



**RM**<sup>®</sup>  
rail-mil.eu

# / Autonomizacja pojazdów metra

## Perspektywy rozwoju

**dr inż. Piotr Gołębiowski**

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

**dr inż. Wawrzyniec Wychowański**

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

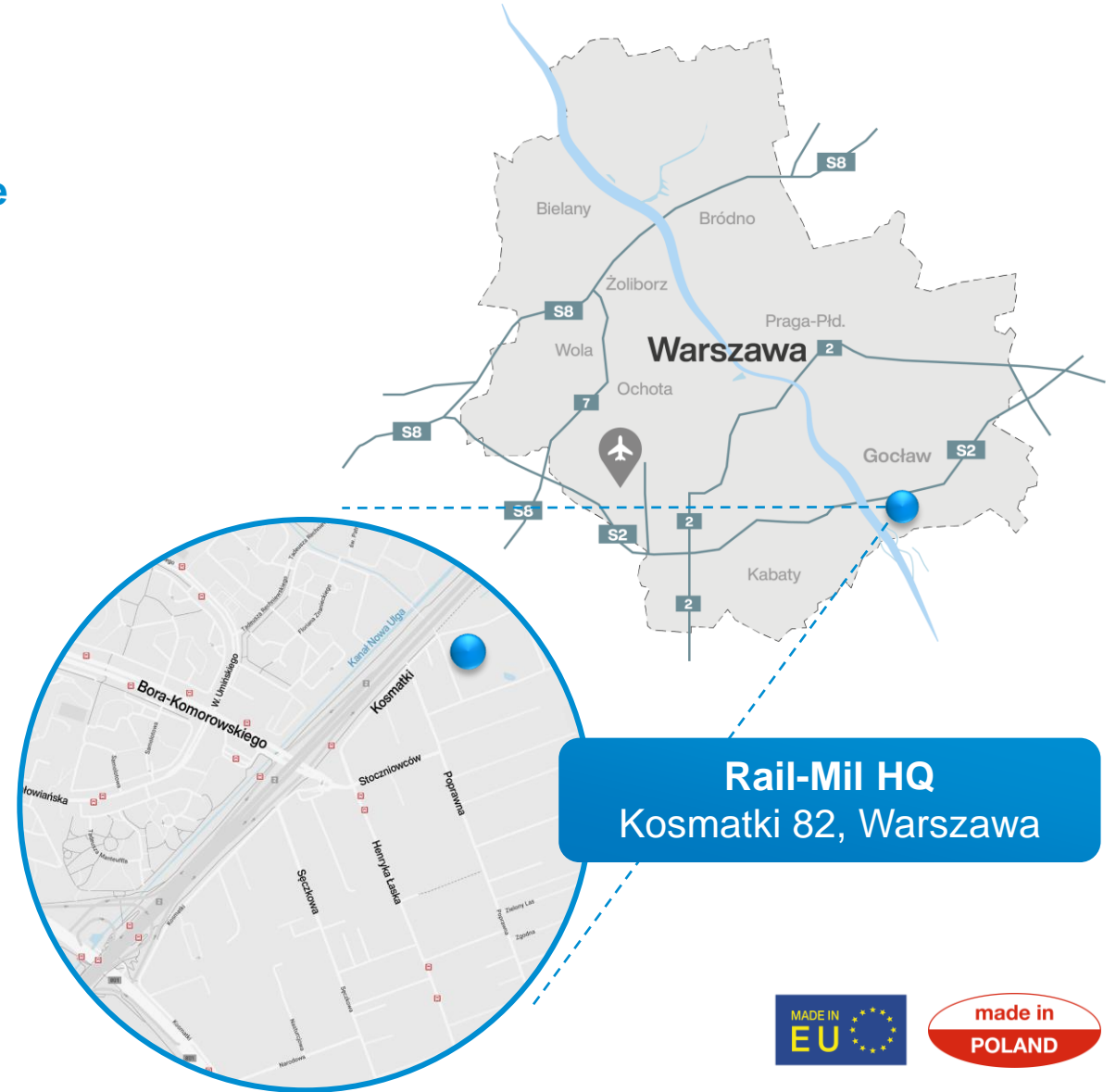
Rail-Mil Computers



FUNDUSZE UE + NAUKA = INNOWACYJNY TRANSPORT  
Konferencja w ramach Transportowego Obserwatorium Badawczego  
WARSZAWA, 12 Maja 2021 (online)

# / Headquarters w Warszawie, PL

## Europejskie technologie wytwarzane w Warszawie



# / Centra kompetencyjne w Warszawie , PL

## Warszawskie lokalizacje centrów kompetencyjnych Rail-Mil



**Biuro Projektów Metroprojekt**

Kosmatki 8



**Centrum montażu i testów FAT**

Kosmatki 70



**Centrum produkcji balis**

Bronowska 24



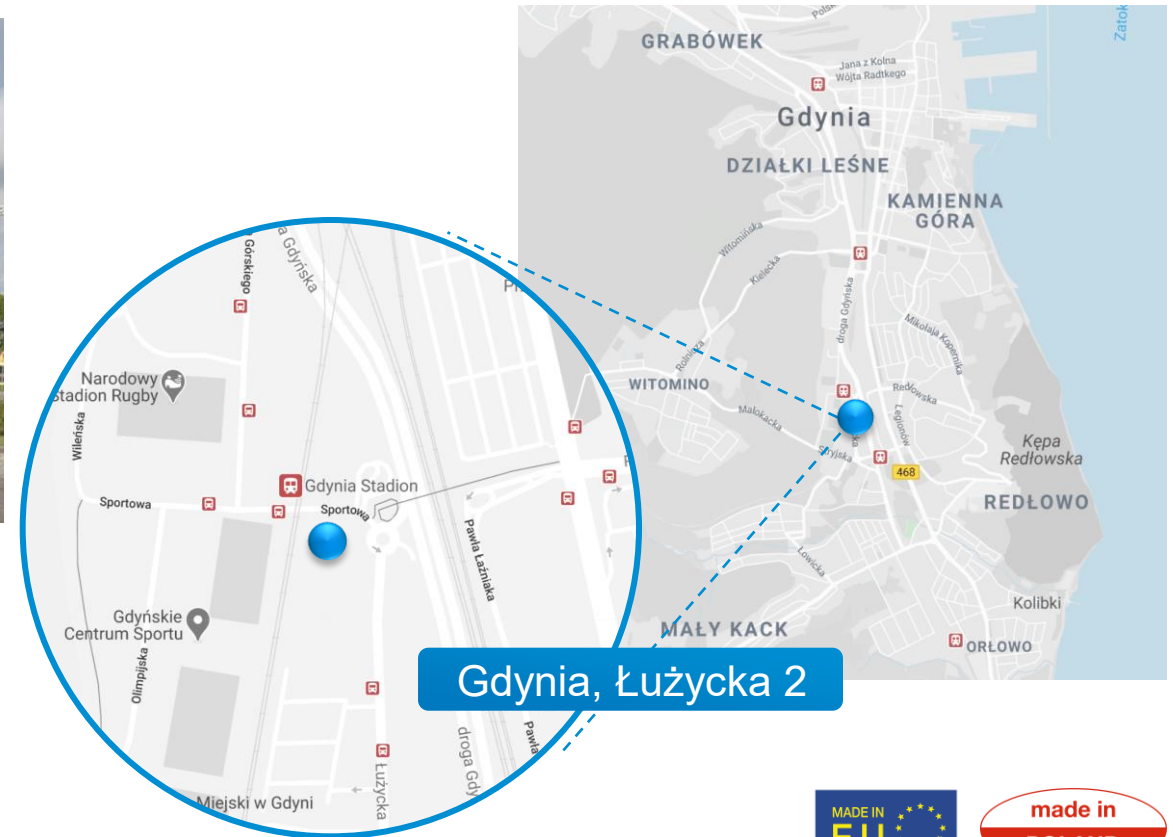
**Biuro Handlowe**

Garażowa 5A



# / Centrum Testów w Gdyni, PL

## Niezależna drużyna testerów z siedzibą w Trójmieście



# / Biuro Projektów METROPROJEKT Sp. z o.o.

## Nowy zawodnik w rodzinie Rail-Mil



### Kompleksowe usługi projektowe

PROJEKTOWANIE

INWESTORSTWO ZASTĘPCZE

OPINIE TECHNICZNE

USŁUGI DORADZTWA  
TECHNICZNEGO

KONCEPCJE, EKSPERTYZY

TESTOWANIE SYSTEMÓW  
I FUNKCJONALNOŚCI

ZARZĄDZANIE PROJEKTEM



## 70 LAT TRADYCJI I DOŚWIADCZENIA

# / Rail-Com Systems s.r.o. w Pardubicach, CZ

## Partnerstwo technologiczne i biznesowe na rynku czeskim



## / Rodzina Rail-Mil w liczbach



**100%**  
Polski kapitał



**>140**  
Pracowników



**>100**  
Inżynierów



**2**  
Certyfikaty  
Jakości



**7**  
Świadectw  
UTK



**6**  
Zastrzeżeń  
i wniosków  
patentowych



**>100 mln PLN**  
Przychód za 2019 rok



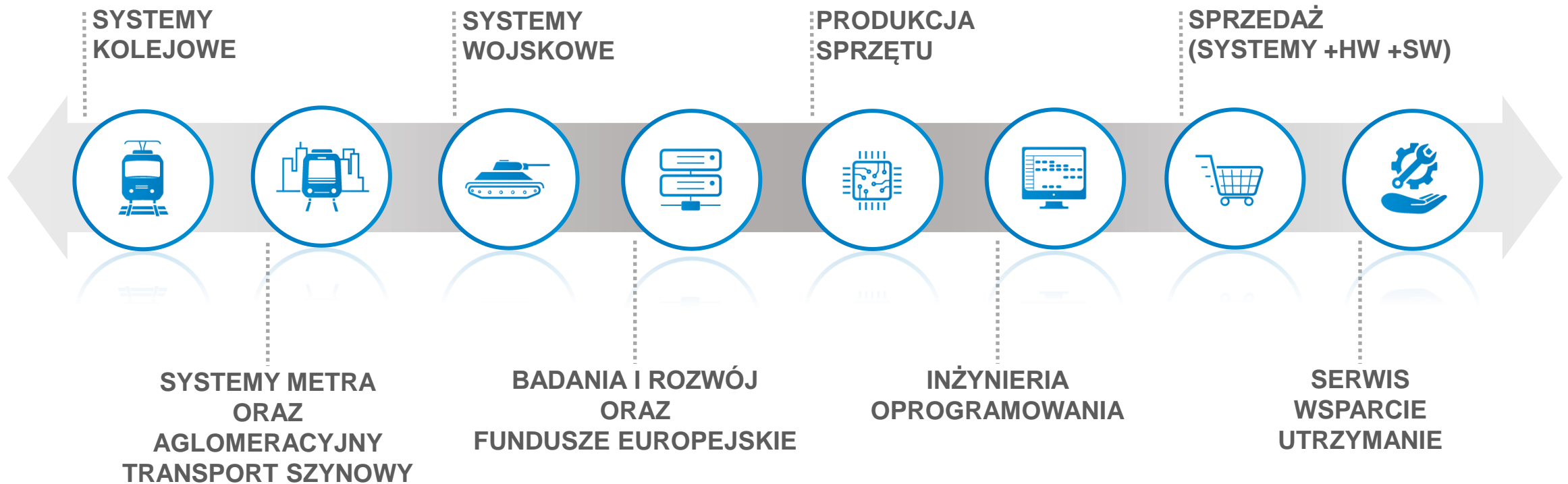
AQAP  
2110:2009



PN-EN ISO  
9001:2008

# / Główne obszary działalności operacyjnej

Pracując skupiamy się na działaniu w poniższych obszarach





# / Współpraca z wiodącymi polskimi ośrodkami naukowymi

8 doktorów w kadrze Rail-Mil (kolejni już w drodze ...)

Win-Win dzięki dwustronnemu transferowi wiedzy i zasobów

Najwyższej klasy specjaliści

## POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Wydział Transportu  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych  
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa  
Wydział Matematyki i Nauk Informatycznych

**Politechnika  
Warszawska**

## WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

Wydział Mechatroniki Uzbrojenia i Lotnictwa



**Wojskowa  
Akademia  
Techniczna**

## POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej



**Politechnika  
Śląska**

# / Innowacyjne symulatory dla rozwoju młodych kolejarzy

## Symulatory systemów sterowania i kierowania ruchem kolejowym



**Politechnika  
Warszawska**



**Wydział  
Transportu**  
POLITECHNIKA WARSZAWSKA



**Politechnika  
Śląska**



**Wydział  
Transportu  
i Inżynierii  
Lotniczej**



**ZSET** | Zespół Szkół  
Ekologiczno-Transportowych

## / 30 lat współpracy z Wydziałem Transportu Politechniki Warszawskiej

### Projektowanie, budowa i wdrożenia komercyjne innowacyjnych technologii w transporcie szynowym

|            |   |
|------------|---|
| 1990-1992  | <b>WSKR</b> – Nakładka komputerowa na system przekaźnikowy SUP-1 na stacji Staszów  |
| 1993-1995  | <b>WSKR-2ZS</b> – system Zdalnego Sterowania z LCS w Woli Rzędzińskiej  |
| 1993-1996  | <b>WSKR-2</b> – w LCS Władysławowo wraz z przekazaniem licencji do ADtranz ZWUS (obecnie Bombardier ZWUS)   |
| 1992-2016  | <b>WT ZSiKD</b> – system zdalnego sterowanie dla Metra Warszawskiego  |
| 1999-2000  | <b>WSKR-2ZS</b> – Pierwsze Zdalne sterowanie dla EbiLock-850 na zamówienie ADtranz ZWUS LCS Błonie  |
| 2002       | <b>WT UZm</b> – pierwsze Polskie elektroniczne urządzenia zależnościowe dla Metra Warszawskiego <b>(SIL-4)</b>  |
| 2002       | <b>WT GSS</b> – urządzenia interfejsu pomiędzy urządzeniami zależnościami (w tym WTUZm) a systemem SOP-2 dla Metra Warszawskiego <b>(SIL-4)</b>               |
| 2008       | <b>WT UZ</b> – elektroniczne urządzenia zależnościowe dla kolei (odpowiednik <b>WTUZm</b> ) <b>(SIL-4)</b>  |
| 2012       | <b>LST-5R-L</b> – źródło światła LED dla ZA KOMBUD S.A. (zastosowane na drugiej linii metra ochrona patentowa) <b>(SIL-4)</b>                                 |
| 2014       | <b>rmSDO</b> – System Detekcji Obiektów w strefie zagrożenia dla Metra Warszawskiego <b>(SIL-0</b> część funkcjonalności możliwa <b>SIL-4)</b>                |
| 2018 - ... | <b>rmCBTC</b> <sup>®</sup> – system automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC ( <b>GoA3</b> z gotowością do pełnej automatyzacji <b>GoA4</b> ) |

## / FUNDUSZE EUROPEJSKIE

Projekt B+R realizowany przez Rail-Mil Computers oraz Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej



Fundusze  
Europejskie  
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita  
Polska



Wydział  
Transportu  
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego



POIR.01.01.01-00-0276/17

**Nr projektu:**

**POIR.01.01.01-00-0276/17**

**Tytuł projektu:**

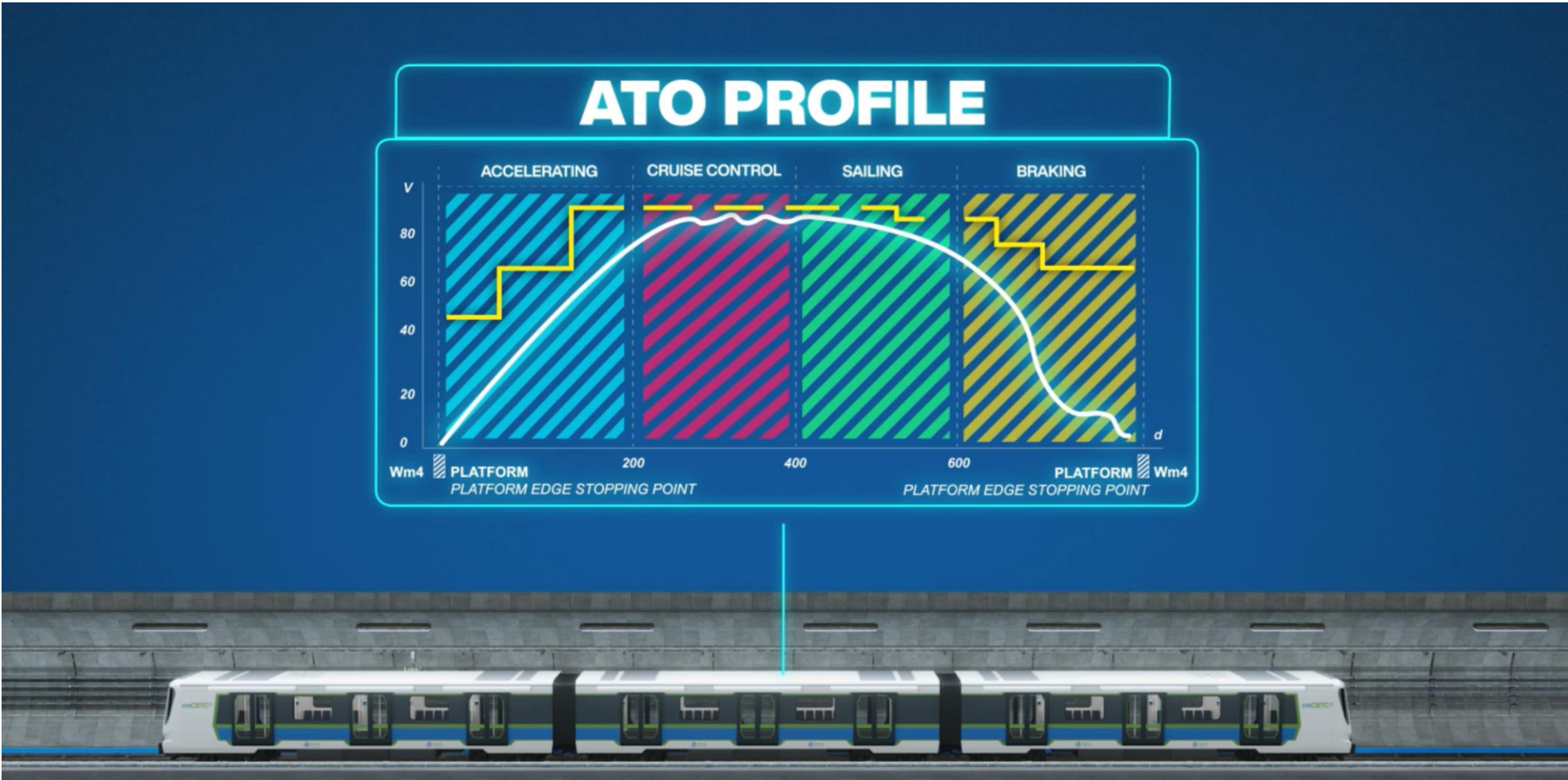
System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC, wykorzystujący unikalne połączenie dwukierunkowej bezprzewodowej transmisji danych oraz komponentów interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, zwiększający poziom wydajności i bezpieczeństwa w aglomeracyjnym transporcie szynowym

\*Wszystkie znaki towarowe i nazwy firm zostały użyte jedynie w celu informacyjnym i są wyłączną własnością tychże firm.

# rmCBTC<sup>®</sup> system

## Communications-Based Train Control

Aglomeracyjny transport szynowy



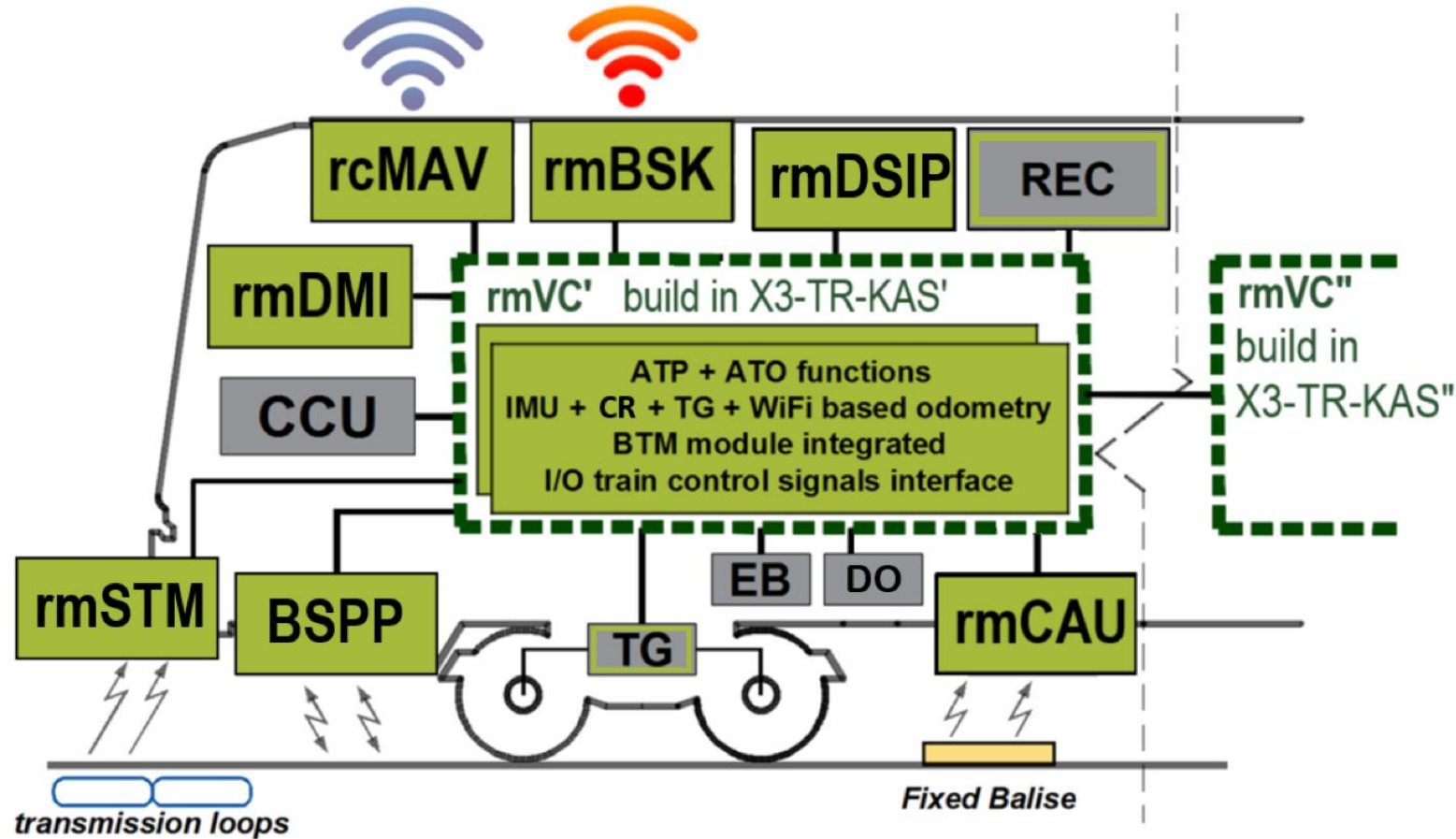
Wersja wzorca 12-08-2020\_16. Materiały wewnętrzne, rozpowszechniane tylko za zgodą zarządu.

## / rmCBTC<sup>®</sup> – podstawowe cechy systemu:

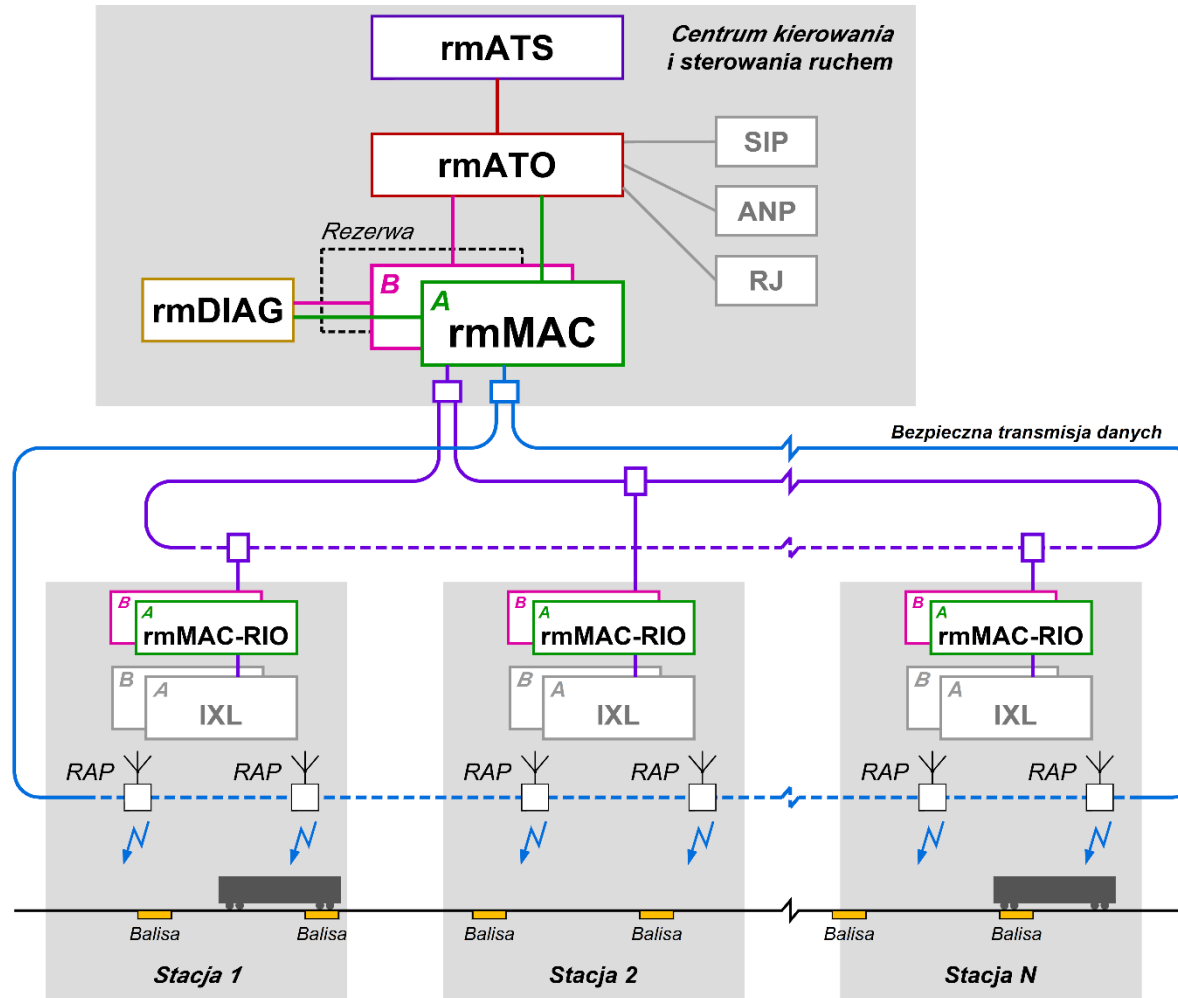
- Zgodność z wymaganiami standardów dla systemów AUGT & CBTC: IEEE-1474; IEC-62267, PN-EN62290, i pochodne...
- Prowadzenie pojazdów w oparciu o dwukierunkową bezprzewodową transmisję danych tor-pojazd
- Prowadzenie pojazdów zgodnie z zasadą ruchomego odstępu blokowego (ang. moving block principle)
- Obsługa ruchu mieszanego (ang. mixed-traffic coverage)
- Innowacyjny podsystem pojazdowego odometru SIL-4 z wbudowanym Sensor Fusion
- Innowacyjne technologie sieciowe, w tym: HSR, PTP, BroadR-Reach
- Stopień automatyzacji GoA-3 jako jeden z rezultatów projektu POIR/NCBIR

**100% gotowości systemu do migracji w stopień automatyzacji GoA-4 (pełna automatyzacja)**

## / rmCBTC® – architektura części pojazdowej

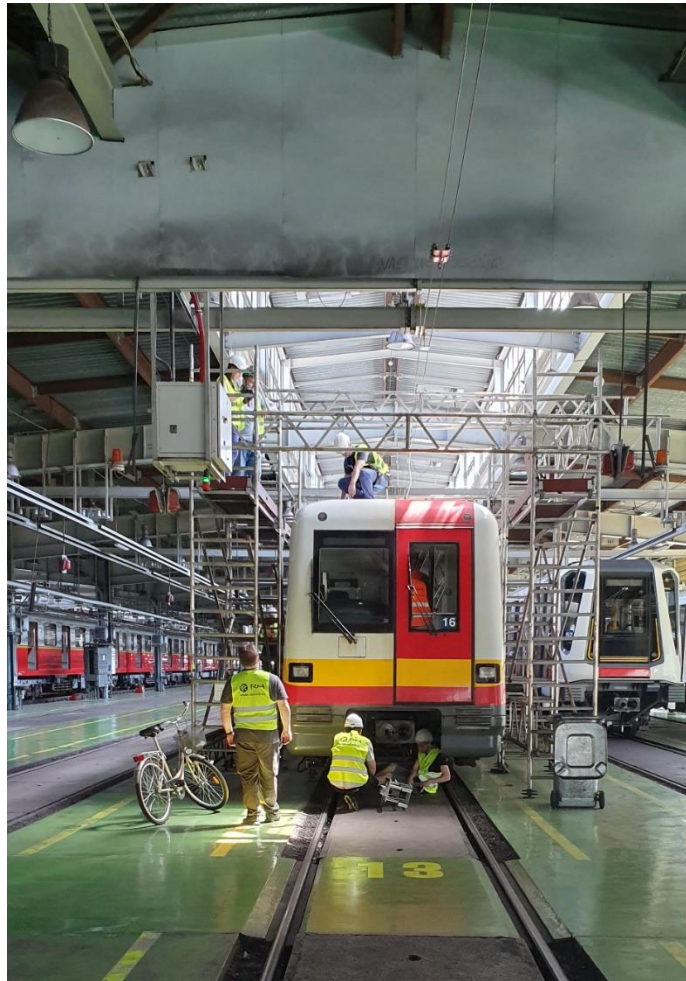


# / rmCBTC<sup>®</sup> – architektura części stacjonarnej





## / rmCBTC<sup>®</sup> – typy pojazdów analizowanych w zakresie TIU



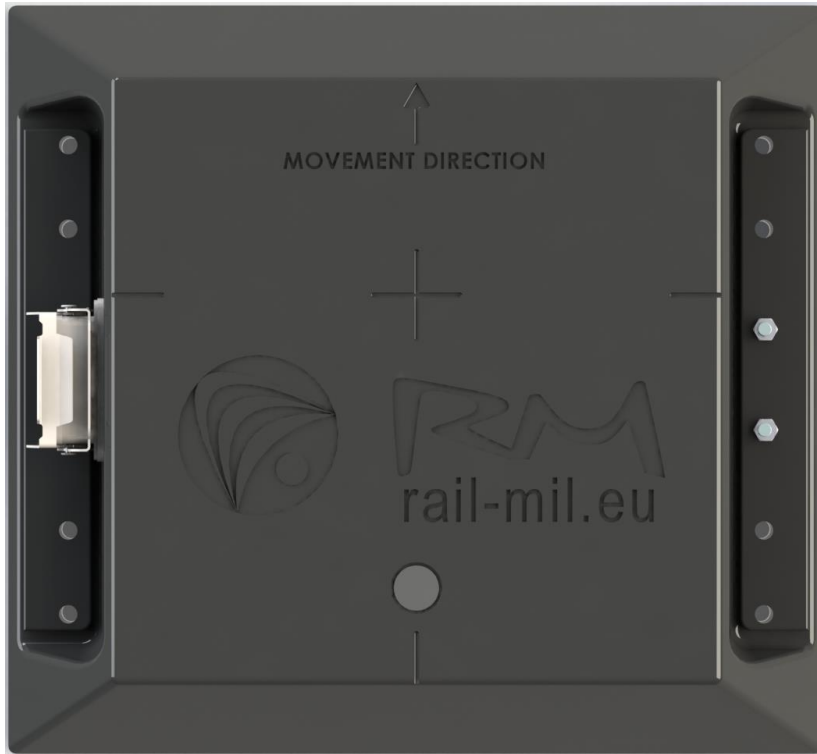
# / rmCBTC<sup>®</sup> - warstwa sprzętowa systemu (1)

## rmVC - kompletna kasetka bezpiecznego komputera zależnościowego

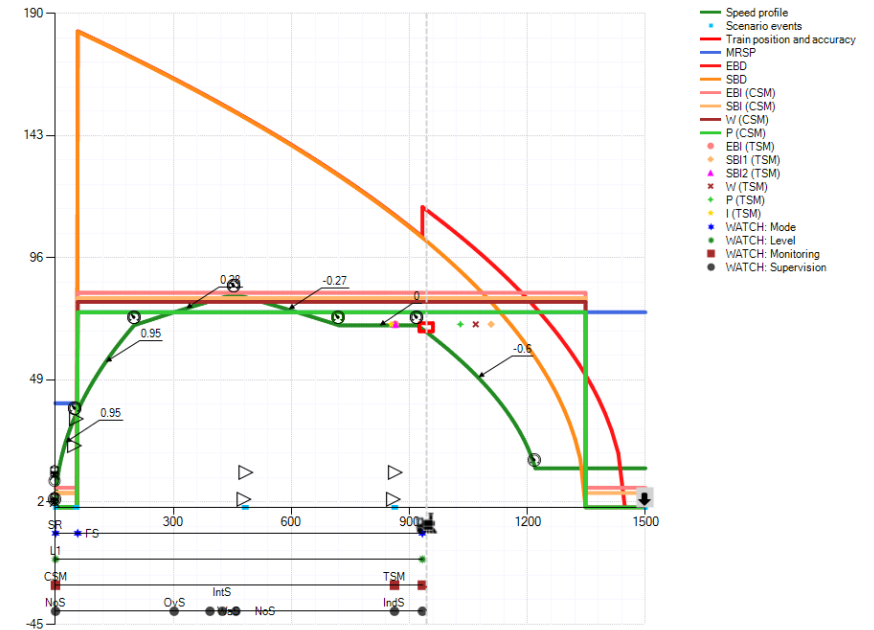
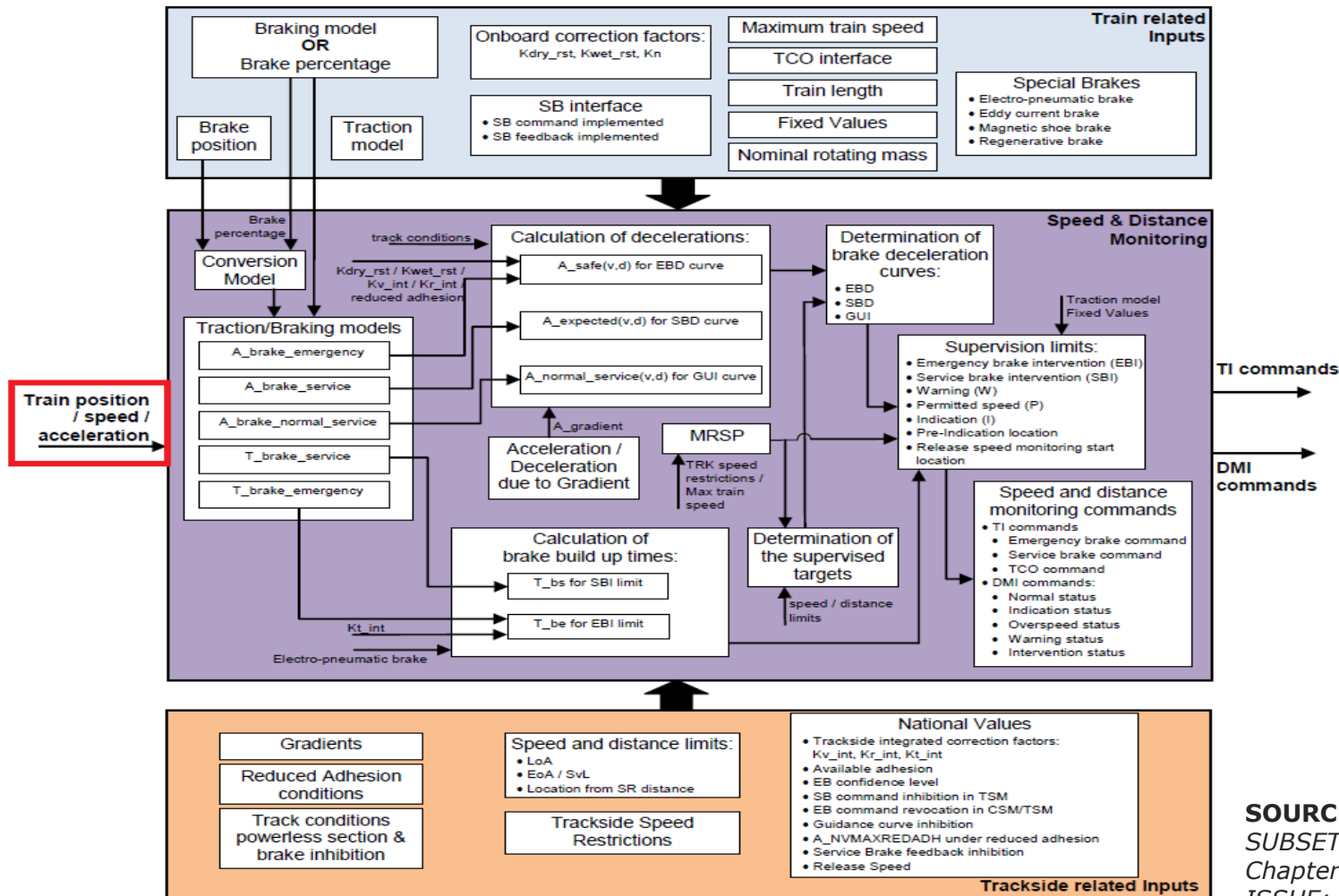


## / rmCBTC<sup>®</sup> - warstwa sprzętowa systemu (2)

### Antena pojazdowa współpracująca z X3-TR-BTM

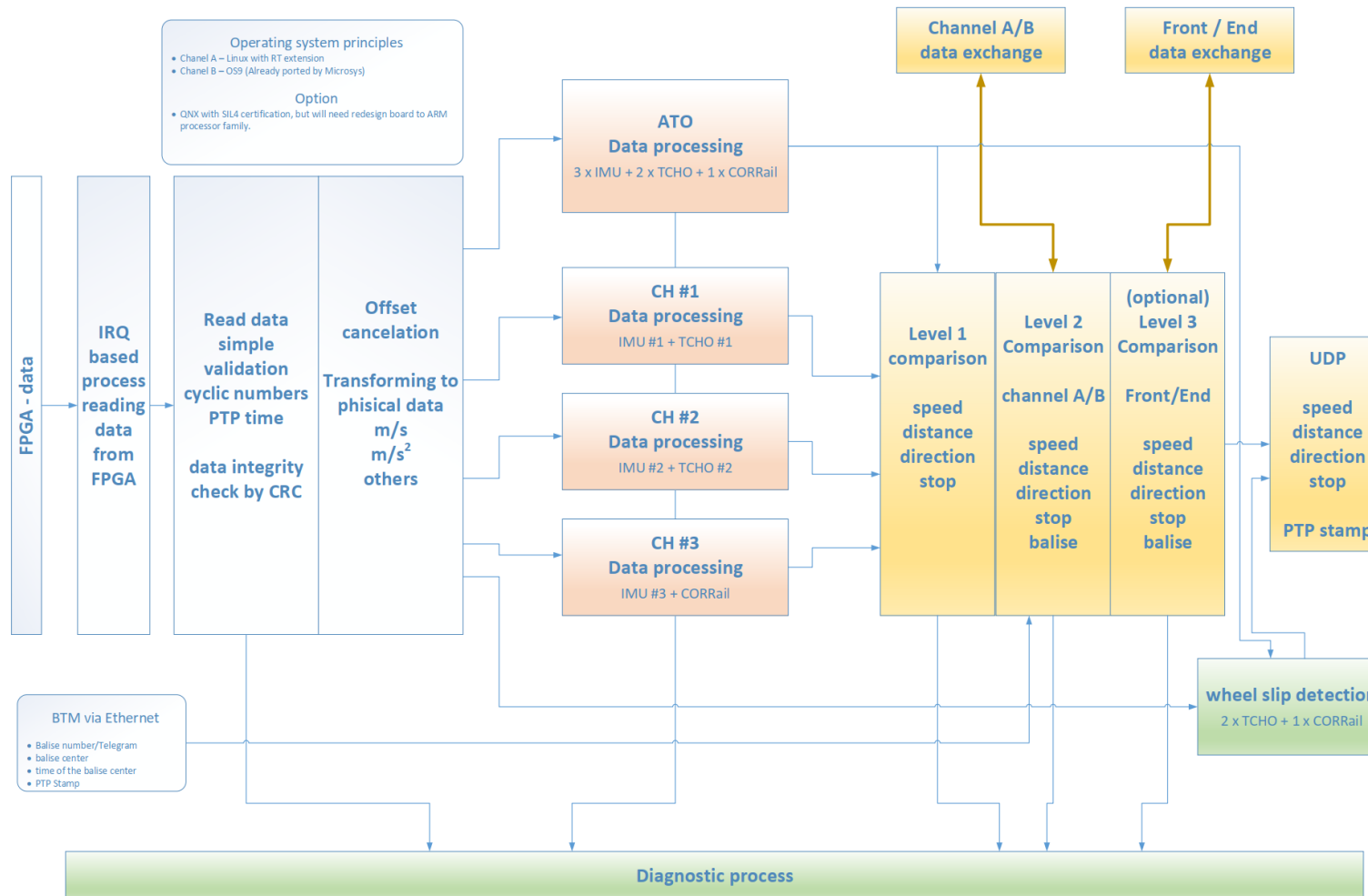


# / rmCBTC<sup>®</sup> – pełna implementacja Speed & Distance Monitoring process



**SOURCE:**  
SUBSET-026-3: ERTMS/ETCS System Requirements Specification - Chapter 3 - Principles, ERA - UNISIG - EEIG ERTMS USERS GROUP, ISSUE: 3.4.0: 12/05/2014

# / rmCBTC<sup>®</sup> – podsystem pojazdowego odometru SIL-4



# / rmCBTC® – terminowe świadectwo dopuszczenia do eksploatacji

Załącznik do decyzji Prezesa Urzędu Transportu Kolejowego z dnia 27 listopada 2020 r. nr DTW-  
WRIK.8001.28.2020.ML

RZECZPOSPOLITA POLSKA  
PREZES  
URZĘDU TRANSPORTU KOLEJOWEGO  
Ignacy Góra

Warszawa, dnia 27 listopada 2020 r.

**ŚWIADECTWO**  
NR: PL 59 2020 0077  
dopuszczenia do eksploatacji typu

**Rodzaj i typ urządzenia:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC.

**Producent lub jego upoważniony przedstawiciel:** Rail-Mil Computers spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa.

**Charakterystyka urządzenia:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC jako system klasy CBTC wykorzystuje dwukierunkową bezprzewodową transmisję danych oraz komponenty interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, celem zwiększenia wydajności i bezpieczeństwa realizowanego procesu przewozowego na obszarze objętym systemem. W architekturze systemu konstrukcyjnie i funkcjonalnie wydzielono dwie części: stacjonarną oraz pojazdową. Ruch pojazdów prowadzony jest zgodnie z zasadą ruchomego odstępu blokowego, w oparciu o ciągłą dwukierunkową transmisję danych. System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych rmCBTC, jako system automatycznego prowadzenia pociągu klasy ATC, dedykowany jest do zastosowania w systemach metra, kolei aglomeracyjnych, liniach tramwajowych, na bocznicach kolejowych, infrastrukturze prywatnej oraz sieciach kolejowych, które są funkcjonalnie wyodrębnione z systemu kolei i przeznaczone tylko do prowadzenia przewozów wojewódzkich lub lokalnych.

**Badania techniczne urządzenia:** zostały przeprowadzone przez Instytut Kolejnictwa, co potwierdzają następujące dokumenty: certyfikat zgodności typu nr IK CZT-150/2020 - 01 z 2 listopada 2020 r., a także „System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC typu rmCBTC. Opinia techniczna”, praca nr 000035-07/10, Warszawa, 31 sierpnia 2020 r.

**Warunki techniczne eksploatacji:** System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC powinien być zgodny z dokumentami: „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCp (Część pojazdowa). Dokumentacja Techniczno-Ruchowa”, nr DTR rmCBTCp/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z czerwca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCp (Część pojazdowa). Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru”, nr DTR rmCBTCp/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z lipca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCs (Część stacjonarna). Dokumentacja Techniczno-Ruchowa”, nr DTR rmCBTCs/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z czerwca 2020 r.; „System rmCBTC. Podsystem rmCBTCs (Część stacjonarna). Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru”, nr DTR rmCBTCs/01/20, wersja 1.00, kor. 00 z lipca 2020 r.

Świadectwo wydaje się w celu przeprowadzenia prób eksploatacyjnych systemu automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych typu rmCBTC zgodnie z porozumieniem w sprawie przeprowadzenia prób eksploatacyjnych z 9 października 2020 r., a także załączonym do porozumienia dokumentu pt. „System RMCBTC. Program prób eksploatacyjnych. Wersja 1.0.”, praca nr 000035-0610, Warszawa, 27 lipca 2020 r.

**Świadectwo jest ważne:** od dnia doręczenia decyzji DTW-WRIK.8001.28.ML do 28 lutego 2022 r.

**Świadectwo wydano na wniosek:** Rail-Mil Computers spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa.

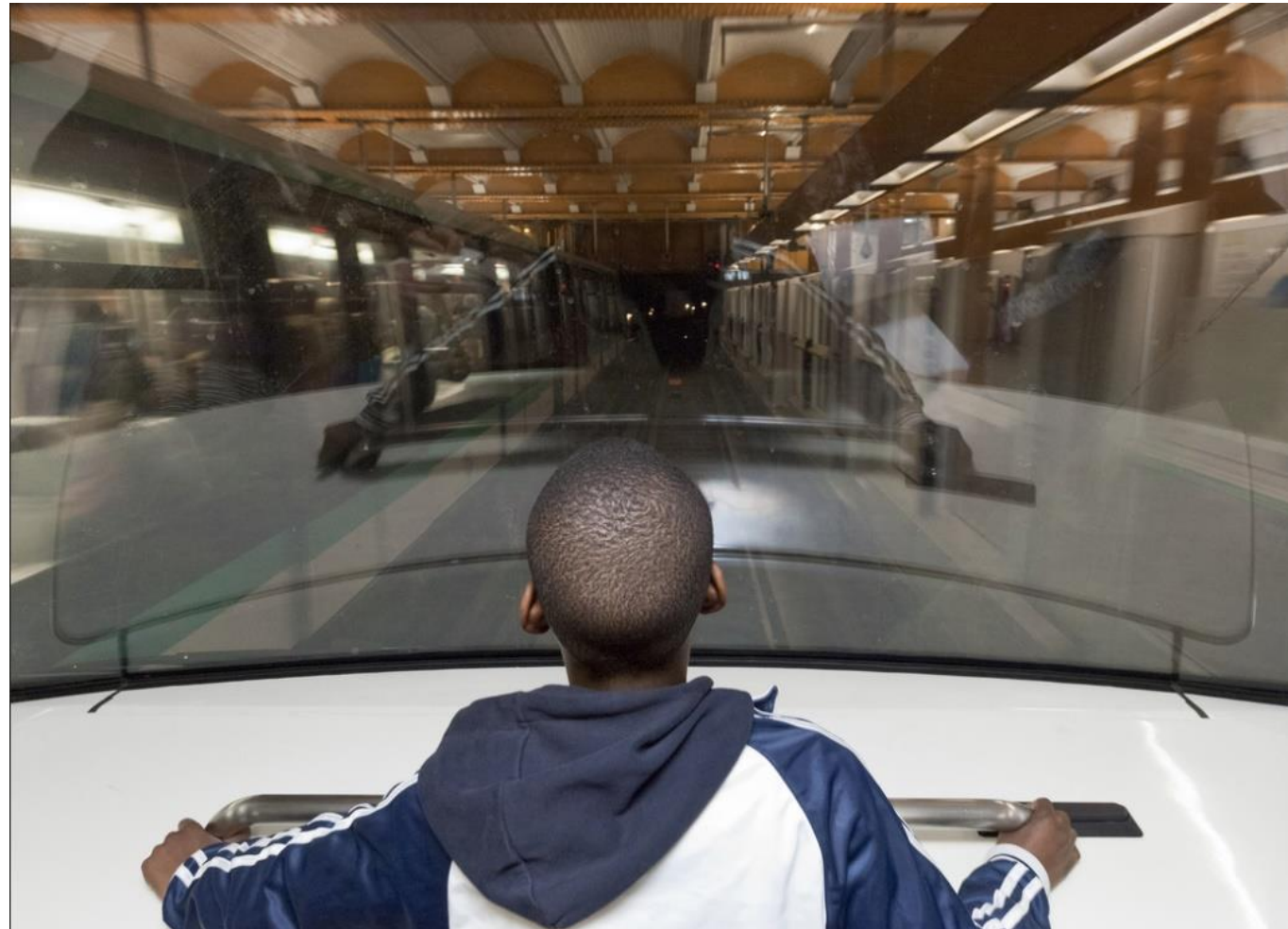
Podstawa prawna: *Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (tekst jednolity: Dz. U. z 2020 r. poz. 1043, z późn. zm.)*

PREZES  
Urzędu Transportu Kolejowego  
*(podpis)*

**ŚWIADECTWO**  
**NR: PL 59 2020 0077**  
**27 listopada 2020**




## / Autonomizacja pojazdów metra – perspektywy rozwoju



# / Autonomizacja pojazdów metra – stopnie automatyzacji GoA

| Grade of automation | Train operation           | Setting the train in motion | Driving and stopping the train | Opening and closing the doors | Operation in the event of disruptions |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1                   | ATP with a driver         | Driver                      | Driver                         | Driver                        | Driver                                |
| 2                   | ATP and ATO with a driver | Driver / Automatic          | Automatic                      | Driver                        | Driver                                |
| 3                   | Driverless                | Automatic                   | Automatic                      | Automatic / Attendant         | Attendant                             |
| 4                   | Unattended                | Automatic                   | Automatic                      | Automatic                     | Automatic                             |

ATP - Automatic Train Protection  
ATO - Automatic Tran Operation






## / Autonomizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje (1)

- Rozbudowa drugiej linii metra warszawskiego o stacje: C01..C05, C19..C21, C00 STP Mory
- Modernizacja systemu sterowania ruchem pociągów na pierwszej linii metra A01-A23
- Koncepcja budowy nowych stacji A12 i A16 na pierwszej linii metra w Warszawie
- Serwis i utrzymanie istniejącej infrastruktury metra w ruchu
- Audyt pierwszej linii metra w zakresie systemu sterowania ruchem pociągów
- Koncepcja podsystemu sterowania ruchem pociągów dla systemu metra w Krakowie
- rmCBTC<sup>®</sup> – system automatycznego prowadzenia pociągu o pełnej funkcjonalności systemów klasy CBTC, gotowy do bezpiecznej realizacji funkcji ATP + ATO na poziomie automatyzacji GoA4**

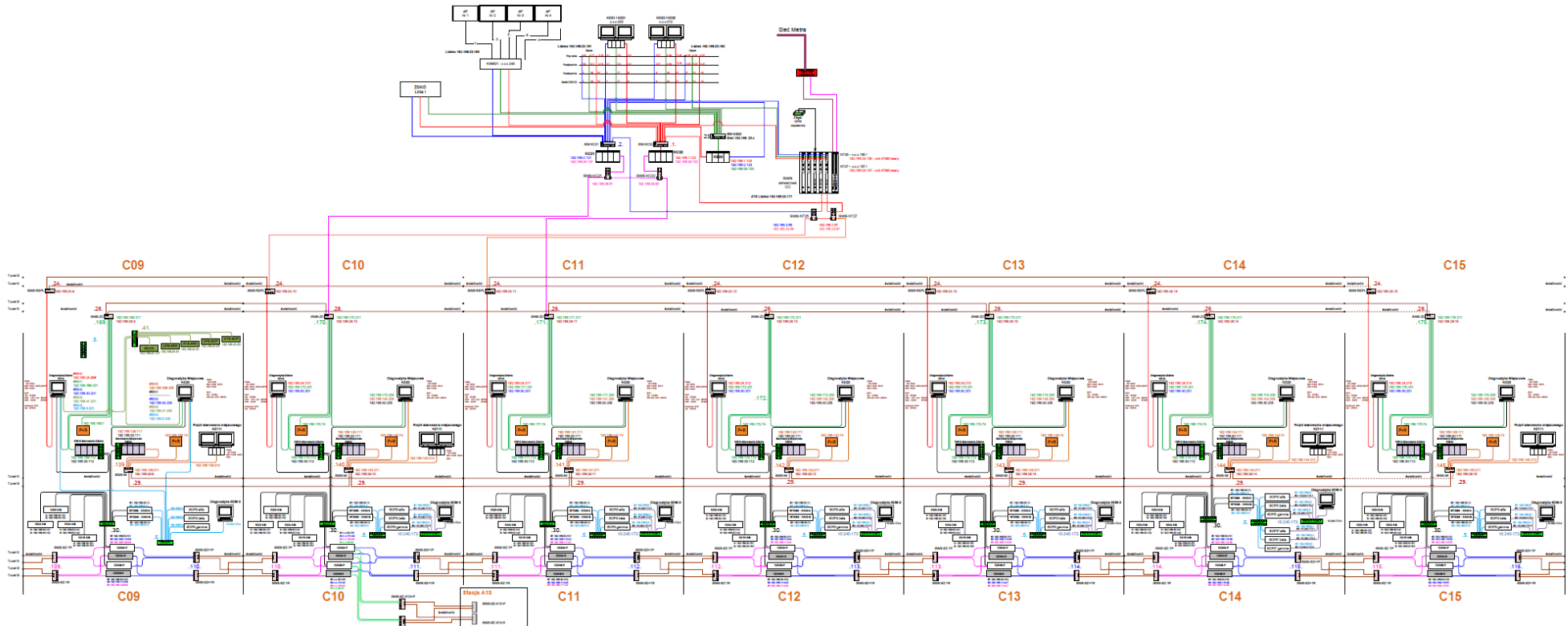
## / Autonomizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje (2)

- 2006/2007 projekt i wdrożenie systemu WT ZSiKD w ramach budowy nowego centrum sterowania dla Metra Warszawskiego, w tym proces przeniesienia Centralnej Dyspozytorni przeprowadzony bez przerwy w ruchu (ponad 13 różnych zcentralizowanych systemów całoliniowych w nowej lokalizacji)



# / Automizacja pojazdów metra – posiadane kompetencje (3)

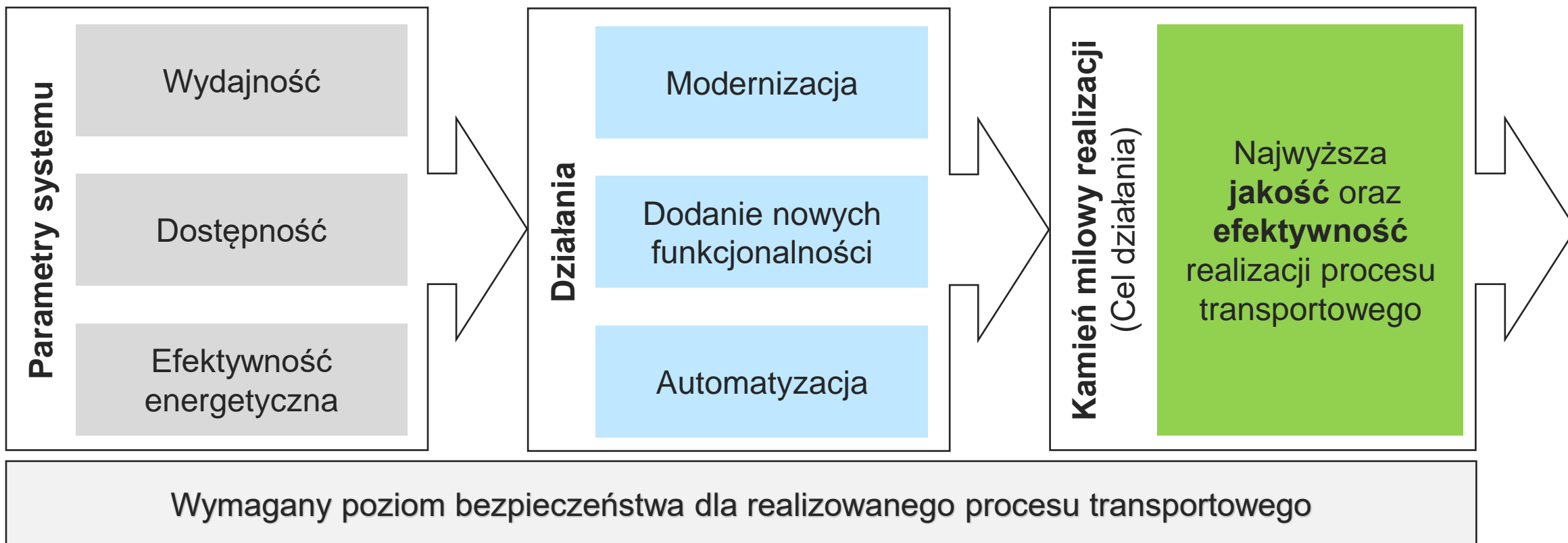
- WT ZSiKD – zdalne sterowanie i kontrola dyspozytorska
- WT Uzm – komputerowe urządzenia zależnościowe
- WT EPN – elektroniczny pulpit nastawczy dla metra
- WT GSS – elektroniczny interfejs IXL do systemu ATC



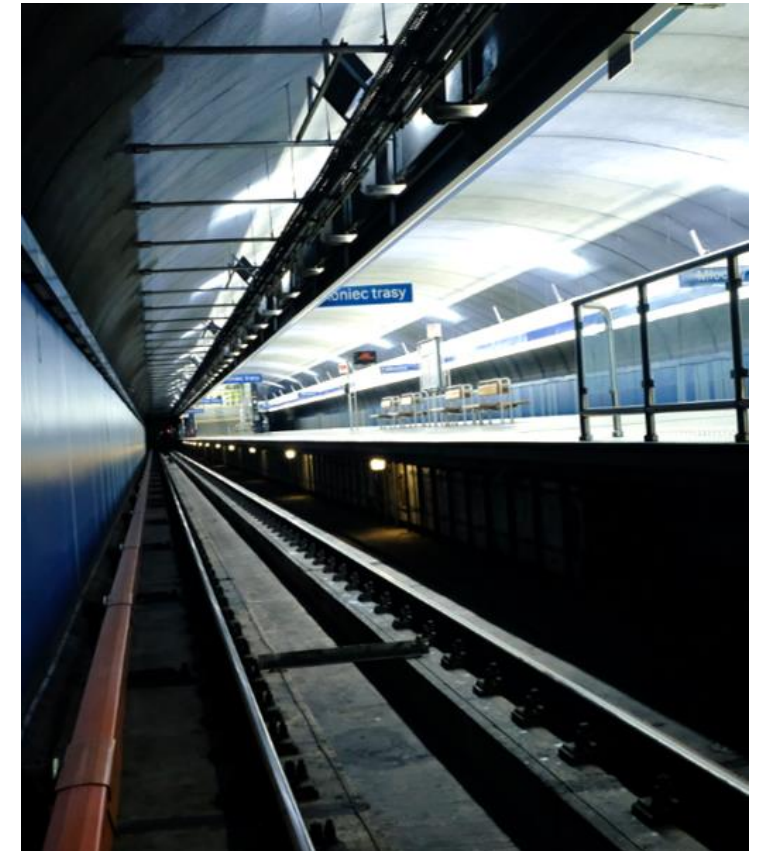
## / Autonomizacja pojazdów metra – stan istniejący

- I Linia Metra Warszawskiego – poziom automatyzacji GoA1
- I Linia Metra Warszawskiego – brak systemu ciągłej bezprzewodowej transmisji tor/pojazd
- I Linia Metra Warszawskiego – brak realizacji funkcjonalności CBTC
- I Linia Metra Warszawskiego – ruch jednokierunkowy
- II Linia Metra Warszawskiego – poziom automatyzacji GoA2, gotowość do osiągnięcia GoA3
- II Linia Metra Warszawskiego – jest system ciągłej bezprzewodowej transmisji tor/pojazd
- II Linia Metra Warszawskiego – gotowość do realizacji funkcjonalności CBTC w przyszłości
- II Linia Metra Warszawskiego – ruch dwukierunkowy
- III Linia Metra Warszawskiego – CM 05-2021, obecnie w fazie koncepcyjnej

## / Autonomizacja pojazdów metra – kamienie milowe realizacji



## / Autonomizacja pojazdów metra – xxx 1



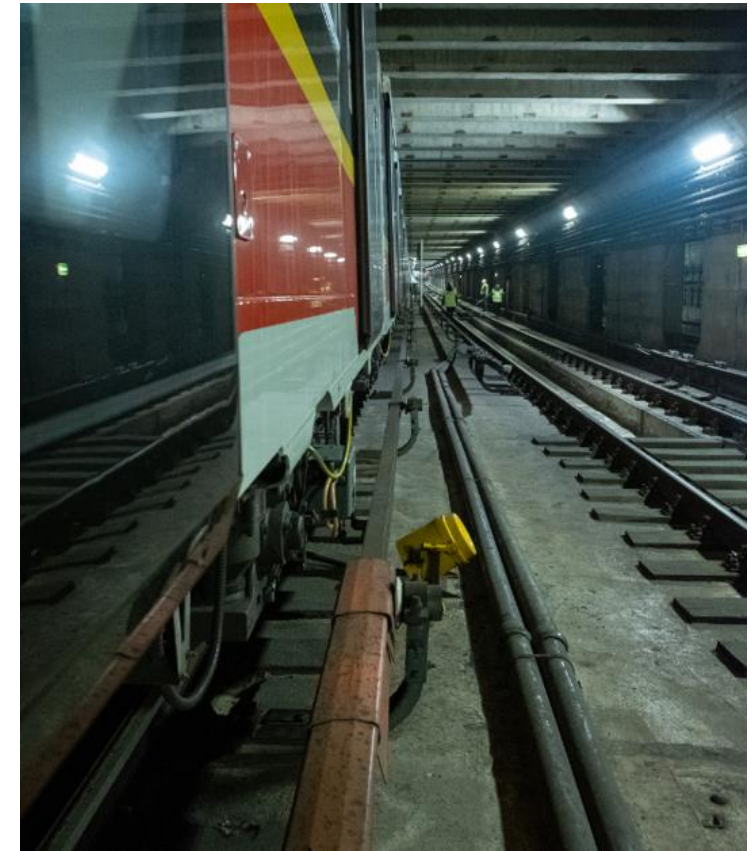
## / Autonomizacja pojazdów metra – xxx 2

scentralizowane zarządzanie  
synchronizacją rozruchu oraz  
hamowania pojazdów

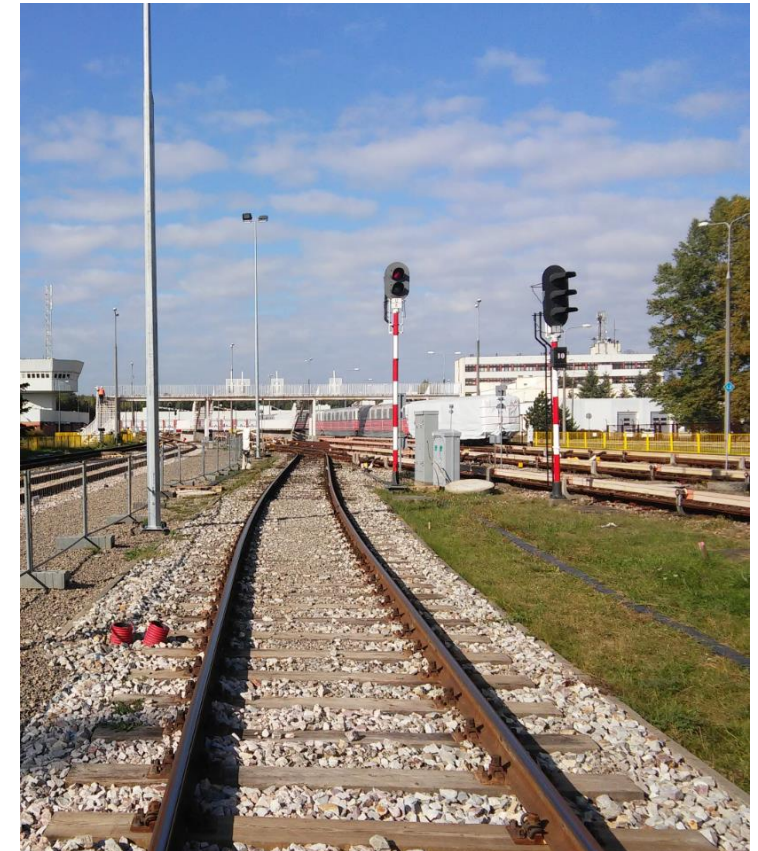
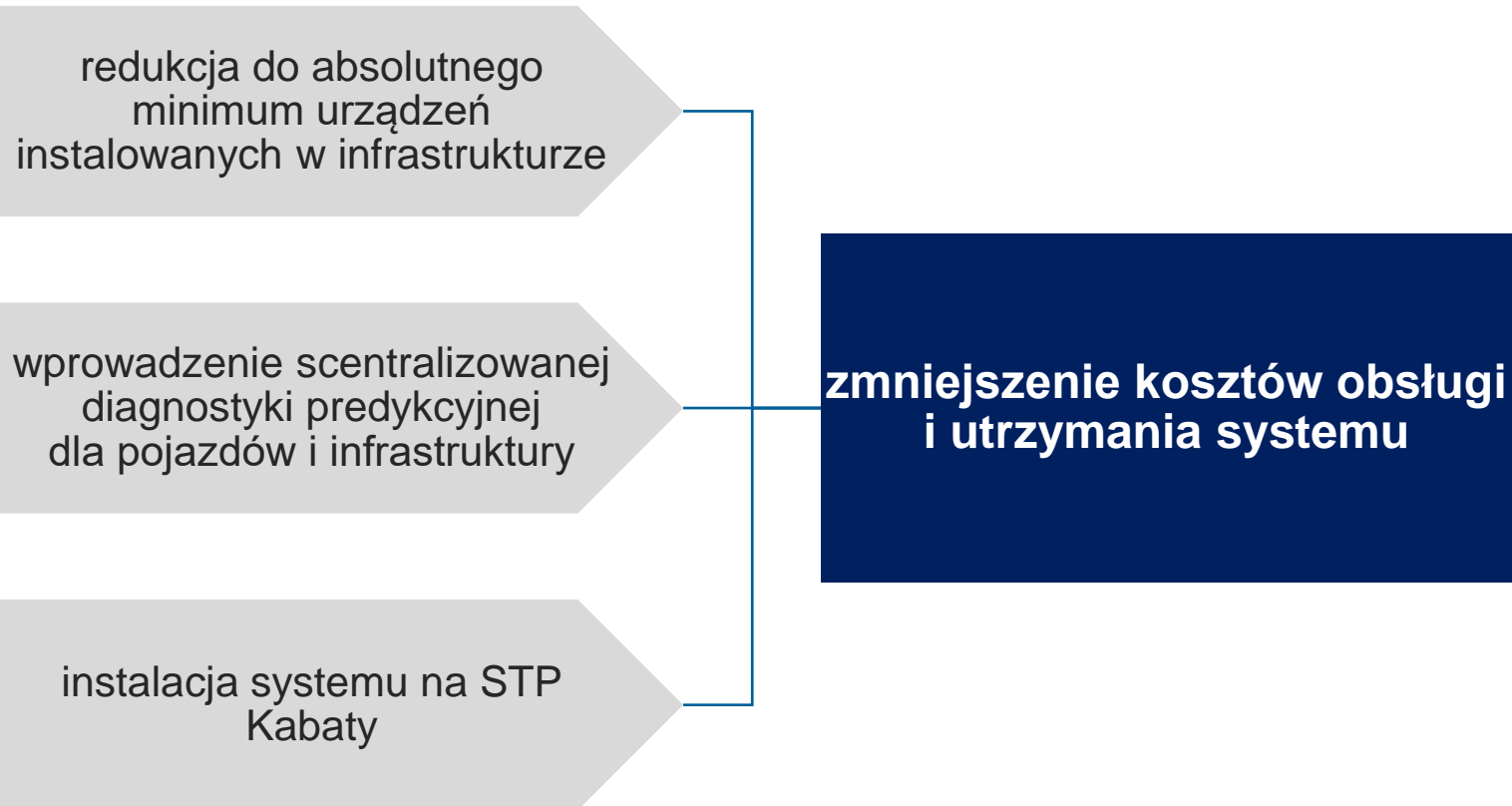
kontrola obciążenia pojedynczej  
podstacji trakcyjnej / ograniczenie  
jednoczesnego rozruchu pojazdów  
w obszarze

jazda energooszczędna w oparciu  
o profil jazdy automatycznej

**zmniejszenie  
energochłonności  
realizowanego procesu  
przewozowego**

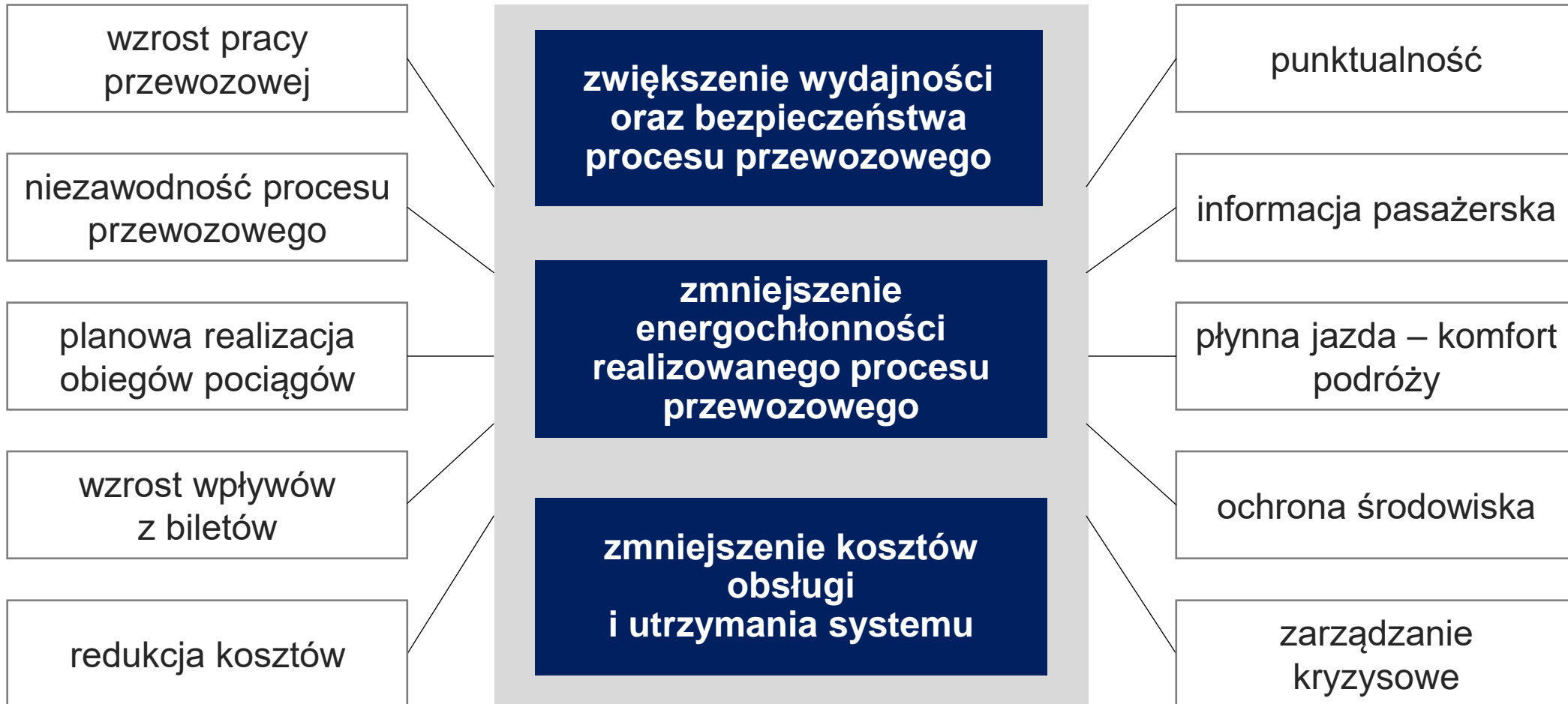


## / Autonomizacja pojazdów metra – xxx 3





## / Autonomizacja pojazdów metra – xxx 4



# / Autonomizacja pojazdów metra – możliwe strategie działania

## Wariant „0”

### Brak działań

- Pogłębiające się problemy utrzymania urządzeń
- Stały wzrost kosztów eksploatacyjnych
- Brak możliwości wzrostu pracy przewozowej
- Brak możliwości poprawy komfortu pasażerów
- Zerowe koszty inwestycji

## Wariant „MIN”

### Modernizacja

- Rozwiązanie problemów utrzymania urządzeń
- Obniżenie kosztów eksploatacyjnych w zakresie urządzeń srp
- Brak możliwości wzrostu pracy przewozowej
- Brak możliwości poprawy komfortu pasażerów
- Duże koszty inwestycji

## Wariant „MAX”

### Automatyzacja

- Rozwiązanie problemów utrzymania urządzeń
- Znaczne, kompleksowe **obniżenie kosztów eksploatacyjnych**
- **Wzrost pracy przewozowej** – więcej pociągów na linii
- **Wzrost komfortu pasażerów** – zupełnie nowe funkcjonalności
- **Duże koszty inwestycji**, ale rozłożone w czasie





## / Autonomizacja pojazdów metra – potencjalne obszary działania

- I Linia
- III Linia
- Nie tylko metro ...
- Tramwaje
- Inne nie TSI linie ...





**RM**<sup>®</sup>  
rail-mil.eu

**/ Dziękujemy za uwagę**



**dr inż. Piotr Gołębiowski**  
[pgolebiowski@wt.pw.edu.pl](mailto:pgolebiowski@wt.pw.edu.pl)

**dr inż. Wawrzyniec Wychowański**  
[wawrzyniec.wychowanski@rail-mil.eu](mailto:wawrzyniec.wychowanski@rail-mil.eu)

***Technologie dostosowane do potrzeb klienta***

