

## **„O KONKURENCYJNOŚCI I ROZWOJU KOLEI W POLSCE W PERSPEKTYWIE DO 2030 ROKU”**

### **Cyfryzacja kolei zaczyna się w podsystemie Sterowanie**

Cyfryzacja kolei jest faktem. Proces rozpoczęty wiele lat temu obejmuje coraz nowsze obszary przemysłu kolejowego. Rośnie świadomość potrzeby integracji systemu kolejowego jako systemu systemów. Przejawia się między innymi w strategii standaryzacyjnej interoperacyjności. Wiele konkretnych działań w tym zakresie zostało zaplanowanych w ramach inicjatywy Europe's Rail Joint Undertaking.

Rozwój kolei w Polsce należy postrzegać jako element ekologicznej i cyfrowej transformacji Europy. Zmiany w kierunku ekologicznej technologii to bardzo szeroki temat i w tym miejscu należy tylko wspomnieć, że w niedawnym raporcie Europejskiej Agencji Środowiska wskazano na kolej jako najbardziej zrównoważony zmotoryzowany środek transportu. W dalszych rozważaniach będą poruszane aspekty związane z nurtem cyfryzacji.

Europe's Rail to wspólna Europejska Inicjatywa Kolejowa, która będzie kontynuować prace rozpoczęte w ramach inicjatywy Shift2Rail. Została powołana do życia rozporządzeniem Rady (UE) 2021/2085 z dnia 19 listopada 2021 r. (zwanym dalej "SBA" lub "jednolitym aktem podstawowym"). Założenia tego programu jednak są o wiele szersze względem Shift2Rail i wynikają z doświadczeń wykonanych badań w poprzednich latach. Program skupia się na holistycznym podejściu do redefinicji architektury i zasad funkcjonowania systemu kierowania i sterowania ruchem kolejowym jako szkieletu dla innych podsystemów. Zgodnie z SBA, EU-Rail określiła w swoim Master Planie priorytetowe działania w zakresie badań i innowacji nad ogólną architekturą systemu i zharmonizowanym podejściem operacyjnym, w tym działania demonstracyjne na dużą skalę i obszary flagowe. Są one niezbędne do przyspieszenia penetracji zintegrowanych, interoperacyjnych i znormalizowanych innowacji technologicznych niezbędnych do wspierania Jednolitego Europejskiego Obszaru Kolejowego. Kierując się tymi założeniami wizję EU-Rail określono jako:

***Dostarczenie, poprzez zintegrowane podejście systemowe, wysokiej przepustowości, elastycznej, multimodalnej, zrównoważonej i niezawodnej zintegrowanej europejskiej sieci kolejowej poprzez wyeliminowanie barier dla interoperacyjności i zapewnienie rozwiązań dla pełnej integracji, dla europejskich obywateli i ładunków.***

Natomiast misję EU-Rail nakreślono w sposób następujący:

***Badania i innowacje w branży kolejowej, aby kolej stała się codzienną mobilnością***

W celach szczegółowych przedsięwzięcia mówi się o:

- a. *ułatwianiu działań w zakresie badań i innowacji w celu stworzenia zintegrowanej europejskiej sieci kolejowej zgodnie z projektem, eliminując bariery dla interoperacyjności i zapewniając rozwiązania dla pełnej integracji, obejmujące zarządzanie ruchem, pojazdy, infrastrukturę, w tym integrację z niestandardowymi skrajniami krajowymi, takimi jak kolej 1520, 1000 lub 1668 mm, oraz usługi, a także zapewniając najlepszą odpowiedź na potrzeby pasażerów i przedsiębiorstw, przyspieszając wdrażanie innowacyjnych rozwiązań wspierających jednolity europejski obszar kolejowy, przy jednoczesnym zwiększeniu przepustowości i niezawodności oraz obniżeniu kosztów transportu kolejowego;*
- b. *zapewnieniu zrównoważonego i odpornego systemu kolejowego: poprzez opracowanie bezemisyjnego, cichego systemu kolejowego i infrastruktury odpornej na zmiany klimatu, zastosowanie gospodarki o obiegu zamkniętym w sektorze kolejowym, pilotażowe wykorzystanie innowacyjnych procesów, technologii, projektów i materiałów w całym cyklu życia systemów kolejowych oraz opracowanie innych innowacyjnych rozwiązań w zakresie kierowanego transportu powierzchniowego;*
- c. *opracowaniu w ramach filaru systemowego ujednocionej koncepcji operacyjnej oraz funkcjonalnej, bezpiecznej i chronionej architektury systemu, z należytym uwzględnieniem aspektów cyberbezpieczeństwa, skoncentrowanej na europejskiej sieci kolejowej, do której ma zastosowanie dyrektywa 2016/797, w odniesieniu do zintegrowanych europejskich systemów zarządzania ruchem kolejowym, dowodzenia, kontroli i sygnalizacji, w tym zautomatyzowanej obsługi pociągów, co zapewni ukierunkowanie badań naukowych i innowacji na wspólnie uzgodnione i podzielane wymagania klientów i potrzeby operacyjne oraz otwartość na ewolucję;*
- d. *ułatwianiu działań badawczych i innowacyjnych związanych z kolejowym transportem towarowym i usługami transportu intermodalnego w celu zapewnienia konkurencyjnego, ekologicznego kolejowego transportu towarowego, w pełni zintegrowanego z logistycznym łańcuchem wartości, z automatyzacją i cyfryzacją kolejowego transportu towarowego w centrum uwagi;*
- e. *opracowaniu projektów demonstracyjnych w zainteresowanych państwach członkowskich;*
- f. *przyczynieniu się do rozwoju silnego i konkurencyjnego w skali globalnej europejskiego przemysłu kolejowego;*
- g. *umożliwianie, promowanie i wykorzystywanie synergii z innymi politykami, programami, inicjatywami, instrumentami lub funduszami Unii w celu maksymalizacji ich wpływu i wartości dodanej.*

Analizując powyższe zapisy warto zwrócić uwagę na pkt c). , gdzie jest mowa o:

- ujednocionej koncepcji operacyjnej oraz funkcjonalnej bezpiecznej architektury systemu ,
- zintegrowanych europejskich systemach zarządzania ruchem kolejowym, sterowania i sygnalizacji,
- automatycznej obsłudze pojazdów.

Te cele mogą zostać zrealizowane tylko z wykorzystaniem cyfryzacji, dla której wypracowane zostaną odpowiednie standardy. W przedsięwzięciu Europe's Rail będą one realizowane w ramach tzw. filaru systemowego.

Koleje tradycyjnie podchodzą do architektury systemów zgodnie z krajowym - a nawet regionalnym podejściem technicznym, co prowadzi do niejednorodnego obrazu na poziomie europejskim. Krajowe rynki infrastruktury kolejowej i pojazdów nadal istnieją w sposób, który został przewyżniony w innych rodzajach transportu lub sektorach. Problem polega na tym, że wprowadzanie innowacji i zmian w systemie jest bardzo trudne i kosztowne. Ostatecznie osłabia to wydajność i konkurencyjność kolei.

Celem filaru systemowego jest usprawnienie europejskiego systemu kolejowego w celu zaoferowania lepszych usług obywatelom europejskim, pasażerom i przesyłającym towary. W tym celu kluczowe czynniki są następujące:

- efektywność kosztowa integracji,
- migracja i wdrożenie,
- efektywność kosztowa utrzymania i rozwoju systemu,
- szybsze wdrażanie innowacji,
- dostępność rynku (dla sprzętu i świadczenia usług),
- zwiększenie ogólnej wydajności i elastyczności kolei, w tym czasu, niezawodności i bezpieczeństwa w stosunku do klienta poprzez szybsze wdrażanie kluczowych nowych technologii,
- lepsze świadczenie usług kolejowych w całej Unii Europejskiej,
- ułatwienie kolei jako integralnej części usług mobilności w całej Unii Europejskiej,
- zarządzaj różnorodnym dziedzictwem kolejowym, zapewniając interoperacyjność i ułatwiając migrację,
- solidny, wykwalifikowany i niezawodny łańcuch dostaw.

W filarze systemowy proponuje się rozwinięcie tego podejścia poprzez:

- zdefiniowanie zestawu profili aplikacji w oparciu o zharmonizowane cele i wymagania oraz wyprowadzenie zharmonizowanych procesów operacyjnych,
- wykorzystanie formalnych podejść architektonicznych, takich jak koncepcja warstwowej architektury funkcjonalnej, stosowanych w wielu branżach, takich jak motoryzacja, lotnictwo, obronność, energetyka do opracowania ram rozwoju systemu kolejowego, oraz
- harmonizacja tego podejścia do architektury systemu na poziomie europejskim, w tym zasad operacyjnych, zasad inżynierskich i wdrożeń.

Ta ewolucja systemu kolejowego programowana przez filar systemowy, powinna również uwzględniać ograniczenia, którymi są:

- ochrona inwestycji lub zidentyfikowanie alternatyw dla stopniowego wycofywania elementów, które zmniejszyłyby ogólną wydajność; w związku z tym potrzeba wykonalnej mapy drogowej transformacji. Należy to uwzględnić w programach migracji,
- uwzględnienie faktu iż, ze względu na starsze systemy, każde państwo członkowskie może mieć inną mapę drogową w kierunku europejskiego systemu kolejowego, chociaż powinny one być w miarę możliwości skoordynowane. Należy określić minimalne wymagania dla tych planów,
- konieczność uwzględnienia rozdziału między przypadkami biznesowymi operatora i zarządcy infrastruktury, w planach migracyjnych przy jednoczesnej możliwości ich ewolucji,
- system powinien być solidny i odporny,
- system powinien być elastyczny, dostępny i prosty w obsłudze,
- system powinien być skonstruowany i obsługiwany w sposób bezpieczny oraz chroniony przed cyberatakami i atakami fizycznymi, a także uwzględniać rozwój sztucznej inteligencji i robotyzacji,
- wszystkie aspekty filaru systemowego i architektury muszą umożliwiać wszystkim interesariuszom kolejowym zapewnienie bezpiecznej i ciągłej kolei oraz uwzględniać specyfikę kolei, w tym aspekty techniczne i operacyjne.
- należy zapewnić ciągłość usług kolejowych w fazach przejściowych.

Oczywiście działania Filaru Systemowego nie polegają na całkowitej zmianie systemu kolejowego. Polegają raczej na integracji nowej wiedzy naukowej i innych najlepszych praktyk branżowych w celu przyspieszenia i lepszej organizacji jego ewolucji. Zadaniem optymalizacyjnym Filaru Systemowego jest zaprojektowanie architektury, która z jednej strony standaryzuje interakcję nowych i zaawansowanych metod i technologii.

Podejście do opracowania struktury architektury systemu kolei będzie oparte na najlepszych praktykach uwzględnieniem dwóch głównych zasad:

1. Zasada funkcjonalna: architektura funkcjonalna opisuje zachowania wejścia/wyjścia - lub równoważnie funkcje - systemu, niezależnie od ich technicznej implementacji, co pozwala uniknąć narzucania jakiegokolwiek rozwiązania technicznego w ramach wizji funkcjonalnej. W pełni możliwe jest określenie rozwiązania w kategoriach zachowań funkcjonalnych, co oznacza, że określa się tylko to, co system powinien robić, a nie jak powinien działać. Funkcje są zazwyczaj stałe w czasie, co oznacza, że w porównaniu z architekturą techniczną, architektura funkcjonalna jest znacznie bardziej stabilna w perspektywie czasowej, co czyni ją bardzo dobrą do ustanawiania długotrwałych i stałych standardów i interfejsów w branży.

2. Zasada warstw: architektura funkcjonalna musi być zorganizowana w oddzielnych warstwach funkcjonalnych. Oznacza to, że funkcje systemu będące przedmiotem zainteresowania powinny być rozmieszczone w niezależnych grupach funkcji, zwanych warstwami funkcjonalnymi, które mogą wymieniać przepływy funkcjonalne (dane, materię, energię itp.) wyłącznie za pośrednictwem standardowych interfejsów funkcjonalnych. Innymi słowy, funkcja w danej warstwie funkcjonalnej może komunikować się z inną warstwą funkcjonalną tylko za pośrednictwem interfejsów funkcjonalnych, które zapewnia ta inna warstwa funkcjonalna. Funkcje nakładające się na dwie warstwy są zatem zabronione. Ta zasada warstw ma kluczowe znaczenie dla umożliwienia ewolucji systemu, ponieważ pozwala na zmianę funkcji w jednej warstwie bez żadnego wpływu na inne. Ma to zatem zasadniczy wpływ na łatwość ewolucji i opanowanie związanych z nią kosztów

Dla Filaru Systemowego zdefiniowano dwa główne zadania:

- **Filar systemowy Zadanie 1: System kolejowy UE**
- **Filar systemowy Zadanie 2: CCS+**

Uregulowanie i wdrożenie europejskiego systemu sterowania ruchem kolejowym (CCS) ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpiecznych, wydajnych, interoperacyjnych, solidnych, opłacalnych i niezawodnych usług kolejowych w Europie. CCS obejmuje wszystkie urządzenia pokładowe i przytorowe wymagane do zapewnienia bezpieczeństwa oraz planowania, sterowania i kontroli ruchu pociągów uprawnionych do poruszania się po sieci, a także skutecznej integracji procesów utrzymania, które zajmują tory.

Obecna harmonizacja na poziomie europejskim, za pośrednictwem TSI CCS, dotyczy wymogów bezpieczeństwa i interoperacyjności, funkcji pokładowych oraz interfejsów między urządzeniami przytorowymi i pokładowymi związanych z ochroną pociągu, sygnalizacją zezwolenia na ruch pociągu i komunikacją radiową. Nie jest to zatem pełny system CCS.

Nowoczesne technologie planowania i kontroli mogą w pełni wykorzystać potencjał ERTMS do precyzyjnego sterowania przepływem ruchu w znacznie bardziej wydajny, adaptacyjny i niezawodny sposób. Kluczem jest uproszczenie i wzmocnienie architektury automatyzacji realizacji funkcji poprzez wyeliminowanie przeszkadzających starszych technologii, które zostały opracowane na długo przed ERTMS. Ponadto należy zwiększyć spójność, aby zintegrować nowe lub międzysektorowe technologie urządzeń końcowych o wyższej efektywności kosztowej i wydajności.

W związku z tym przedmiotem zadania CCS+ jest opracowanie koncepcji operacyjnej (koncepcji operacyjnych) i funkcjonalnej architektury systemu dla prawdziwie zintegrowanego europejskiego systemu CCS, wspieranego przez oparte na modelach podejście do architektury i inżynierii systemów, wykraczające poza obecne specyfikacje w TSI CCS, przy znacznie większej standaryzacji i znacznie mniejszej zmienności niż obecnie. Ten zintegrowany system CCS z jednej strony zapewni nieograniczony ruch pociągów, a z drugiej strony stworzy jednolity rynek komponentów kolejowych.

Potrzeba realizacji zadania CCS+ wynika z faktu, że technologie cyfryzacji są gotowe do wykorzystania w kolejnictwie i mają ogromny potencjał w zakresie poprawy usług pasażerskich i towarowych. Cyfryzacja w połączeniu z automatyzacją to najskuteczniejszy sposób na zwiększenie wydajności i przepustowości przy mniejszej liczbie nowych inwestycji w infrastrukturę. Bez wysokiej jakości architektury dodanie takich nowych technologii i utrzymanie kompatybilności nie będzie możliwe.

Celem skupienia się na CCS+ jest zatem skorzystanie z okazji, aby w miarę migracji sieci i państw członkowskich do systemów CCS ERTMS L2 lub wyższych - zrobić to w sposób zharmonizowany zgodnie z zasadami funkcjonalnej architektury warstwowej: ustawi to wspólny punkt odniesienia, który pozwoli na ewolucję systemów w tempie ewolucji technologicznej. Będzie to znacząca zmiana od "czarnych skrzynek" do środowisk obliczeniowych "rozwiązań programowych".

Interoperacyjność operacyjna jest równie ważnym celem jednolitego europejskiego obszaru kolejowego.

Prawidłowo zaprojektowany system ERTMS oparty na łączności radiowej może znacznie obniżyć koszty przytorowe, złożoność i specyfikę sieci klasycznej sygnalizacji przytorowej ERTMS poziomu 1 i klasy B oraz zapewnia możliwość usprawnienia zasad operacyjnych i specyfikacji technicznych dla ERTMS oraz szerszych komponentów i funkcji CCS - poprawiając interoperacyjność i ogólną wydajność systemu. Kolejną ważną szansą jest zatem stworzenie zharmonizowanych zasad operacyjnych. Na tej podstawie zbieżna wspólna wizja przyszłych operacji kolejowych opartych na sieciach poziomu 2 i 3 niezależnych od ERTMS ustawi podstawę dla rozwiązań operacyjnych i technologicznych w celu zapewnienia i kontynuowania ewolucji kolei.

Dla obu zadań zdefiniowano podzadania, które odzwierciedlają systematyczne podejście do zakończenia sukcesem obu wątków.

#### Zadanie 1: System kolejowy.

- Analiza stanu obecnego systemu kolei.
- Przyszła koncepcja działania systemu kolejowego.
- Przyszła architektura systemu kolejowego.
- Mapa drogowa migracji architektury systemu kolejowego.
- Metody i narzędzia dla procesów i systemów kolejowych Architektury.

#### Zadanie 2: CCS+

- Analiza CCS+ w stanie obecnym.
- Docelowa koncepcja działania CCS+.
- Docelowa architektura systemu CCS.
- Normalizacja i plan wprowadzania danych do TSI.
- Mapa drogowa migracji architektury CSS+.
- Metody i narzędzia dla procesów i architektur systemowych CCS+ (spójne z zadaniem 1).

Opisane założenia to oczywiście wyciąg z dokumentów nakreślających cele i założenia przedsięwzięcia Europe'sRail. Jednak już ten poziom ogólności wskazuje na zmiany w kierunkach standaryzacyjnych europejskiej kolei. Kierunek ten można określić jako poszerzenie obszaru standaryzacji przy jednoczesnym wyważeniu poziomu szczegółowości i zastosowanie najlepszych praktyk analizy systemowej stosowanej w branży IT w innych gałęziach przemysłu. Taka wizja rodzi też duże wyzwania przed polską branżą kolejową w zakresie holistycznego modelowania systemu kolejowego funkcjonującego w naszym kraju.

Bibliografia:

<https://rail-research.europa.eu/> - dostęp 2023.06