej z grupy 13 [opracowanie własne]

Nagłówek eurobalisy			Profil trasy (21)		
Nazwa zmiennej	Wartość zmiennej	Interpretacja wartości zmiennej	Nazwa zmiennej	Wartość zmiennej	Interpretacja wartości zmiennej
Q_UPDOWN	1	Up link telegram	NID_PACKET	21	21
M_VERSION	16	Class 1, version 1.0	Q_DIR	1	Nominal
Q_MEDIA	0	Balise	L_PACKET	150	150 bit
N_PIG	0	I am the 1st	Q_SCALE	1	1 m
N_TOTAL	1	2 balises in group	D_GRADIENT	0	0.0000 km
M_DUP	0	No duplicates	Q_GDIR	0	Downhill
M_MCOUNT	255	Fits with all telegrams	G_A	1	1 ‰
NID_C	399	399	N_ITER	4	4
NID_BG	16345	16345	D_GRADIENT(1)	83	0.0830 km
Q_LINK	1	Linked	Q_GDIR(1)	1	Uphill
Wartości zmiennych narodowych (3)			G_A(1)	0	0 ‰
Nazwa zmiennej	Wartość zmiennej	Interpretacja wartości zmiennej	D_GRADIENT(2)	1405	1.4050 km
NID_PACKET	3	3	Q_GDIR(2)	1	Uphill
Q_DIR	1	Nominal	G_A(2)	2	2 ‰
L_PACKET	186	186 bit	D_GRADIENT(3)	1300	1.3000 km
Q_SCALE	1	1 m	Q_GDIR(3)	1	Uphill
D_VALIDNV	0	0.0000 km	G_A(3)	0	0 ‰
N_ITER	1	1	D_GRADIENT(4)	3320	3.3200 km
NID_C(1)	399	399	Q_GDIR(4)	0	Downhill
V_NVSHUNT	5	25 km/h	G_A(4)	1	1 ‰
V_NVSTFF	8	40 km/h	Łączenie eurobalisy (5)		
V_NVONSIGHT	4	20 km/h	Nazwa zmiennej	Wartość zmiennej	Interpretacja wartości zmiennej
V_NVUNFIT	20	100 km/h	NID_PACKET	5	5
V_NVREL	0	0 km/h	Q_DIR	0	Reverse
D_NVROLL	5	0.0050 km	L_PACKET	108	108 bit
Q_NVSRBKTRG	1	Yes	Q_SCALE	0	10 cm
Q_NVEMRRLS	1	Immediate	D_LINK	1920	0.1920 km
V_NVALLOWVTRP	0	0 km/h	Q_NEWCOUNTRY	0	Same country
V_NVSUPVTRP	4	20 km/h	NID_BG	16344	16344
D_NVOVTRP	200	0.2000 km	Q_LINKORIENTATION	0	Reverse
T_NVOVTRP	60	60 s	Q_LINKREACTION	2	No Reaction
D_NVPOTRP	0	0.0000 km	Q_LOCACC	1	1 m
M_NVCONTACT	2	No Reaction	N_INTER	1	1
T_NVCONTACT	255	Infinite	D_LINK(1)	5330	0.5330 km
M_NVDERUN	1	Yes	Q_NEWCOUNTRY(1)	0	Same country
D_NVSTFF	10000	10.0000 km	NID_BG(1)	16343	16343
Q_NVDRIVER_ADHES	1	Allowed	Q_LINKORIENTATION(1)	0	Reverse
			Q_LINKREACTION(1)	2	No Reaction
			Q_LOCACC(1)	1	1 m
			Zakończenie telegramu (255)		
			Nazwa zmiennej	Wartość zmiennej	Interpretacja wartości zmiennej
			NID_PACKET	255	255

gramowi przesyłanemu do pojazdu za pośrednictwem eurobalisy nieprzełączalnej, zainstalowanej przy semaforze TD2. Struktura telegramu składa się ze zbioru pakietów i przypisanych im wartości zmiennych (ang. *Value*). Nazwy pakietów wyróżniono w tabeli 1 kolorem szarym. Zawierają one następujące kategorie informacji:

- nagłówek eurobalisy (ang. *Balise*

Telegram Header) – charakteryzuje wszelkie informacje dotyczące eurobalisy, np.: unikalny numer eurobalisy wraz z numerem grupy i kodem kraju, liczbę eurobalis w grupie, kolejność eurobalisy w grupie, informacja, czy eurobalisa ma duplikaty;

- wartości zmiennych narodowych (ang. *National Values*) – zbiór pa-

rametrów jazdy charakterystycznych dla sieci kolejowej danego zarządcy, np.: wartości prędkości maksymalnej dla poszczególnych trybów jazdy pojazdu, parametry odległości i czasowe związane z konkretnymi sytuacjami ruchowymi;

- profil trasy (ang. *Gradient Profile*) – dane dotyczące charakterystyki linii



Badany prototyp eurobalisy przełączalnej
Pokrywa na istniejące eurobalisy
Badany prototyp eurobalisy stałej

3. Sposób instalacji prototypów eurobalis na torze badawczym [oprac. własne]



4. Przykład zobrazowania DMI w trakcie testów

kolejowej, na której usytuowana jest dana eurobalisa (np.: pochYLENIE lub wzniesienie na poszczególnych odcinkach trasy wyrażone w ‰);

- łączenie eurobalis (ang. *Linking*) – wzajemne powiązanie pomiędzy wybranymi grupami eurobalis wraz z oczekiwaną reakcją pojazdu w razie nie odczytania następnej grupy w spodziewanej lokalizacji i wykonanie predefiniowanej akcji, np.: wdrożenie hamowania służbowego. Dodatkowo, w pakiecie odpowiadającym za tzw. linking nr 5, można znaleźć informacje dotyczące nominalnego kierunku dla linkingu, dokładności wykrywania eurobalis oraz liczby powiązanych obiektów w funkcji drogi;
- zakończenie telegramu (ang. *End of Telegram*) – każdy telegram kończony jest pakietem 255, który informuje urządzenia pokładowe o zakończeniu przekazywania danych z eurobalisy.

Tak przygotowane eurobalisy zainstalowano w lokalizacjach oznaczonych niebieskim okręgiem na rysunku 1. Eurobalisy przełączalne zostały połączone z właściwym koderem LEU. Następnym krokiem było przykrycie eurobalis, wchodzących w skład macierzystej instalacji, specjalną pokrywą w celu wyeliminowania ich wpływu na działanie pokładowych urządzeń ETCS. Sposób przykrycia tych euro-

balis oraz instalacji testowanych prototypów na torze przedstawiono na rysunku 3.

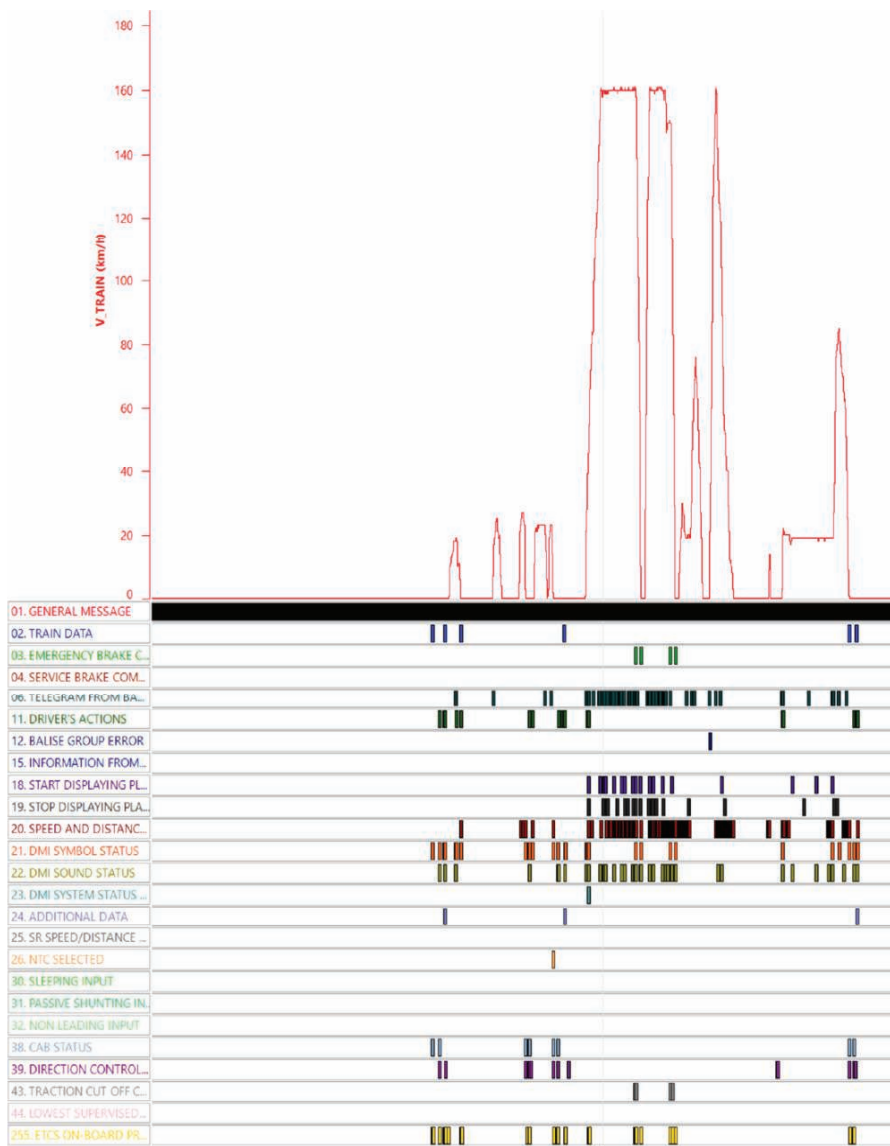
Metodyka realizacji sprawdzeń funkcjonalnych badanych prototypów eurobalis polegała na weryfikacji reakcji pojazdu, wyposażonego w urządzenia pokładowe systemu ETCS, na wysyłane za pośrednictwem szczeliny powietrznej (tzw. interfejsu A [5, 6]; w szczeliny wytwarzane jest pole magnetyczne i możliwa jest wymiana informacji pomiędzy torem a pociągami) telegramy z tych eurobalis, dla określonych scenariuszy testowych. Szczegółowy wykaz prób zrealizowanych na potrzeby testów funkcjonalnych badanych urządzeń przedstawiono w tabeli 2.

Podczas poszczególnych prób badane prototypy eurobalis wysyłały określone telegramy do urządzeń pokładowych ETCS zainstalowanych w pojeździe użytym do realizacji badań. W kabinie maszynisty obserwowano

wskazania monitora DMI (ang. *Driver Machine Interface*) w celu zweryfikowania poprawnej współpracy pojazdu z testowanymi prototypami eurobalis [1,7]. Nieprawidłowości w działaniu eurobalis skutkują wystąpieniem usterek systemowych, które są wyświetlane na DMI, np.: komunikat o błędzie wyposażenia przytorowego lub wdrożenie hamowania służbowego przez badany pojazd, na skutek braku eurobalisy w założonym kryterium drogi (tzw. błąd linkingu). Dodatkowo, w trakcie testów za pomocą kamery rejestrowano obraz z DMI (rys. 4). Do szczegółowej analizy oraz oceny otrzymanych wyników wykorzystano również zapisy z rejestratora pokładowego JRU (ang. *Juridical Recording Unit*) oraz logi z bezpiecznego komputera EVC (ang. *Euro Vital Computer EVC*). Na rysunku 5 przedstawiono przykład rejestracji JRU, które zapisano na potrzeby testów.

Tab. 2. Wykaz prób funkcjonalnych prototypów eurobalis [opracowanie własne]

Nr próby	Telegram w eurobalisie nieprzełączalnej	Wskazanie semafora TD2 przesłane w eurobalisie przełączalnej	Wskazanie przesłane w eurobalisie przełączalnej – uaktualniającej informację dla semafora TD2
1	Telegram stały w każdej próbie, wartości zmiennych zgodnie z opisem w tablicy 1	S6 (jazda z prędkością nie przekraczającą 100 km/h w odstępnie osłoniętym tym semaforem)	S6 (jazda z prędkością nie przekraczającą 100 km/h w odstępnie osłoniętym tym semaforem)
2		S2 (jazda z największą dozwoloną prędkością)	S2 (jazda z największą dozwoloną prędkością)
3		S1 (stój)	S1 (stój)
4		Sygnal wątpliwy	Sygnal wątpliwy
5		S1 (po minięciu przez pojazd eurobalisy przełączalnej uaktualniającej)	S2 (jazda z największą dozwoloną prędkością)
6		Sygnal wątpliwy (po minięciu przez pojazd eurobalisy przełączalnej uaktualniającej)	S2 (jazda z największą dozwoloną prędkością)
7		Brak wskazania – wygaszenie semafora	Brak wskazania – wygaszenie semafora



5. Przykład zapisów z rejestratora prawnego JRU stanowiących podstawę do oceny wyników

Wnioski

Przeprowadzone testy wykazały poprawne przesyłanie określonych telegramów przez badane prototypy eurobalis. Pojazd testowy w prawidłowy sposób odbierał transmitowane telegramy i reakcja pokładowych urządzeń ETCS na zakodowane pakiety informacji była właściwa. Nie zaobserwowano żadnych błędów systemowych oraz zdarzeń wątpliwych, które wymagałyby dalszych wyjaśnień oraz analiz.

Opisane w niniejszym artykule sprawdzenia są istotnym elementem w procesie oceny zgodności z określonymi wymaganiami i umożliwiają wyeliminowanie błędów projektowych, niewykrytych w fazie badań laboratoryjnych.

Wysoka dostępność oraz stosunkowo nieskomplikowane uwarunkowania formalno – organizacyjne, obowiązujące na obiekcie wyodrębnionym ze struktur PKP PLK S.A. czynią Okrąg Doświadczalny IK, optymalnym poligonem testowym dla wyżej wymienionych przedsięwzięć. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom technicznym, szeroki zakres możliwości badawczych Okręgu pozwala na wykonanie sprawdzeń wybranych składników interoperacyjności, jak również całych podsystemów w rzeczywistych warunkach środowiskowych oraz dla nietypowych przypadków testowych. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Adamski D., Zawadka Ł. Selected research capabilities of the railway research institute test track center in Żmigród on the example of eurobalise, Journal of civil engineering and transport TransEngin Volume 3 Issue 1, 2021r
- [2] Adamski D., Ortel K., Zawadka Ł.: Research on Proper Integration Between an On-Board and a Trackside Control-Command and Signalling Subsystems, Research Methods and Solutions to Current Transport Problems, Volume 1032, 2019 r.
- [3] Rola Okręgu Doświadczalnego Instytutu Kolejnictwa w Badaniach Taboru i Infrastruktury Kolejowej, [praca zbiorowa pod red. A. Maszela]. Warszawa, Wydawnictwa Naukowe Instytutu Kolejnictwa, 2021r.
- [4] Rozporządzenie Wykonawcze Komisji(UE) 2023/1695 w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności w zakresie podsystemów „Sterowanie” systemu kolei w UE i uchylające rozporządzenie (UE) 2016/919 z dnia 10.08.2023r.
- [5] Subset-036 FFFIS for Eurobalise, Issue 3.1.0, December 2015,
- [6] Subset-040, Dimensioning and Engineering rules, Issue 3.4.0, December 2015
- [7] Zawadka Ł. Wybrane możliwości badawcze Okręgu Doświadczalnego Instytutu Kolejnictwa w Żmigrodzie na przykładzie eurobalisy XXIV International conference Transcomp 2021 Computer Systems aided science, industry and transport, Zakopane grudzień 2021r.