

POLSKIE FORUM TRANSPORTU, LOGISTYKI I SPEDYCJI

27-28 czerwiec 2024 r.

A. NAUKA TRANSPORTOWA

A.8 INFRASTRUKTURA I STEROWANIE RUCHEM W TRANSPORCIE

A.8.1 INFRASTRUKTURA I STEROWANIE RUCHEM KOLEJOWYM

Moderator - Prof. Andrzej Lewiński

Opracował: Dr hab. inż. Andrzej Kochan

*Analiza wyzwań polskiej nauki w dziedzinie infrastruktury i sterowania
ruchem kolejowym do roku 2030 i w latach następnych*

1 Wprowadzenie – transformacja cyfrowa

W najbliższych latach zmiany w infrastrukturze i sterowaniu ruchem kolejowym będą wyznaczone przez dwa hasła: **koleje dużych prędkości** oraz **transformacja cyfrowa**.

Temat kolei dużych prędkości w Polsce wraca zupełnie w nowej odsłonie. Działania podjęte w ramach komponentu kolejowego Centralnego Portu Komunikacyjnego doprowadziły do etapu rozpoczęcia projektowania linii kolejowych z zakładaną prędkością maksymalną 350 km/h. Te prace wymagają podejmowania praktycznych decyzji projektowych zapewniających wdrożenie rozwiązań zapewniających bezpieczne przewozy z takimi prędkościami. W zakresie infrastruktury torowej pojawia się cała grupa rozwiązań związanych z rozjazdami dla dużych prędkości. Ich wymiary i konieczność przestawiania bardzo długich elementów ruchomych generują nowe wyzwania na polskiej nauce w obszarze eksploatacji, diagnostyki i utrzymaniu. W Polsce nie ma doświadczeń w praktycznych aspektach efektywnego sterowania napędami dla takich konstrukcji. Innym zagadnieniem, na które trzeba zwrócić uwagę są projekty nowego systemu zasilania trakcyjnego 2x25 kV prądu przemiennego, którego zastosowanie jest konieczne dla zapewnienia odpowiedniej mocy dla pociągów rozwijających prędkość ponad 250 km/h. To rozwiązanie również generuje cały zbiór zagadnień, których badanie stanowi wyzwanie dla polskiej nauki.

Drugie z wymienionych haseł, transformacja cyfrowa kolei to proces, który Komisja Europejska uznała jako konieczny dla zwiększenia efektywności transportu kolejowego, pogłębienia jego przyjaznego oddziaływania na środowisko oraz rozwoju nowych usług dla społeczeństwa w tym zwiększenia przewozów towarowych. W procesie tym można wyróżnić zagadnienia, które będą realizowane w praktyce również w Polsce, a których wdrożenie wymaga silnego wsparcia przez naukę i działalność badawczo-rozwojową. Można tu wyróżnić m. in:

- powszechne wdrożenie systemu ETCS,
- przygotowanie do wdrożenia nowego systemu łączności kolejowej FRMCS,
- zwiększenie automatyzacji prowadzenia pociągów z wykorzystaniem ATO,
- pogłębienie centralizacji i pełną automatyzację sterowania ruchem kolejowym,
- zastosowanie cyfrowych bliźniaków urządzeń i systemów w projektowaniu oraz bieżącej eksploatacji,
- rozwój cyfrowej interoperacyjności,
- modularyzacja systemów kierowania i sterowania,
- praktyczne podejście do cyberbezpieczeństwa.

Poszczególne wątki będą rozwinięte w dalszej części analizy. Sformułowany zbiór zagadnień wskazuje oczekiwane kierunki programów badawczo rozwojowych jak również potrzeby w zakresie kształcenia kadr dla gałęzi transportu kolejowego. W przypadku cyfrowych systemów wchodzących w skład systemu kolejowego ich złożoność wynika z rozproszonej geograficznie struktury, dużej ilości danych konfiguracyjnych, zależności realizacji funkcji od właściwości fizycznych infrastruktury i pociągu. Dla takich systemów głównym wyzwaniem nie jest poszukiwanie zupełnie nowych rozwiązań technicznych. Istniejące znacznym stopniu już wystarczają, aby zapewnić odpowiednie funkcjonalności. Barię często okazuje się ogromny nakład wiedzy i wysiłku intelektualnego jaki jest potrzebny na zaprojektowanie i oprogramowanie danego zastosowania oraz wykazanie poprawności takich rozwiązań. Złożoność cyfrowych systemów implementowanych dla transportu kolejowego to również ogromne wyzwanie w obszarze wykazania bezpieczeństwa ruchu kolejowego.

2 Zarządzanie ruchem kolejowym dla kolei dużych prędkości

Jak już wspomniano w kontekście prac związanych z Centralnym Portem Komunikacyjnym wraca temat kolei dużych prędkości. Charakterystyczne cechy tej odmiany transportu kolejowego są zdeterminowane przez parametr maksymalnej prędkości z jaką porusza się pociąg realizujący przewóz. W Polsce ostatnie zapowiedzi w tym zakresie oscylują pomiędzy 320 a 350 km/h. Są to wartości bardzo duże, choć na świecie pociągi kursują z takimi prędkościami od wielu lat. Przykładami są Francja, Niemcy, Japonia czy Chiny rozwijające sieć takich połączeń w błyskawicznym tempie w ostatniej dekadzie. Takie parametry podróży definiują nowe potrzeby w zakresie kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Należą do nich:

- zastosowanie systemu ETCS poziomu 2 jako determinującego zasady ruchu kolejowego,
- prowadzenie pociągu bez sygnalizatorów,
- zasady ruchowe w obszarze bez sygnalizatorów i na granicach z siecią wyposażoną w klasyczną sygnalizację,
- kompletny nadzór nad ruchem kolejowym poprzez **zautomatyzowane**:
 - śledzenie sytuacji ruchowej,
 - generowanie operacyjnego rozkładu jazdy,
 - identyfikację konfliktów ruchowych,
 - rozwiązywanie konfliktów ruchowych,
 - generowanie planu operacyjnego na potrzeby automatycznego sterowania urządzeniami przytorowymi.

Wszystkie powyższe zagadnienia w kontekście rozwoju możliwości technicznych w obszarach przetwarzania danych, sieci transmisji danych i systemów decyzyjnych stanowią wyzwania dla polskiej nauki. Wiele kierunków badań, które kiedyś były zarzucone ze względu na złożoność obliczeniową powinny zostać zrewidowane w kontekście aktualnych możliwości.

Kompleksowe rozwiązania informatyczne w zakresie zarządzania ruchem kolejowym w skali całego kraju są aktualnie wdrażane w wielu europejskich krajach (Dania, Norwegia, Szwecja) a w ramach europejskiego programu badawczego Europe's Rail działa grupa robocza zajmująca się harmonizacją operacyjną systemów kolei na terenie Wspólnoty Europejskiej. Takie rozwiązania są również projektowane dla kolei dużych prędkości w Polsce, a w dalszej perspektywie powinny znaleźć zastosowanie na obszarze całego kraju.

3 Powszechne wdrożenie ETCS – redukcja i uproszczenie urządzeń przytorowych

Ministerstwo Infrastruktury prowadzi konsultacje w sprawie aktualizacji Krajowego Planu Wdrożenia TSI Sterowanie. Zgodnie z planem do 2023 roku ETCS poziomu 1 i 2 miał być wdrożony na ponad 2300 km głównych linii, a tymczasem na razie mamy tylko kilkaset kilometrów, co spowodowane jest m.in. opóźnieniami w budowie systemu GSM-R. Do tej pory plany obejmowały horyzont do 2050 roku i przewidywały wyposażenie w ETCS 8223 km linii kolejowych. Prowadzi to jednak do pytania o bezpieczeństwo na pozostałych 60% sieci kolejowej w kraju, które nie były objęte planem wdrożenia. Na tych odcinkach w tej chwili maszynista w Polsce jest wspomagany tylko przez system SHP i aktywnego czuwaka. Są to systemy, które mają potwierdzić jego gotowość do postrzegania sygnalizatorów. Przy ich pomocy maszynista jest tylko pobudzany do gotowości natomiast nie kontrolują one czy pociąg ma prawo wjechać na dany odcinek toru znajdujący się za sygnalizatorem. Niestety, po wielu godzinach pracy może się zdarzyć, że maszynista potwierdza gotowość odpowiednim przyciskiem bezrefleksyjnie. Taki stan rozwiązań technicznych powoduje, że pełną

odpowiedzialność za prawidłową interpretację wskazań sygnalizatorów, a tym samym za bezpieczeństwo ruchu kolejowego ponosi praktycznie niczym nie wspierany maszynista. Konieczne jest wprowadzenie rozwiązań technicznych realizujących takie wsparcie. Dyżurni ruchu od lat są wspierani przez różne systemy.

Jedyną racjonalną odpowiedzią jest powszechne wdrożenie w Polsce ETCS, a więc instalacja tego systemu na pozostałych 60% sieci zamiast SHP. Oczywiście w tym miejscu pojawiają się argumenty ekonomiczne. ETCS w pełnej konfiguracji jest aktualnie nieuzasadniony dla linii o małym natężeniu ruchu kolejowego. Odpowiedzią na tą argumentację jest instalacja konfiguracji tego systemu w trybie Limited Supervision. To podejście jest bardzo elastyczne i pozwala na dopasowanie zaawansowania środków technicznych do potrzeb zabezpieczenia ruchu kolejowego na określonym odcinku i możliwości finansowania zwiększenia bezpieczeństwa. Przy pomocy tego rozwiązania zrealizowane zostało powszechne wdrożenie ETCS w całej Szwajcarii, częściowo w Belgii. Aktualnie podobne plany mają Czechy i Niemcy. Wyzwaniem dla środowiska naukowego jest dostarczenie odpowiednich rozwiązań z zakresu systemów decyzyjnych opartych o analizę ryzyka, automatyzujących proces wyboru właściwej konfiguracji ETCS L1 LS dla poszczególnych lokalizacji. Kolejnym wyzwaniem dla obszaru nauki jest wspomaganie standaryzacji procesu powszechnego wdrożenia na który się składa: projektowanie, certyfikacja, odbiór, dopuszczenie do eksploatacji.

Drugi aspekt wdrożenia ETCS to efektywne wdrożenie systemu w 2 poziomie zastosowania. Ten wariant systemu umożliwi ciągłą aktualizację zezwolenia na jazdę bezpośrednio w kabinie maszynisty i redukcję urządzeń przytorowych, w szczególności sygnalizatorów. To zadanie wymaga badań nad wpływem tych możliwości na zasady prowadzenia ruchu kolejowego. Występuje tu kilka aspektów, m. in.:

- strat misji pociągu,
- przejazd pomiędzy obszarami wyposażonymi i niewyposażonymi w sygnalizatory,
- jazda w trybach innych niż Pełen Nadzór (FS),
- jazda w stanie awarii systemu ETCS,
- ruch mieszany pociągów wyposażonych jak i niewyposażonych w ETCS.

Ze względu na różnorodność przypadków do analizy niezbędny jest rozwój narzędzi do modelowania infrastruktury i symulacji ruchu kolejowego. Kolejne zadanie to standaryzacja w tym zakresie. Badania prowadzone w tym zakresie w Zakładzie Sterowania Ruchem i Infrastruktury Transportu pozwoliły na opracowanie teoretycznych założeń dla cyfrowego bliźniaka aplikacji ETCS. Założenia te obejmują wszystkie niezbędne modele składowych ETCS, jego otoczenia i procesów związanych z jazdą pociągu pod nadzorem tego systemu. Oczywiście modele mają swoje ograniczenia. Wydaje się jednak, że spójna przestrzeń modeli umożliwi systematyczny ich rozwój. To również droga do wprowadzania standardów opisu wybranych aspektów cyfrowego odwzorowania systemu ETCS. Potrzeba rozwoju badań laboratoryjnych jest podnoszona przez różne gremia: komisję Europejską, Europejską Agencję Kolejową, Urząd Transportu Kolejowego, Grupę Użytkowników ERTMS. Podążając w tym kierunku Ośrodek Certyfikacji Transportu WTPW razem z firmą Alstom przeprowadzili pierwsze takie testy w kraju. Istnieje pilna potrzeba rozwoju doświadczeń w tym obszarze.

4 System łączności kolejowej - FRMCS

Kolejnym game changerem w najbliższych kilkunastu latach będzie wdrożenie FRMCS (ang. Future Railway Mobile Communication System). System jest następcą GSM-R będącego systemem łączności radiowej i częścią ERTMS. Jego wprowadzenie nie jest jednak tylko

rozwojem techniki transmisji bezprzewodowej. To rewolucyjna zmiana w zakresie transmisji danych w zastosowaniach kolejowych. Zmiana ta ma dwa kierunki. Pierwszy z nich to wprowadzenie warstwowego podejścia do architektury systemu łączności i logiczne oddzielenie transmisji radiowej od kluczowej części specyfikacji. Takie podejście w naturalny sposób stwarza możliwości niezależnych rozwiązań, które będą otwarte na rozwój technologii teletransmisyjnych.

Drugi z nich to identyfikacja i rozwój nowych usług systemu łączności, który w FRMCS raczej należy postrzegać jako system transmisji danych zapewniający różne usługi m. in.

- łączność kolejową o znaczeniu krytycznym, głównie nośnik dla ETCS i działania ATO,
- bezpieczną łączność głosową między maszynistą, a dyżurnym ruchu lub innymi grupami użytkowników,
- łączność w zakresie obsługi telemetrii w pociągu,
- utrzymania infrastruktury o znaczeniu niekrytycznym,
- niekrytycznego wideo w czasie rzeczywistym i podobnych zastosowań,
- łączność dla aplikacji biznesowych np. dostarczających informacje dla społeczeństwa i połączeń komunikacyjnych dla pasażerów

W zakresie warstwy radiowej aktualnie planowane są rozwiązania 5G zgodne z architekturą 3GPP. Dzięki tej zgodności możliwe jest:

- wsparcie dla wielu technologii radiowych,
- elastyczne zarządzanie dostępem,
- obsługę usług i aplikacji niezależnych od nośnika, a także wyższą niezawodność,
- znaczące zwiększenie wydajności,
- elastyczne opcje płynnej migracji do nowych technologii radiowych w przyszłości.

Aktualnie UIC pracuje nad kolejną wersją standardów dotyczących FRMCS. Ich pierwsze wydanie zostało opublikowane rok temu i wstępnie definiuje zakres funkcjonalności poddawanej standaryzacji.

W ciągu najbliższych lat oczekiwane jest prowadzenie badań nad praktycznymi aspektami wdrożenia FRMCS. Ostatnia konferencja poświęcona ERTMS organizowana przez Agencję w wielu momentach poruszała zagadnienia związane z tą nową technologią. Należą do nich:

- weryfikacja funkcjonalności,
- budowa prototypów urządzeń pokładowych i przytorowych,
- weryfikacja urządzeń na poligonach,
- konfiguracja sieci 5G pod kątem współpracy z usługami FRMCS,
- testowanie przykładowych aplikacji użytkownika.

Mając na uwadze aktualne problemy z budową sieci GSM-R należy uruchamiać programy badawcze mające na celu przygotowanie Polski do wdrożenia FRMCS. Aktualnie wartościowe byłby działania poddające analizie strukturę budowanego GSM-R pod kątem do przyszłych aktywności związanych z migracją. W kontekście przyszłego wykorzystania usług FRMCS niezbędne jest przygotowanie analiz aktualnych rozwiązań informatycznych narodowego zarządcy infrastruktury kolejowej oraz przyszłych potrzeb w celu opracowania mapy drogowej rozwoju aplikacji teleinformatycznych polskiej kolei wspierających eksploatację, diagnostykę i utrzymanie wszystkich podsystemów: sterowania, energii, infrastruktury torowej i taboru.

5 Centralizacja i pełna automatyzacja sterowania

Inwestycje prowadzone w wielu krajach europejskich obejmują projekty mające na celu pełną automatyzację sterowania urządzeniami przytorowymi srk. Już aktualnie również w

Polsce dyżurni ruchu są wspomagani przez komputerowe systemy zdalnego sterowania. Urządzenia te pozwalają centralizować sterowanie na odcinkach do kilkudziesięciu kilometrów obejmujących kilka posterunków ruchu. Dalszy postęp centralizacji jest możliwy przy wprowadzeniu automatyzacji nastawiania przebiegów. W Polsce PKP PLK ma już gotowe założenia dla wprowadzenia tej funkcjonalności, które są wynikiem szeroko prowadzonych konsultacji. Jednak na drodze do praktycznego wdrożenia stanął fakt, że system konstrukcji rozkładów jazdy nie generuje danych o wystarczającej szczegółowości, aby automatycznie podejmować decyzję o dokładnych miejscach zatrzymania pociągów. Innym brakującym ogniwem jest pełna informacja o aktualnej rzeczywistej sytuacji ruchowej, która często różni się od planowego rozkładu jazdy. Bez tej informacji niemożliwa jest automatyczna synchronizacja.

Przytoczone sytuacje wskazują, iż wprowadzanie automatyzacji sterowania wymaga znacznie szerszego spojrzenia na systemy kierowania i sterowania ruchem, a także na proces ruchowy. Jest to wyzwanie dla kadry naukowo badawczej, która posiada możliwość agregowania wiedzy z różnych obszarów. Celem badań naukowych w tym zakresie jest identyfikacja wszystkich czynników, które są istotne przy automatycznym nastawianiu przebiegów. Ciekawym zadaniem są rozważania optymalizacji działania systemu srk w kontekście wiedzy o zaplanowanych przebiegach w dalekim horyzoncie czasowym. Szczególnie istotnym zagadnieniem jest opracowanie mechanizmów pozwalających na poprawne działanie automatu również w stanie częściowej sprawności części przytorowej systemu sterowania. Istotnym elementem tego zagadnienia jest identyfikacja zagrożeń, analiza ryzyka i sposoby jego mitygacji w celu zapewnienia bezpieczeństwa i efektywności ruchu kolejowego.

6 Cyfrowy bliźniak infrastruktury kolejowej i systemów

Cyfrowy bliźniak to odwzorowanie rzeczywistego systemu w wirtualnej cyfrowej postaci, na którą składają się struktury danych i algorytmy. Dokładniej definiując cyfrowego bliźniaka systemu należałoby stwierdzić, że jest to cyfrowe odwzorowanie rzeczywistej struktury (modele architektury) i procesów (modele symulacyjne) zachodzących w systemie, mające dwukierunkową transmisję danych z/do systemu rzeczywistego oraz przechowujące dane opisujące stan aktualny i dane archiwalne, które mogą być poddawane przetwarzaniu w celu zwiększenia efektywności rzeczywistego systemu.

Systemy informatyczne wspomagające procesy transportu kolejowego wymagają dokładnego cyfrowego opisu rzeczywistości. Technologia cyfrowego bliźniaka nie jest skomplikowana w swych ogólnych założeniach. Jednak przy docelowym zastosowaniu również w transporcie kolejowym staje się przestrzenią, która wymusza standaryzację modelowania rzeczywistości. W zależności od oczekiwanej dokładności weryfikuje także modele wcześniej stosowane o ugruntowanej pozycji z wykorzystaniem dostarczanych na bieżąco ogromnych ilości danych.

Cyfrowy bliźniak najlepiej się sprawdza jako odwzorowanie urządzeń czy systemów. Ma swoje zastosowanie w różnych etapach cyklu życia np.: na etapie projektowania i eksploatacji.

W fazie projektowania model cyfrowy tworzony jest przez projektanta w środowisku projektowym. Nie należy jednak utożsamiać takiego środowiska z każdym narzędziem CAD. Środowisko edycji cyfrowego bliźniaka posługuje się cyfrowymi elementami składowymi o dobrze określonej składni i semantyce. W ten sposób w każdej chwili model może być automatycznie przetwarzany przez algorytmy weryfikujące kryteria poprawności.

Ukończony model będący projektem rzeczywistego urządzenia/systemu może być poddawany testom w wirtualnych laboratoriach. Przydatność takich testów jest mocno uzależniona od dokładności modelu.

Na etapie eksploatacji cyfrowy bliźniak jest połączony z fizycznym bliźniakiem. Rzeczywisty system jest wyposażony w odpowiedni zbiór czujników, które na bieżąco przesyłają informacje o parametrach pracy lub otoczenia. W cyfrowym bliźniaku powstaje obraz, który może być monitorowany według zdefiniowanych kryteriów. To zastosowanie cyfrowego bliźniaka w sposób szczególny może przyczynić się do rozwoju diagnostyki predykcyjnej.

Z punktu widzenia projektowania systemów sterowania ruchem kolejowym w tym ETCS na szczególną uwagę zasługuje koncepcja cyfrowego, międzybranżowego opisu infrastruktury kolejowej, który jest utrzymywany przez cały cykl życia odpowiedniego fragmentu sieci kolejowej. Takie aktualizowane na bieżąco odwzorowanie jest punktem wyjścia dla wielu rzeczywistych procesów.

Rola środowiska naukowo badawczego w tworzeniu cyfrowych bliźniaków jest ogromna. Budowanie i weryfikacja dokładnych modeli urządzeń i systemów wymaga mrówczej pracy, odpowiedniego dokumentowania efektów, ciągłej w miarę możliwości obiektywnej oceny poprawności modelu. Z całą pewnością wartościowe byłoby opracowanie rozwiązań dla cyfrowego bliźniaka infrastruktury kolejowej, które pozwalałyby na automatyczne utrzymywanie aktualności cyfrowego odwzorowania oraz rozwiązań, które na bieżąco w sposób automatyczny weryfikowałyby poprawność parametrów eksploatacyjnych infrastruktury.

7 Cyfrowa interoperacyjność

Cyfrowa transformacja zakłada współpracę systemów informatycznych obsługujących proces transportu kolejowego na różnych poziomach operacyjnych i w różnych dziedzinach. To założenie wymaga posługiwania się taką samą terminologią przy opisywaniu artefaktów towarzyszących procesowi. Wspólne i spójne rozumienie tych zagadnień jest jednym z kluczy do poprawnej i efektywnej współpracy systemów. Tytułowa cyfrowa interoperacyjność powinna być rozumiana jako wymiana danych o ustandaryzowanej składni i semantyce. W tym obszarze w najbliższych latach musi być wykonana olbrzymia praca przez środowisko naukowe wspierające procesy tworzenia ontologii opisujących kolejową rzeczywistość. Takie działania są również widoczne na poziomie europejskim. Już w czerwcu Europejska Agencja Kolejowa organizuje konferencję poświęconą tylko danym dla branży kolejowej “Rail Data Forum 2024” w Veronie. Agencja w swoich celach zapisała, dążenie do organizacji swojej działalności skoncentrowanej na danych. Obecnie aktualizuje swoje rozwiązania informatyczne, aby oddzielić dane od aplikacji, wykorzystując podejście semantyczne.

Wydarzenie skupiać się będzie na tym, w jaki sposób technologie semantyczne mogą odegrać kluczową rolę w organizowaniu i reprezentowaniu wzajemnie połączonych danych, poprawie jakości danych i realizacji celu: FAIR data (ang. Findable, accessible, interoperable and reuseable)

Konferencja poruszać będzie następujące zagadnienia merytoryczne:

- Semantyka napędzająca dane FAIR w kolejnictwie,
- Standaryzacja wymiany danych w telematyce - Techniczne specyfikacje interoperacyjności,
- Dane wspierające operacje kolejowe,
- Dostawcy i odbiorcy danych,
- Jakość danych,
- Książka trasy maszynisty,
- Dane infrastrukturalne jako podstawa danych kolejowych,
- Telematyka przewozów towarowych,
- Telematyka przewozów pasażerskich.

Zakłada się, że konferencja zapoczątkuje szerszą i głębszą współpracę w zakresie danych kolejowych. To zupełnie nowe wyzwanie dla polskich zarządców infrastruktury, którzy będą potrzebowali merytorycznego wsparcia we wdrażaniu tych rozwiązań.

Takie wsparcie może zapewnić środowisko naukowe dziedziny transportu kolejowego. Analiza proponowanych ontologii, wskazanie relacji do terminologii obowiązującej w Polsce jest kluczem dla sukcesu zapewnienia interoperacyjności systemów IT i efektywnej współpracy tych systemów z rozwiązaniami państw ościennych czy instytucji europejskich. Biorąc pod uwagę, że w tym zakresie praktycznie nie ma branżowych wytycznych ani standardów ilość wyzwań i zadań badawczych jest ogromna.

8 Cyberbezpieczeństwo

Doświadczenia w Polsce i na świecie pokazują, że cyfryzacja systemów kolejowych przynosi bezprecedensowy wzrost wydajności i poprawę obsługi klienta. Jednak korzyści te są widoczne dopiero po połączeniu różnych aplikacji poprzez sieć transmisji danych a część z nich musi być podłączona do publicznego Internetu. Taka sytuacja w znaczącym stopniu zwiększa możliwość cyberataku na sieci teleinformatyczne wykorzystywane w transporcie kolejowym a w szczególności w sterowaniu ruchem kolejowym.

Z formalnego punktu widzenia znajdujemy się tuż przed wejściem w życie dyrektywy NIS 2, która reguluje obowiązki podmiotów o działalności jest związanej z infrastrukturą krytyczną np. przez udział w łańcuchu dostaw. Do 17 kwietnia 2025 roku, państwa członkowskie powinny ustalić wykaz podmiotów kluczowych i ważnych. To pokazuje skalę wyzwania jakim będzie cybernetyczne zabezpieczenie tych podmiotów.

Jednak wyzwania dla jednostek naukowych zajmujących się infrastrukturą i sterowaniem ruchem kolejowym będą zgoła inne. Metodyka określania poziomu bezpieczeństwa wymaga przeprowadzenia analizy ryzyka dla systemów IT/OT wspierających transport kolejowy. Taki proces trzeba będzie przeprowadzić zarówno dla systemów jak i urządzeń, które te systemy tworzą. Metodykę opisującą, w jaki sposób zapewnić skuteczne cyberbezpieczeństwo kluczowych sieci w centrum kontroli operacyjnej zgodnie z normami, takimi jak IEC 62443 i czy technicznym standardem CENELEC TS-50701. Zgodnie z tymi wytycznymi określa się następujące poziomy bezpieczeństwa.

- Poziom bezpieczeństwa SL0 - Urządzenia na tym poziomie nie są chronione. Dlatego ten poziom nie stawia przed nimi żadnych wymagań co do zabezpieczeń.
- Poziom bezpieczeństwa SL1 - Ochrona przed niezamierzonym lub przypadkowym niewłaściwym użyciem.
- Poziom bezpieczeństwa SL2 - Ochrona przed celowym nadużyciem za pomocą prostych środków ataku przy niewielkich zasobach, ogólnych umiejętnościach i niskiej motywacji atakującego. Na przykład: próba przejęcia uprawnień lub dostęp do urządzeń, do których inżynier nie ma dostępu. Zabezpieczenie na poziomie SL2 jest obecnie wymaganym standardem dla przemysłu.
- Poziom bezpieczeństwa SL3 - Ochrona przed celowym nadużyciem za pomocą wyrafinowanych środków z umiarkowanymi zasobami, umiarkowaną wiedzą specjalistyczna i umiarkowaną motywacją. Na przykład: próba wgrania złośliwego oprogramowania do urządzenia.
- Poziom bezpieczeństwa SL4 - Ochrona przed celowym nadużyciem przy użyciu zaawansowanych środków, przez hakerów z wysoką wiedzą specyficzną oraz wysoką motywacją. Na przykład: ataki przeprowadzane przez wywiad obcych państw.

Tak sformułowane wymagania mają bardzo płynne granice. Wskazanie “tylko” poziomu SL2 jako standardowego zabezpieczenia ma swoje przyczyny. Cyberzabezpieczenia systemów są

bardzo kosztowne. Co więcej zbudowanie odpowiedniego systemu zabezpieczeń nie kończy procesu ochrony. W dalszym okresie użytkowania niezbędna jest analiza pojawiających się nowych rodzajów ataków i identyfikowanie pominiętych podatności. Te wszystkie działania wiążą się z dodatkowymi kosztami. Ich optymalizacja jest możliwa przy dokładnej identyfikacji szczególnie podatnych elementów systemu i odpowiednim doborze metod i środków zabezpieczenia. Takich usług powinny dostarczyć multidyscyplinarne zespoły naukowo - badawcze realizujące projekty skupiające się na modelowaniu istniejących rozwiązań pod kątem podatności. Drugim obszarem, który wymaga naukowego zaangażowania są specjalizowane techniki zarządzania ryzykiem wynikającym z cyberzagrożeń. Zagrożenia te mają charakter dynamiczny, rozwijają się. Dlatego też metody mitygujące zagrożenia powinny mieć jak najszerszy charakter zakładający taki rozwój. Kolejną przestrzenią, która wymaga zaangażowania ekspertów naukowych jest konstruowanie procedur testujących odporność systemów IT/OT na znane ataki. Odpowiedni dobór symulowanych ataków również wymaga znajomości i znaczenia poszczególnych składowych procesu transportu kolejowego.