

# Przegląd obszarów aktywności Instytutu Kolejnictwa

Marek PAWLIK<sup>1</sup>

## Streszczenie

Transport kolejowy korzysta z rozwiązań mechanicznych, pneumatycznych, elektrycznych, elektrotechnicznych, przekątnikowych oraz elektronicznych i komputerowych, a także hydraulicznych, optycznych i laserowych. Te wszystkie technologie są wykorzystywane na potrzeby realizacji oraz bieżącej kontroli prawidłowego działania różnych funkcji infrastrukturalnych i taborowych oraz wsparcia i dokumentowania eksploatacji i prac utrzymaniowych. Bezpieczne i niezawodne funkcjonowanie kolei w istotnym zakresie zależy od właściwego współdziałania różnych stosowanych rozwiązań technicznych i proceduralnych. Opiera się ono na dokumentach normatywnych, procedurach dopuszczeniowych oraz zasadach postępowania przy zmianach technicznych, eksploatacyjnych i organizacyjnych. Artykuł przedstawia złożoność techniczną systemu kolejowego, rodzaje i uwarunkowania formalne dokumentów normatywnych i dokumentów prawnych definiujących wymagania techniczne i proceduralne, aby na tym tle przedstawić obszary aktywności Instytutu Kolejnictwa począwszy od kompetencji technicznych i zaplecza badawczego wykorzystywanych w procesach dopuszczeniowych, aż do zaangażowania w prace nad dokumentami normatywnymi.

**Słowa kluczowe:** infrastruktura kolejowa, tabor kolejowy, procesy dopuszczeniowe, dokumenty normatywne

## 1. Wstęp

Transport kolejowy wykorzystuje rozwiązania techniczne i proceduralne oraz formalno-prawne o bardzo zróżnicowanym charakterze. Większość osób zawodowo związanych z transportem kolejowym ma kompetencje i realizuje prace w stosunkowo wąskim obszarze, np. w odniesieniu do budowania i napraw drogi kolejowej, czy w odniesieniu do bieżącego utrzymania i eksploatacji pojazdów kolejowych. Tymczasem prawidłowe, bezpieczne i niezawodne funkcjonowanie kolei w istotnym zakresie zależy od właściwego współdziałania rozwiązań technicznych i proceduralnych stosowanych w różnych obszarach. Odpowiednie relacje pomiędzy nimi są zapewniane dzięki stosowaniu dokumentów normatywnych, które przesądzają np. z jednej strony wymagania materiałowe, wytrzymałościowe, jakościowe oraz wymiary i geometrię szyn, w tym np. graniczne dopuszczalne zużycie boczne główki szyny, a z drugiej strony wymagania materiałowe, wytrzymałościowe, jakościowe oraz wymiary i geometrię kół, w tym np. graniczne dopuszczalne zużycie obrzeży kół.

Wspomniane dokumenty normatywne mają różny charakter formalno-prawny oraz zróżnicowaną szczegółowość. Nadto zmieniają się na przestrzeni

lat, tym szybciej im bardziej zaawansowana jest technologia, której dotyczą – najszybciej dla programowalnych rozwiązań cyfrowych. Stanowi to poważne wyzwanie w powiązaniu z długimi, kilkudziesięcioletnimi, okresami trwałości kolejowej infrastruktury i taboru kolejowego. W efekcie z jednej strony konieczne jest uwzględnianie już dopuszczonych i aktualnie eksploatowanych rozwiązań technicznych przy tworzeniu dokumentów normatywnych, a z drugiej strony dochowywanie staranności przy technicznych oraz jakościowych weryfikacjach z zachowaniem stosowanych reżimów formalno-prawnych.

Odpowiednie kompetencje utrzymuje Instytut Kolejnictwa, który prowadzi prace naukowe, badania oraz procesy dopuszczeniowe transportu szynowego, w tym kolejowego, jak i kolejowe komitety normalizacyjne Polskiego Komitetu Naukowego – PKN/KT61 oraz PKN/KT138, a także aktywnie uczestniczy w pracach europejskiego forum koordynacji jednostek certyfikujących pod dyktando w sprawie interoperacyjności kolei. W tym kontekście bardzo istotny jest fakt, że Instytut zbudował i utrzymuje kompetencje i stanowiska badawcze we wszystkich kluczowych obszarach technicznych wykorzystywanych w transporcie szynowym.

Niniejszy artykuł stanowi krótki przegląd obszarów aktywności Instytutu Kolejnictwa i pokazuje,

<sup>1</sup> Dr hab. inż., prof. IK; Instytut Kolejnictwa; e-mail: mpawlik@ikolej.pl.

w jaki sposób pracownicy oraz infrastruktura badawcza Instytutu przyczyniają się do zapewnienia prawidłowego, bezpiecznego i niezawodnego, funkcjonowania kolei.

## 2. Rozwiązania techniczne i proceduralne współtworzące kolej

Każdy system transportowy obejmuje infrastrukturę transportu, środki transportu oraz procedury prowadzenia i dokumentowania eksploatacji. W przypadku kolei, infrastrukturę stanowią linie i stacje kolejowe, a także różnego rodzaju bocznice i punkty załadownicze. Środkami transportu są elektryczne i spalinowe zespoły trakcyjne, lokomotywy, wagony pasażerskie i towarowe, a także pojazdy specjalne np. inspekcyjne, utrzymaniowe czy naprawcze. Stosowne procedury definiują zasady prowadzenia ruchu i pracy dyżurnych, maszynistów i różnego rodzaju personelu, którego praca ma wpływ na bezpieczeństwo i niezawodność kolei: od obchodowych i zwrotniczych po stronie infrastruktury oraz rewidentów po stronie taboru, po pracowników centrum zarządzania kryzysowego zarządcy infrastruktury i dyspozytury przewoźników kolejowych zarządzających obiegami taboru i organizacją pracy drużyn pociągowych.

Różnymi obszarami transportu szynowego przez długie lata życia zawodowego zajmuje się blisko dwustu pracowników Instytutu Kolejnictwa. Nie sposób omówić w jednym artykule wszystkie typy rozwiązań i związane z nimi wyzwania, jednak aby uzyskać obraz systemu kolejowego umożliwiający wychwytywanie istotnych styków, interfejsów, zależności, pomiędzy różnymi obszarami, kluczowe ich rozwiązania wskazano w dwunastu podrozdziałach.

### 2.1. Droga kolejowa – od gruntu rodzimego do powierzchni tocznej szyn

Dostrzegany przez pasażerów tor kolejowy, na który składają się szyny, podkłady i przytwierdzenia szyn do podkładów, nie może i nie jest umieszczany wprost na gruncie. Konieczne jest zapewnienie odpowiedniego przenoszenia obciążenia na grunt rodzimy. Po weryfikacji parametrów gruntu rodzimego podtorze najczęściej buduje się od dołu wykorzystując geosiatki, geowłókniny, pospółkę i tłuczeń. Warstwę tłuczni dostosowaną do przenoszonych obciążeń zabudowuje się pod podkładami. Tłuczeń umieszcza się także pomiędzy podkładami i na koronie torowiska. Pod torami często znajdują się obiekty inżynieryjne – przepusty, mosty, wiadukty, estakady. Duże obiekty mogą być wyposażone w koryta balastowe. Jednak ze względu na obciążenia coraz częściej stosuje się konstrukcje

bezpodsypkowe na mostownicach lub z nawierzchniami bezpodsypkowymi. Nawierzchnie bezpodsypkowe buduje się od dołu bądź od góry zależnie od typu konstrukcji. Nawierzchnie bezpodsypkowe, jako utrzymujące wysokie parametry wytrzymałościowe i zapewniające stabilność parametrów układu geometrycznego torów w długim czasie, stosuje się na liniach dużych prędkości. Specjalne nawierzchnie bezpodsypkowe, szczelne stosuje się w obszarach przeładunku materiałów, które nie powinny przedostawać się do gruntu. Tory wyposaża się w systemy odwodnienia, dukty kablowe oraz różnego rodzaju konstrukcje, na których montuje się urządzenia i systemy komplementarne konieczne np. dla systemów sterowania, transmisji danych, montażu sieci trakcyjnej.

Podkłady drewniane, z drewna miękkiego i drewna twardego, muszą być odpowiednio zabezpieczone. Zupełnie inaczej degradują się podkłady strunobetonowe. Poszczególne typy różnią się rodzajem zbrojenia, parametrami betonu, zabudowanymi elementami przytwierdzeń takimi jak dyble czy kotwy. Oferowane, ale jeszcze nie stosowane na szerszą skalę, są także podkłady kompozytowe. Wykorzystuje się kilka rodzajów szyn. Na potrzeby kolei najczęściej stosuje się szyny vignole'a typu 60E1, ale wykorzystywane są także inne typy szyn vignole'a. Na torowiskach tramwajowych stosuje się tzw. szyny rowkowe. Specjalnych rozwiązań przejściowych używa się na odcinkach pomiędzy różnymi typami szyn np. między 49E1 a 60E1. Dla szyn zdefiniowane są wymagania materiałowe, wytrzymałościowe, jakościowe oraz eksploatacyjne, np. dotyczące dopuszczalnego zużycia. Osobnym, bardzo złożonym rozwiązaniem są przytwierdzenia. Stosuje się przytwierdzenia bezpośrednie i pośrednie, sztywne i sprężyste. Muszą one współgrać z podkładami. Muszą przenosić bardzo duże obciążenia. Dla przytwierdzeń wymagane są np. badania zmęczeniowe kompletnych węzłów przytwierdzenia. W przytwierdzeniach oraz w torze stosuje się elementy z tworzyw – podkładki izolujące, podkładki podpodkładowe (tzw. zelówki) minimalizujące drgania i poprawiające współpracę podkładów z tłuczniem, elementy tłumiące hałas naklejane na szynę. Wszystkie muszą być odpowiednio trwałe i spełniać swoją funkcję.

Aby pociągi mogły przemieszczać się w różnych kierunkach konieczne są rozjazdy i skrzyżowania. To bardzo złożone konstrukcje mechaniczne wyposażane w napędy elektryczne, rzadziej hydrauliczne oraz kontrolery położenia iglic. Dla dużych prędkości stosuje się rozjazdy wielonapędowe, niekiedy z ruchomym dziobem krzyżownicy. Wyzwaniem staje się nie tylko geometria i wytrzymałość rozjazdu, ale także synchronizacja pracy wielu napędów i kontrolerów oraz ich bezpieczna współpraca z systemami sterowania ruchem kolejowym.

Dochodzą do tego przyrządy wyrównawcze – zaawansowane konstrukcje mechaniczne przenoszące obciążenia i gwarantujące zabezpieczenie przed wybożeniem, stosowane np. przy i na długich obiektach inżynierskich, a także stanowiska przestawcze – specjalne konstrukcje współpracujące z układami biegowymi dostosowanymi do torów o różnej szerokości. Obecnie w Europie wykorzystuje się tory kolejowe o szerokościach: 1435 mm, 1520 mm, 1524 mm, 1600 mm, 1668 mm oraz lokalnie także linie wąskotorowe.

Tory, rozjazdy i skrzyżowania muszą na całej długości gwarantować nie tylko odpowiednią wytrzymałość, ale także utrzymywać ściśle zdefiniowane parametry układu geometrycznego z uwzględnieniem łuków, krzywych przejściowych, ramp przechyłkowych, pochyłeń toków szynowych itd., aż do stożkowatości ekwiwalentnej. Utrzymanie geometrii toru wymaga właściwej współpracy toru z podtorzem.

Układy torowe muszą być dostosowane do przewidywanej pracy eksploatacyjnej, co do długości oraz liczby torów stacyjnych uzupełniających tory główne i tory główne dodatkowe, dostępności przejść trapezowych na szlakach, długości torów odstawczych, torów wyciągowych/zeberkowych na stykach z bocznicami itp.

Zwieńczeniem toru jest ściśle zdefiniowana powierzchnia toczna główki szyny. Jest ona zależna od typu: np. inna dla szyn europejskich, a inna dla szyn przeznaczonych dla torów o szerokości 1520 mm.

Każdy tor na każdym metrze musi zachowywać odpowiednią wytrzymałość na obciążenie przenoszone przez osie pojazdów oraz skrajnie budowlaną. Żaden element, np. konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnych, sygnalizatory świetlne, perony, nie mogą naruszać przestrzeni, która musi być dostępna dla pociągów o największej dopuszczalnej na danej linii skrajni taborowej. Stosowane są skrajnie statyczne, dynamiczne i kinematyczne. Uwzględnia się np. stopnie usprężynowania (ruch pudeł pojazdów czy pantografów) oraz zmiany położenia toru w wyniku wieloletniej eksploatacji.

Uzupełnieniem infrastruktury torowej są oczywiście stacje pasażerskie oraz centra logistyczne wyposażane odpowiednio w perony, dojścia na perony i dworce dostosowane do obsługi pasażerów oraz suwnice, bramownice, miejsca składowania kontenerów, pracy pojazdów typu *Reach Stacker* i odpowiednią infrastrukturę drogową i/lub portową.

## **2.2. Systemy sterowania ruchem kolejowym – od kontroli niezajętości torów i rozjazdów do obrazów sygnałowych na przytorowych sygnalizatorach świetlnych**

Pociągi mają dużą masę. Lekki pociąg Pendolino to czterysta ton, masa pociągów towarowych w Polsce dochodzi do trzech tysięcy sześciuset ton. Linia CMK była konstruowana dla pociągów do pięciu tysięcy

ton, ale polscy przewoźnicy nigdy nie prowadzili tak ciężkich pociągów ze względu na ograniczenia trakcji. Pociągi pasażerskie poruszające się z większymi prędkościami to najczęściej pociągi lekkie. Pociągi ciężkie, towarowe, jeżdżą wolniej. Długość drogi hamowania rośnie z masą, ale także z kwadratem prędkości, jest więc porównywalna do drogi hamowania pociągów towarowych i pasażerskich. W normalnych warunkach eksploatacji maszyniści rozpoczynający hamowanie z pełnej prędkości najczęściej nie widzą miejsca gdzie pociąg zatrzyma się.

Układając rozkłady jazdy uwzględnia się przebieg trasy – czy pociąg z Warszawy do Gdańska pojedzie przez Ciechanów i Malbork czy przez Łowicz i Bydgoszcz. Na potrzeby sterowania należy uwzględnić drogi przebiegu tworzone na bieżąco z odcinków torów, dróg ochronnych i ochrony bocznej z torów i rozjazdów, których dostępność jest cały czas nadzorowana przez systemy kontroli niezajętości. Obwoły torowe wykorzystujące nadajniki i odbiorniki sygnałów elektrycznych, klasycznie separowane dławikami torowymi lub z separacją częstotliwościową, są nadal wykorzystywane na wielu liniach i stacjach kolejowych. Na liniach i stacjach modernizowanych w ostatnich latach stosuje się liczniki osi wykorzystujące zaburzenia pola elektromagnetycznego między nadajnikiem i odbiornikiem powodowane przez przejazd koła w strefie licznika. Głowice zliczające współpracują z komparatorami, które współpracują w przypadku stacji z nastawnicami stacyjnymi a w przypadku linii z blokadami liniowymi. Obecnie najczęściej buduje się nastawnice komputerowe zapewniające bezpieczne ustawianie i zwalnianie przebiegów na stacjach głównych i podporządkowanych oraz funkcje blokady dla szlaków. Stosowane informacje są wyświetlane na sygnalizatorach świetlnych. Nadal jednak są wykorzystywane, a nawet budowane, nastawnice przekątnikowe. W eksploatacji pozostają także nastawnice elektryczne suwakowe, mechaniczne zcentralizowane (pędniowe) oraz mechaniczne kluczowe. Rozwiązania mechaniczne często współpracują z sygnalizatorami świetlnymi, ale na polskiej sieci kolejowej nadal w eksploatacji pozostaje blisko dwieście semaforów kształtowych.

Do urządzeń sterowania zalicza się także systemy zabezpieczania przejazdów kolejowo-drogowych dostosowane do kategorii przejazdów: samoczynne sygnalizacje przejazdowe oraz urządzenia zabezpieczenia przejazdów obsługiwane przez pracowników kolei – lokalnie przez dróżników lub z odległości przez dyżurnych ruchu. Przejazdy to jedno z miejsc, gdzie stosuje się kolejową telewizję przemysłową do wykrywania obiektów, np. samochodów, które nie opuściły strefy przejazdu.

Szczególne kategorie urządzeń sterowania to także systemy sterowania odsprężkami na stacjach rozrządowych

współpracujące z zarządzaniem zestawiania składów pociągów zdawczych i pociągów zbiorczych na podstawie informacji przekazywanych metodami tradycyjnymi i/lub z wykorzystaniem aplikacji telematycznych.

Do urządzeń sterowania zalicza się także wykojnice współpracujące z nastawnicami oraz autonomiczne stanowiące zabezpieczenie torów głównych na połączeniach z bocznicami szczególnie tam, gdzie brakuje toru żeberkowego. Urządzenia sterowania, to także wywrotnice i tunele grzewcze w portach morskich, czy obrotnice i przesuwnice stosowane w obszarach postoju, obsługi i utrzymania taboru.

Dopuszczeniom (czyli formalny proces uzyskiwania zezwoleń na stosowanie określonych rozwiązań w transporcie szynowym do określonych celów pod precyzyjnie zdefiniowanymi warunkami) podlegają zarówno indywidualne urządzenia: np. obwody torowe, liczniki osi, sygnalizatory, napędy, jak i całe systemy: np. nastawnice, blokady, systemy zabezpieczenia przejazdów kolejowo-drogowych. Weryfikowane są nie tylko funkcjonalności, ale także dowody bezpieczeństwa obejmujące zarządzanie jakością, zarządzanie bezpieczeństwem, bezpieczeństwo techniczne oraz relacje z dowodami bezpieczeństwa wyrobów ogólnego przeznaczenia i dowodami bezpieczeństwa dla klas zastosowań.

### **2.3. Systemy łączności – od przewodowej łączności pomiędzy posterunkami do bezprzewodowej między dyżurnymi ruchu oraz maszynistami i drużynami pociągowymi oraz transmisji danych**

W normalnych warunkach eksploatacyjnych, przy realizacji jazd zgodnie z rozkładem oraz przy pełnej sprawności urządzeń sterowania, obrazy sygnałowe na sygnalizatorach świetlnych pozwalają maszynistom na prowadzenie pociągów bez zakłóceń. Jednak ponad pięć tysięcy pociągów dziennie, w tym ponad połowa pociągów towarowych, dla których trasy są zamawiane przez przewoźników towarowych w ciągu ostatnich dwóch dni (przewoźnik płaci za trasę zamówioną nawet jeśli z niej nie korzystał), z których każdy mija dziesiątki, a niekiedy setki sygnalizatorów świetlnych (średni odstęp między sygnalizatorami nie przekracza tysiąca pięciuset metrów), pociąga za sobą konieczność zapewnienia wysokiej klasy łączności eksploatacyjnej.

Zapewniona musi być łączność zapowiadawcza, strażnicowa i stacyjnorruchowa. W tym celu wykorzystywane są przede wszystkim systemy łączności przewodowej, ale w miarę potrzeb także bezprzewodowej, np. radiolinie. Zapewniona musi być także łączność pociągowa, manewrowa oraz obszarowa wykorzystywana przez pracowników odpowiedzialnych za kontrolę i utrzymanie torów, rozjazdów i urządzeń wzdłuż linii kolejowych. Taka łączność ze względu na swoją naturę wykorzystuje połączenia bezprzewodowe.

Bezprzewodowo, na dużą skalę są wykorzystywane systemy analogowe, simpleksowe o charakterze rozgłoszeniowym, co przy wzroście ryzyka nieuprawnionego wykorzystywania informacji o ruchu pociągów stanowi poważne wyzwanie. Wykorzystywane są także systemy cyfrowe zapewniające połączenia punkt-punkt, punkt-wielopunkt oraz priorytetyzację wywołań. W systemach bezprzewodowych zaimplementowane są wywołania alarmowe, które w systemie analogowym automatycznie wdrażają hamowanie pociągów, a w systemach cyfrowych uruchamiają w kabinach maszynistów alarm wymagający działania zależne od lokalizacji pociągu – hamowania lub zatrzymania pociągu w miejscu dogodnym do ewakuacji i/lub działań służb ratunkowych. Wymieniane informacje podlegają rejestracji.

Przewodowo wykorzystywane są zarówno technologie starsze, jak i łączność po protokole internetowym tzw. VoIP. Stosowane terminale dyspozytorskie są konfigurowane pod konkretne posterunki ruchu i zapewniają połączenia zarówno do sąsiednich posterunków, służb ratunkowych, jak i pociągów na obszarze odpowiedzialności danego posterunku ruchu.

Cyfrowe systemy łączności, to systemy scentralizowane – nadzorowane i zarządzane w skali sieci. To umożliwi zarządzanie abonentami, np. na odbieranie uprawnień urządzeniom, które zostały skradzione, ale tworzy ryzyko w zakresie braku dostępności systemów łączności przy np. zaniku zasilania obiektów centralowych. W efekcie odpowiednie strategie są stosowane przy konstruowaniu, eksploatacji i utrzymaniu urządzeń łączności w celu zapewnienia funkcjonowania łączności także w sytuacjach awarii sieci szkieletowej, np. przerwanie światłowodu w efekcie prac budowlanych, czy awarii systemów centralowych np. braku zasilania czy awarii sprzętowych.

Wiele informatycznych systemów pomocniczych korzysta z transmisji danych na duże odległości, wykorzystując po części własne kolejowe połączenia światłowodowe, a po części połączenia dzierżawione. Część systemów informatycznych wspierających transport kolejowy korzysta także z transmisji danych po łączach internetowych.

### **2.4. Systemy bezpiecznej kontroli jazdy – od tworzenia elektronicznych zezwoleń na jazdę przez ich transmisję do nadzoru nad bieżącą zgodnością jazdy indywidualnych pociągów z mającymi do nich zastosowanie ograniczeniami**

Wzrost prędkości pociągów wydłuża drogi hamowania oraz skraca czas dla maszynistów na obserwowanie obrazów sygnałowych na sygnalizatorach świetlnych. Prowadzenie pociągów na podstawie obrazów sygnałowych na sygnalizatorach świetlnych

i wskaźników instalowanych przy torach kolejowych staje się nieakceptowalne z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu ze względu na istotny wzrost ryzyka błędu ludzkiego. Zgodnie z przepisami dopuszcza się jazdę z obserwacją obrazów sygnałowych do 160 km/h. Wszystkie pociągi poruszające się z większą prędkością muszą mieć pełną informację w ramach sygnalizacji kabinowej.

W Europie, wdrożenia systemów kontroli jazdy w wieku XX, były realizowane niezależnie w poszczególnych krajach. W latach dziewięćdziesiątych uznano jednak za konieczne zastąpienie różnych systemów jednym systemem europejskim. System ten wykorzystuje zarówno komponenty cyfrowe instalowane na liniach i stacjach kolejowych, jak i komponenty cyfrowe instalowane w pojazdach trakcyjnych. Po stronie infrastrukturalnej istnieją: balisy, koderzy i centra RBC generujące elektroniczne zezwolenia na jazdę przekazywane za pośrednictwem radiowych połączeń bezprzewodowych. Natomiast tabor trakcyjny wykorzystuje: BTM do odbioru danych z balis, RTM do odbioru danych z radia, odometr do nadzoru nad lokalizacją, główny komputer pokładowy EVC przetwarzający zezwolenia na jazdę oraz pulpit maszynisty DMU wyświetlający w zunifikowany sposób informacje o dostępnej drodze jazdy, a także rejestrator JRU oraz interfejs do systemów pokładowych, w szczególności do systemu hamowania służbowego SB oraz systemu hamowania nagłego EB.

Dopuszczeniom podlegają zarówno indywidualne urządzenia, jak i indywidualne instalacje. Weryfikowane są nie tylko funkcjonalności, ale także dowody bezpieczeństwa obejmujące zarządzanie jakością, zarządzanie bezpieczeństwem, bezpieczeństwo techniczne oraz relacje z dowodami bezpieczeństwa wyrobów ogólnego przeznaczenia i dowodami bezpieczeństwa dla klas zastosowań.

Wdrażanie systemów bezpiecznej kontroli jazdy wymaga dostosowywania przepisów eksploatacyjnych, a także zmiany przyzwyczajeń maszynistów. Wiąże się także z szeregiem wyzwań w zakresie koordynacji wyposażania linii kolejowych i pojazdów trakcyjnych. Wymaga także koordynacji pomiędzy wdrażaniem cyfrowego systemu łączności bezprzewodowej i europejskiego systemu bezpiecznej kontroli jazdy. Nadto wymaga koordynacji wzorców systemów (baseline) oraz konfiguracji systemów (tzw. ESC oraz RSC) oraz poziomów wyposażenia (I1, I2, I1LS, STM).

## 2.5. Tabor kolejowy – od styku koła z szyną do styku pantografu z siecią trakcyjną

Żaden system transportu nie może funkcjonować bez środków transportu. Uzupełnieniem infrastruktury musi być tabor kolejowy, dostosowany do przeznaczenia. Stosuje się więc elektryczne i spalinowe

zespoły trakcyjne od pociągów podmiejskich do pociągów dużych prędkości oraz lokomotywy pasażerskie i towarowe dostosowane do charakterystyki składów, które mają pociągnąć. Wykorzystywane są także lokomotywy manewrowe. Składy ciągnięte przez pojazdy trakcyjne obejmują wagony pasażerskie lub wagony towarowe. Wagony pasażerskie są budowane dla określonego rodzaju ruchu – np. dalekobieżne mające dużo miejsc siedzących, miejsce na duży bagaż, obowiązkowo toalety; w wagonach aglomeracyjnych natomiast jest dużo miejsc stojących, dużo drzwi, ewentualnie brak jest toalet, za to unika się zmian wysokości podłogi etc. Uzupełnieniem środków transportu są także pojazdy inspekcyjne i utrzymaniowe np. drezyny pomiarowe. Dochodzą do tego pojazdy dwudrogowe zdolne do jazdy po torach, ale także po terenie budowy czy terenie stacji postojowej poza torem kolejowym jak: koparki, ładowarki, podnośniki koszowe. Pociągi sieciowe przeznaczone są do wywieżania i naprawy sieci trakcyjnych. Pociągi szlifierskie i frezarki torowe, zarówno dedykowane kompletne składy, jak i indywidualne pojazdy, które mogą być dowożone transportem drogowym i wkolejane lokalnie, przeznaczone są do szlifowania torów i rozjazdów. Maszyny torowe – podbijarki, profilarki i zgarniarki, pojazdy do zagęszczania i stabilizacji podtorza, oczyszczarki podsypki, oczyszczarki podtorza, wagony do transportu i zabudowy rozjazdów w blokach, zgrzewarki szyn, maszyny do potokowej wymiany torów pozwalają na szybkie i precyzyjne realizowanie prac związanych z budową, przebudową, naprawą i utrzymaniem torów kolejowych. I to bynajmniej nie jest zamknięta lista.

Każdy pojazd kolejowy musi mieć odpowiedni układ biegowy. Koła kolejowe muszą mieć obrzeża, które zapewniają prowadzenie taboru po torze podczas jazdy. W odniesieniu do kół, stosuje się rygorystyczne wymagania materiałowe i wytrzymałościowe. Szczegółowo zdefiniowane są wymiary, geometria i dopuszczalne zużycie. Koła poddaje się przetaczaniu na specjalnych stanowiskach instalowanych pod torem kolejowym w halach utrzymania taboru. Jeśli brak jest dostępu do takiego stanowiska, przetacza się indywidualne zestawy kołowe luzem (oś plus dwa koła). Zła konstrukcja i/lub niewłaściwe utrzymanie taboru mogą łatwo prowadzić do wykolejenia. Oczywiście wykolejenia mogą i są powodowane także przez inne czynniki.

Często stosuje się wózki kolejowe, na których umieszcza się pudła pojazdów. Wózki są zazwyczaj dwuosiowe, ale do wagonów przeznaczonych do bardzo ciężkich ładunków, np. rudy żelaza stosuje się także wózki trójosiowe. Wielosiowe konstrukcje stosowane są także w pojazdach trakcyjnych. Tam jednak układy biegowe są projektowane dla konkretnego typu pojazdu i mogą obejmować

dotatkowe komponenty np. sprzęgi międzywózkowe. Wózki dzieli się na napędne i toczne. Od nich zależy np. zmiany wysokości podłogi. Pierwszy stopień sprzężowania jest między zestawem kołowym a wózkiem, kolejny między wózkiem i pudłem. Stosowane są sprzężyny klasyczne oraz piórowe, jak i zawieszenia pneumatyczne oraz hydrauliczne.

Każdy pojazd trakcyjny musi mieć napęd. Stosuje się napęd elektryczny i napęd spalinowy. Te ostatnie ze względu na ochronę środowiska producenci starają się zastąpić nowymi rozwiązaniami np. ogniwami wodorowymi. Pojazd elektryczny może być dostosowany do jednego systemu zasilania z sieci trakcyjnej lub do wielu i być pojazdem wielosystemowym. Pojazdy dostosowane do zasilania prądem stałym wyposaża się w falowniki, ponieważ silniki na prąd przemienny są mniejsze i dają lepsze osiągi. Część pojazdów wyposaża się w baterie akumulatorów lub spalinowy moduł dojazdowy tworząc pojazdy hybrydowe. Podejmowane są próby powrotu do koncepcji kolejowego elektrycznego silnika liniowego. Pojazdy z silnikami spalinowymi są wyposażone także w prądnice, które korzystając z pracy silników spalinowych wytwarzają na pokładzie prąd na potrzeby wielu urządzeń pomocniczych, np. systemów łączności.

Pojazdy elektryczne wyposażone są w pantografy lub systemy poboru prądu z tzw. trzeciej szyny. Pantografy, mając własne usprężynowanie, muszą pracować tak, aby gwarantowały utrzymywanie siły docisku nakładek do sieci w wąskim definiowanym zakresie, są wyposażane w systemy awaryjnego automatycznego opuszczania. Muszą współpracować z siecią przy uwzględnieniu zygzakowania oraz wszystkich stopni usprężynowania, a także wiatru bocznego i zmian naciągu sieci trakcyjnej.

Każdy pojazd musi być wyposażony w hamulec kolejowy – system pneumatyczny oparty na odpychaniu elementów ciernych od kół bądź tarcz hamulcowych sprężonym powietrzem. Nieszczelności i inne uszkodzenia powodują spadek ciśnienia w głównym przewodzie hamulcowym i automatyczne hamowanie pociągu. Stosowane jest także hamowanie elektrodynamiczne. Pojazdy wyposaża się w hamulce postojowe, hamulce magnetyczne, hamulce wiroprądowe. W systemie pneumatycznym stosuje się rozwiązania elektryczne i elektroniczne poprawiające działania systemu hamowania, ale zachowując przy tym pełną funkcjonalność hamulca kolejowego przy braku zasilania. Dla poprawy warunków hamowania, na polecenie z kabiny maszynisty stosuje się specjalne dysze dozujące piasek pod koła.

Z pojazdów kolejowych tworzy się pociągi. Pojazdy muszą więc być wyposażane w urządzenia ciąglowozderżne – sprzęg śrubowy i bufory lub sprzęg Scharfenberga, który przenosi zarówno siły ściskające, jak

i rozciągające. Trwają prace nad wdrożeniem sprzęgu cyfrowego DAC. Zapewniona musi być widzialność i słyszalność pociągów, więc pojazdy trakcyjne wyposaża się w odpowiednie światła i sygnały dźwiękowe, dla których dokumenty normatywne definiują wiele wymagań. Światła, względnie tablice odblaskowe stosuje się także na końcu składu pociągu.

Wagony do przewozu ładunków niebezpiecznych od pewnego czasu wyposaża się w systemy wykrywania wykolejeń i/ lub przeciwdziałania wykolejeniom. Takie urządzenia wykrywają utratę styku choćby jednego koła z szyną i odpowiednio ostrzegają maszynistę lub automatycznie obniżają prędkość jazdy.

Każdy pojazd posiada nadwozie, nawet wagon platforma. Typ nadwozia determinuje przeznaczenie. Najwięcej istotnych elementów znajduje się w nadwoziach pojazdów pasażerskich, jak: systemy drzwi i stopni wysuwanych, systemy awaryjnego powiadamiania maszynisty, systemy awaryjnego otwierania drzwi, systemy awaryjnego hamowania – hamulec pasażera, oświetlenie, niekiedy także oświetlenie awaryjne, ogrzewanie, wentylacja, klimatyzacja, system rozgłoszeniowy, monitoring wizyjny przestrzeni pasażerskiej, informacja pasażerska, systemy wykrywania dymu, wykrywania pożaru, automatycznego gaszenia pożaru, gniazdka elektryczne z zasilaniem dla pasażerów, niekiedy także systemy sprzedaży napojów/słodczych /gazet oraz Internet dostępny dla pasażerów.

Każdy pojazd ma skrajnię – maksymalny obrys, w którym się mieści i który musi być zgodny ze skrajnią budowlaną. Skrajnie definiuje się jako statyczne, dynamiczne i kinematyczne w zależności od skali uwzględniania dynamiki ruchu i wpływu poszczególnych stopni usprężynowania.

## 2.6. Zasilanie trakcyjne – od styku z energetyką zawodową do styku sieci trakcyjnej z pantografem

Wiele pojazdów trakcyjnych stanowią pojazdy elektryczne zasilane z sieci trakcyjnych nad torami kolejowymi. Stosowane są sieci płaskie, sieci łańcuchowe i sieci sztywne. Najczęściej wykorzystywane są sieci łańcuchowe zapewniające stabilną współpracę pantografu z przewodem jezdny dzięki zastosowaniu lin nośnych i linek wieszakowych. Sieci łańcuchowe dzieli się na uelastycznione i nieuelastycznione, a także na skompensowane, półskompensowane i nieskompensowane. Do kompensacji zmian długości przewodów przy zmianach zewnętrznych warunków atmosferycznych wykorzystuje się różnego rodzaju systemy naprężania przewodów jezdnych i lin nośnych. Dokumenty normatywne określają materiał przewodów jezdnych, parametry wytrzymałościowe sieci, geometrię w tym zmiany wysokości i zygakowanie, warunki współpracy pantograf/siec itd.

Zagwarantowanie odpowiednich warunków zasilania wymaga oczywiście zapewnienia właściwych parametrów elektrycznych na styku pantografów z siecią, to zaś wymaga konstruowania systemów zasilania sieci trakcyjnych z uwzględnieniem charakterystyk trakcyjnych pociągów oraz przewidywanych rozkładów jazdy tak, aby podstacje trakcyjne zapewniały właściwe parametry elektryczne na całej długości poszczególnych odcinków zasilania.

Stabilność oraz przewidywalność zasilania przy uwzględnianiu także awarii pokładowego wyposażenia trakcyjnego, które nie powinno przenosić się na całe odcinki zasilane z danej podstacji, awarii sieci trakcyjnych oraz awarii systemów zasilania sieci trakcyjnych, wymaga stosowania koordynacji zabezpieczeń przeciwprzebiegowych. Stosowane są także zabezpieczenia przeciwporażeniowe oraz sekcjonowanie sieci trakcyjnej z wykorzystaniem sekcji bezprądowych, sekcji separacji faz oraz sekcji separacji systemów.

Systemy zasilania sieci trakcyjnych współtworzą podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne. Te ostatnie istotnie wpływają na rozptył prądów zapewniając wyrównywanie parametrów elektrycznych na odcinkach pomiędzy podstacjami, a przy właściwym zastosowaniu odłączników, rozłączników i wyłączników pozwalają na minimalizację obszarów oddziaływania awarii oraz lepszą organizację prac utrzymaniowych i naprawczych sieci trakcyjnych. Na styku podstacji i sieci trakcyjnych często stosuje się zasilanie dwustronne. Na styku podstacji z energetyką zawodową, nadmiarowość sprzętowa zapewnia się stosując podwójne podłączenia do linii wysokiego lub średniego napięcia (np. 60, 110, 220 kV) a nawet podłączenia dwoma liniami zasilania do tej samej lub różnych rozdzielnic wysokiego lub średniego napięcia. W celu zapewnienia wysokiej dostępności systemów zasilania trakcyjnego wykorzystuje się niekiedy dedykowane kolei linie średniego napięcia. Linie takie prowadzi się od rozdzielnic energetyki zawodowej do podstacji trakcyjnych, ale także wzdłuż linii kolejowych przy przebudowach kabin sekcyjnych na podstacje w związku ze wzrostem zapotrzebowania na moc wynikającym ze zmian prędkości i/lub obciążenia ruchem kolejowym.

## **2.7. Elementy konstrukcji infrastrukturalnych i taborowych – od charakterystyk funkcjonalnych i wytrzymałościowych do pożarowych**

Konieczne jest zapewnienie utrzymywania charakterystyk funkcjonalnych, wytrzymałościowych i jakościowych zarówno linii i stacji kolejowych, które po oddaniu do eksploatacji często służą wiele dziesięcioleci, jak i taboru kolejowego, który jest budowany

tak, aby do naprawy głównej służył trzydzieści i więcej lat. Jedną z istotnych kwestii jest więc zapewnienie odpowiedniej trwałości i jakości elementów konstrukcyjnych. Część z nich bada się według kolejowych dokumentów normatywnych.

Przykładowo, zmęczeniowe badania podkładów, szyn i przytwierdzeń są realizowane zgodnie z wymaganiami kolejowych dokumentów normatywnych, które warunki badań i oceny wyników uzależniają od zastosowanych technologii. Podkłady drewniane, strunobetonowe i kompozytowe wykazują różne typy uszkodzeń przy badaniach zmęczeniowych. Dla podkładów drewnianych i strunobetonowych stosuje się uznane i formalnie umocowane normy. Dla podkładów kompozytowych dostępne są pierwsze dokumenty normatywne, jednak ich stosowanie pozostaje nieobowiązkowe a doświadczenia ze stosowania podkładów kompozytowych oraz procedury ich akceptacji są dopiero wypracowywane.

Badaniom podlegają także wyroby budowlane zabudowywane na liniach i stacjach kolejowych. W tym zakresie badania są zdefiniowane dokumentami normatywnymi, ale charakterystyki wyrobów, tam gdzie brakuje odpowiednich norm, są definiowane przez producentów. Dla wielu wyrobów tworzone są tzw. Krajowe Oceny Techniczne (KOT) na zgodność, z którymi producenci wystawiają deklaracje, przy czym jednym z warunków ich wiarygodności jest poddawanie produkcji certyfikacji w trybie tzw. Zakładowej Kontroli Produkcji ZKP.

Szczegółowo bada się także elementy taborowe. Przykładowo, dla każdego typu ramy wózka kolejowego jeszcze przed jego akceptacją przeprowadza się badania zmęczeniowe odwzorowujące cały okres eksploatacji. Podobnie szczegółowym badaniom typów poddaje się na przykład klocki i tarcze hamulcowe. Zaawansowane badania wytrzymałościowe dotyczą także sprzęgów.

## **2.8. Materiały – od właściwości pożarowych materiałów wykorzystywanych do budowy taboru do jakości materiałów eksploatacyjnych przeznaczonych dla kolei**

Przy budowaniu i wyposażaniu taboru szczególną wagę przywiązuje się do właściwości palnościowych materiałów stosowanych w taborze. Właściwości te powinny nie tylko ograniczać powstawanie i rozprzestrzenianie się pożarów, ale także gwarantować, że dym wydzielający się podczas pożaru nie okaże się toksyczny dla pasażerów czy maszynisty. Badania pożarowe dostosowywane są do miejsc stosowania materiałów (podłogi, ściany, siedzenia oraz ilości danego materiału). To i wiele innych wymagań dla materiałów oraz ich badań pożarowych, definiuje obszerna siedmioletnia norma kolejowa. Badaniom

i niezależnej ocenie poddawane są także materiały eksploatacyjne na przykład smary czy stosowane na kolei środki wykorzystywane do usuwania niechcianej roślinności z torów kolejowych. Badania palnościowe dotyczą także urządzeń zabudowywanych w kabinie maszynisty np. radia pokładowego.

## **2.9. Urządzenia i systemy na infrastrukturze i w taborze – od odporności na kolejowe warunki pracy do kompatybilności elektromagnetycznej**

Urządzenia i systemy bada się także pod wieloma innymi względami. Do najistotniejszych i szczegółowo regulowanych dokumentami normatywnymi, należą badania potwierdzające odporność na kolejowe warunki pracy – wysokie i niskie temperatury, częste przejścia przez zero, wilgotność, śnieg, lód oraz inne warunki atmosferyczne. Weryfikowana jest także odporność na drgania i udary w odniesieniu do miejsc i sposobów zabudowy urządzeń. Bardzo istotną rolę odgrywają także weryfikacje kompatybilności elektromagnetycznej. Dla wielu przedziałów częstotliwości, przy uwzględnianiu prądów harmonicznymi, prowadzi się zarówno weryfikacje odporności na zakłócenia elektromagnetyczne, jak i weryfikacje maksymalnych poziomów generowanych zakłóceń elektromagnetycznych.

Prowadzone są także weryfikacje funkcjonalne w normalnych i pogorszonych warunkach eksploatacji, a w zależności od przeznaczenia urządzeń i systemów także weryfikacje bezpieczeństwa funkcjonalnego oraz kompletnych dowodów bezpieczeństwa, a ostatnio także odporności na cyberzagrożenia.

## **2.10. Procedury prowadzenia i nadzoru eksploatacji – od normalnych warunków eksploatacji do działań ratunkowych**

Maszyniści prowadzą pociągi, ale to dyżurni ruchu ustawiają dla nich drogi przebiegu. Każdy pociąg ma, przed rozpoczęciem jazdy pociągowej, przyjęty i udostępniony zaangażowanym stronom rozkład jazdy. Poza rozkładem z odpowiednio niskimi prędkościami realizowane są wyłącznie jazdy manewrowe. Rozkłady jazdy dla pociągów pasażerskich są długookresowe, a dla towarowych są zamawiane ad hoc, przez systemy informatyczne. Przewoźnicy korzystający z internetowego systemu zamawiania tras wykorzystują predefiniowane trasy katalogowe. Oprócz rozkładów znanych pasażerom, wyróżniamy także rozkłady służbowe dla konkretnych pociągów na konkretne dni, przekazywane maszynistom i wykorzystywane podczas realizacji jazdy oraz rozkłady graficzne wykorzystywane przez dyspozytury obszarowe nadzorujące realizację rozkładu przez wiele

pociągów i odpowiedzialne za rozwiązywanie konfliktów ruchowych oraz utrzymywanie skomunikowań pomiędzy różnymi pociągami.

Wymiana i gromadzenie informacji są także realizowane w trakcie eksploatacji. System ewidencji pracy eksploatacyjnej zbiera np. dane źródłowe do rozliczeń między przewoźnikami i zarządcą infrastruktury kolejowej. Dokumenty normatywne definiują komunikaty i formę ich przekazywania do aplikacji telematycznych dla przewozów towarowych i aplikacji telematycznych dla przewozów pasażerskich. Obejmują one na przykład elektroniczne zgłaszanie gotowości do wyjazdu na sieć kolejową, elektroniczne przekazania odpowiedzialności za składy pomiędzy różnymi przewoźnikami towarowymi, elektroniczne informowanie przewoźników i spedytorów o zakłóceniach w realizacji rozkładu jazdy i przewidywanym czasie dojazdu do miejsca przeznaczenia, dynamiczną informację pasażerską, w tym skomunikowania z innymi rodzajami transportu.

Szczegółowo zdefiniowane są także przepisy ruchowe, które determinują wszelkie możliwe sytuacje i szczegółowo określają działania w szczególności dyżurnych ruchu i maszynistów. Należy przy tym zaznaczyć, że zmianom technicznym, na przykład wprowadzeniu nowych rozwiązań w zakresie elektronicznych zezwoleń na jazdę, muszą towarzyszyć zmiany, względnie uzupełnienia przepisów. W uzupełnieniu przepisów ruchowych i sygnalizacyjnych tworzone i stosowane są także długookresowe regulaminy miejscowe oraz krótkookresowe regulaminy zamknięciowe, wykorzystywane na przykład na potrzeby badań na sieci kolejowej.

## **2.11. Procedury utrzymaniowe – od diagnostyki do organizacji prac utrzymaniowych**

Niezależnie od zastosowanej technologii urządzenia, systemy techniczne ulegają uszkodzeniom i awariom. Długie okresy eksploatacji infrastruktury kolejowej i taboru kolejowego wymagają utrzymywania urządzeń i systemów w odpowiednim stanie technicznym. Służby utrzymaniowe muszą posiadać odpowiednią wiedzę, narzędzia, części zamienne, środki transportu i środki łączności. Wykorzystuje się utrzymanie korekcyjne i utrzymanie prewencyjne, przy czym utrzymanie prewencyjne może być oparte na resursie bądź zależne od stanu urządzeń i systemów. Istotną rolę odgrywają więc systemy diagnostyczne.

Nie do przecenienia w kontekście utrzymania jest aktualna i kompletna dokumentacja. Instrukcje montażu i obsługi, dokumentacje systemu utrzymania tzw. DSU, dokumentacje techniczno-ruchowe tzw. DTR, szkolenia personelu utrzymaniowego,



utrzymywanie kluczowych zapasowych komponentów, wieloletnie umowy utrzymaniowe z producentami systemów i urzędzeń to elementy systemu utrzymania, który ma zagwarantować wysoką dostępność kolei dla pasażerów, dla gospodarki, a nawet dla potrzeb obronnych.

## **2.12. Procedury zarządzania zmianami – od zmian technicznych, eksploatacyjnych i organizacyjnych do oceny dowodów bezpieczeństwa i raportów z oceny i wyceny ryzyka**

Zbliżające się dwustulecie kolei (za pierwszą lokomotywę uznaje się lokomotywę parową zbudowaną w 1829 roku) nie pozostawia wątpliwości, że system kolejowy wdraża coraz to nowsze technologie. Zaznaczyć przy tym należy, że kolej nie jest i nie powinna być w awangardzie, gdyż wprowadza rozwiązania w zakresie, których zdobyte zostało już pewne doświadczenie pozwalające na odpowiednie definiowanie wymagań technicznych, zabezpieczeń, nadmiarowości, procedur utrzymania itd.

W transporcie kolejowym wymaga się więc stosowania sformalizowanego podejścia do zarządzania zmianami, w odniesieniu do zmian technicznych, eksploatacyjnych i organizacyjnych. Znaczenie zmian ocenia się w odniesieniu do potencjalnych skutków awarii, złożoności zmiany, odwracalności zmiany, skali innowacyjności, skali złożoności oraz kumulacji i wzajemnego oddziaływania zmian. Dla zmian definiuje się zagrożenia: dla zagrożeń ryzyka a dla ryzyka kryteria akceptacji na bazie dokumentów normatywnych, systemów odniesienia i/lub jawnych analiz ryzyka. Raporty z oceny i wyceny ryzyka podlegają ocenie prowadzonej przez niezależne jednostki pod względem kompletności identyfikacji ryzyka i adekwatności zastosowanych środków bezpieczeństwa.

Jednostki tego samego typu realizują także znacznie bardziej sformalizowane dowody bezpieczeństwa wymagane dla systemów sterowania od końca lat dziewięćdziesiątych XX w. Ich wprowadzenie było związane ze zgodą na wykorzystywanie programowalnych rozwiązań cyfrowych na potrzeby sterowania ruchem kolejowym – nastawnic komputerowych. Wymagany poziom nienaruszalności bezpieczeństwa dla uszkodzeń losowych i tzw. uszkodzeń systematycznych uwzględnia między innymi charakterystyki techniczne komponentów, rodzaj bezpiecznej architektury, uszkodzenia o wspólnej przyczynie, zarządzanie jakością, zarządzanie bezpieczeństwem, bezpieczeństwo techniczne w tym warunki pracy urządzeń i systemów, interfejsy itd., ograniczając ryzyko w sytuacjach, w których symulowanie wszelkich możliwych uszkodzeń i niezdatności staje się niewykonalne.

## **3. Dokumenty normatywne oraz prawne definiujące wymagania techniczne i/lub proceduralne dla transportu kolejowego**

Od początku istnienia kolei, ze względu na charakterystykę techniczną tego rodzaju transportu, przedsiębiorstwa kolejowe, a chwilę później koleje narodowe, przyjmowały dokumenty szczegółowo regulujące jej funkcjonowanie. Ścisłe stosowanie przez pracowników różnych służb (służby drogowej, służby automatyki, służby ruchu itd.) szczegółowo i przejrzyście sformułowanych instrukcji gwarantowało zachowanie koniecznych relacji, współzależności pomiędzy różnymi rozwiązaniami, takimi jak np. wspomniana już relacja pomiędzy powierzchnią toczną szyny oraz powierzchnią toczną i obrzeżem koła kolejowego. Jednak w Europie koleje narodowe od lat już nie funkcjonują. Wydzielono wielu przewoźników pasażerskich, jeszcze więcej przewoźników towarowych oraz zarządców infrastruktury udostępniających trasy dla pociągów, które szczególnie jeśli chodzi o przewozy towarowe, na wielką skalę przekraczają granice pomiędzy państwami – granice pomiędzy dawnymi kolejami narodowymi.

### **3.1. Instrukcje zarządców i przewoźników**

Zarówno przewoźnicy, jak i zarządcy posiadają własne instrukcje regulujące, w szczególności dziesiątki obszarów w zakresie podstawowej działalności podmiotów kolejowych – od szczegółowych procedur aktywności pracowników w normalnych i pogorszonych warunkach eksploatacji przez reguły prowadzenia prac utrzymaniowych dla konkretnych grup i rodzajów rozwiązań technicznych oraz zapewniania bezpieczeństwa podczas prac na torach i w taborze po zasady gromadzenia, przechowywania i analizowania danych z eksploatacji i utrzymania.

Był czas, że krajowe organy były formalnie zobowiązane do analizowania i akceptowania instrukcji przewoźników i zarządców w celu zapewnienia spójności systemu kolejowego. Bardzo duża liczba takich dokumentów oraz brak doświadczenia z bieżącej eksploatacji po stronie organów krajowych spowodowały przekazanie tego zadania samym zarządcom i przewoźnikom. Najczęściej oznacza to, że zarządcy udostępniający trasy przez zapisy regulaminów sieci lub zobowiązania umowne narzucają przewoźnikom bezwzględne stosowanie się do instrukcji obowiązujących na danej sieci. Oczywiście nie eliminuje to ani instrukcji przewoźników, ani regulaminów miejscowych, ani zamknięciowych. Ilość obowiązujących dokumentów wymaga nie tylko szkolenia pracowników przed dopuszczeniem do pracy, ale także uaktualniania oraz doskonalenia ich wiedzy i umiejętności. Wykorzystywane są do tego między innymi tzw. pouczenia okresowe.

W nielicznych państwach zarządcy i przewoźnicy powołali wspólne organizacje odpowiedzialne za opracowanie, przyjęcie i doskonalenie przepisów obowiązujących wszystkie podmioty oraz analizowanie skutków stosowania takich przepisów. Przykładem mogą być wielotomowe przepisy brytyjskie (*Rule Book*) opracowane i doskonalone przez IRRB (*Rail Safety and Standards Board*). Nawet takie podejście nie zapewnia jednak spójności kolei, koniecznej dla bezproblemowego, płynnego pokonywania granic między państwami. W końcu od dziewiętnastego wieku, i przez niemal cały wiek dwudziesty dbano o to, aby poszczególne koleje narodowe różniły się technicznie tworząc bariery dla ewentualnego wykorzystywania kolei do działań militarnych przez państwa sąsiednie. Z tego powodu w eksploatacji między innymi zostały: różne szerokości toru, różne skrajnie, różne systemy zasilania trakcyjnego, różne geometrie i materiały nakładek na pantografy, różne systemy sygnalizacji w tym obrazy sygnałowe, wreszcie różne wymagania w zakresie generowania zakłóceń i odporności na zakłócenia elektromagnetyczne. Innym, istotnym czynnikiem powodującym zróżnicowanie stosowanych rozwiązań było wspieranie przez długie lata krajowego przemysłu. W końcu zamówienia od kolei to naprawdę duże zamówienia, więc poważny czynnik wpływający na gospodarkę w tym na PKB czy zatrudnienie.

Takie podejście do rozwiązań technicznych stosowanych na kolei, nacechowane myśleniem o interesie lokalnym, dla europejskiej koncepcji wspólnego rynku wyrobów oraz coraz szerszego stosowania w Europie czterech swobód podstawowych stało się jednak obciążeniem. Uznano, że także w przypadku kolei konieczne jest zapewnienie:

- swobodnego przepływu towarów, czyli w szczególności możliwości stosowania tych samych rozwiązań w różnych krajach, w tym braku konieczności dopuszczania rozwiązań technicznych w każdym kraju osobno;
- swobodnego przepływu usług, czyli w szczególności możliwości realizowania prac, np. projektowych, na terenie dowolnego kraju na potrzeby budowy, przebudowy, eksploatacji w dowolnym innym kraju;
- swobodnego przepływu ludzi, czyli w szczególności likwidacji lub co najmniej minimalizacji barier do akceptacji kompetencji i uprawnień zawodowych uzyskiwanych i zweryfikowanych w jednym kraju w innych krajach; oraz
- swobodnego przepływu kapitału, czyli w szczególności likwidacji barier finansowych i podatkowych pomiędzy krajami

na potrzeby wspólnego rynku obejmującego całe terytorium Unii Europejskiej, a także innych państw Europejskiego Obszaru Gospodarczego i Szwajcarii, które stosują regulacje kolejowe Unii Europejskiej.

### 3.2. Normy CEN, CENELEC, ETSI i PKN oraz karty UIC i OSJD

Rozwiązaniem, umocowanym w prawie Unii Europejskiej w odniesieniu do rozwiązań technicznych objętych zasadami wspólnego rynku, są normy europejskie. Normy istniały już wcześniej, ale miały w znacznej mierze charakter narodowy. Polski Komitet Normalizacyjny w przyszłym 2024 roku będzie obchodził stulecie działalności. Jednak prace i dokumenty przyjmowane przez komitety normalizacyjne od nieco ponad dwudziestu lat mają charakter międzynarodowy.

Europejskie organizacje normalizacyjne: CEN odpowiedzialny w szczególności za normy w zakresie mechaniki, materiałów, badań; CENELEC odpowiedzialny w szczególności za normy w zakresie elektrotechniki i elektroniki oraz ETSI odpowiedzialny w szczególności za normy telekomunikacyjne otrzymują mandaty od Komisji Europejskiej na opracowywanie i uzgadnianie norm, które następnie są wskazywane w dzienniku ustaw UE jako normy zharmonizowane na potrzeby wspólnego rynku. Na potrzeby kolei normy przyjmowane są przez CEN TC 256, CENELEC TC 9X oraz ETSI RP.

Warunkiem wejścia do Unii Europejskiej jest pełne członkostwo w CEN, CENELEC i ETSI, a warunkiem członkostwa jest wdrażanie norm EN do zbioru norm krajowych metodą tłumaczenia lub uznania. Przykładowo, Polska stała się pełnoprawnym członkiem CEN, CENELEC i ETSI od pierwszego stycznia 2004 r., aby od pierwszego maja 2004 r. stać się członkiem Wspólnot Europejskich przekształconych później w Unię Europejską.

Przekraczanie granic przez transport kolejowy było oczywiście realizowane także wcześniej. Wspomnieć należy, o co najmniej trzech międzynarodowych/międzyrządowych organizacjach regulujących zagadnienia techniczne, eksploatacyjne, formalne i prawne w odniesieniu do transportu kolejowego:

1. Międzynarodowy Związek Kolei UIC jako organizacja ogólnosiwiatowa funkcjonująca od 1922 roku przy współpracy kolei narodowych zdefiniował setki kart UIC (tzw. fiszek – UIC Fiche). Obecnie karty te nie są traktowane w Europie jako wiążące. Pełne prawo do wykorzystywania kart na potrzeby norm uzyskały europejskie organizacje normalizacyjne CEN, CENELEC i ETSI. Nie oznacza to wstrzymania wymiany doświadczeń i tworzenia dokumentów technicznych UIC, ale zmianę ich charakteru. Obecnie tworzone są przeglądy dobrych praktyk (UIC IRS – *International Railway Solutions*). UIC stanowi także platformę współpracy badawczo-rozwojowej dla wielu nowych technologii.
2. Organizacja Współpracy Kolei OSJD jako techniczna, kolejowa pozostałość Układu Warszawskiego, obejmuje przede wszystkim koleje o szerokości toru

1520 mm, w tym Rosję, ale także Chiny, gdzie podstawową szerokością toru jest 1435 mm jak w większości krajów europejskich. OSJD przyjęło, utrzymuje i nadal tworzy karty OSJD. Ich przestrzeganie jest istotne dla przekraczania granic na wschodzie Europy i w Azji. Istnieją także wspólne karty UIC/OSJD na przykład w odniesieniu do listów przewozowych. OSJD jest jednocześnie organizacją międzynarodową i międzyrządową co oznacza, że w przeciwieństwie do UIC, które nie wiąże rządów, może i narzuca dla swoich wybranych regulacji status obowiązującego prawa.

3. Konwencja o międzynarodowym przewozie kolejami COTIF, to organizacja międzyrządowa obejmująca nie tylko wszystkie państwa Unii Europejskiej, ale także państwa Europy wschodniej, Azji mniejszej oraz północnej Afryki. Reguluje transport międzynarodowy szeregiem obszernych załączników do konwencji. Przykładem mogą być przepisy RID – klasyfikacja ładunków niebezpiecznych transportowanych koleją wraz ze szczegółowymi wymaganiami dotyczącymi ich zabezpieczenia i oznakowania.

Komisja Europejska jest członkiem COTIF i ściśle współpracuje z UIC. Rozmowy o współpracy z OSJD trwają od lat, a tymczasem decyzją władz rosyjskich pewne kompetencje OSJD przejęła Rada ds. Transportu Kolejowego Wspólnoty Niepodległych Państw.

### 3.3. Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności TSI

Wspólny rynek dla wielu rodzajów wyrobów opiera się na powiązaniu prawa przyjętego przez Parlament Europejski z normami zharmonizowanymi (np. dla zabawek) na dyrektywie i związanych z nią normach CEN i CENELEC. Uznano, że ze względu na złożoność transportu kolejowego takie podejście nie jest możliwe. Uznano także, że wspólny rynek dla transportu kolejowego, rozumiany jako pełne stosowanie czterech swobód podstawowych Unii Europejskiej w zakresie budowy, utrzymania i eksploatacji kolei wymaga opracowania, przyjęcia a następnie doskonalenia Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności TSI. Tę koncepcję wprowadzono najpierw dla kolei dużych prędkości, a następnie w 2004 roku dla kolei konwencjonalnych.

Obowiązuje jedenaście stu-kilkudziesięciu-stronicowych specyfikacji TSI przyjętych przez Komisję Europejską rozporządzeniami oraz rozporządzeniami zmieniającymi obowiązujące rozporządzenia. Definiują one wymagania dla pięciu podsystemów strukturalnych i trzech podsystemów eksploatacyjnych współtworzących system kolei w Unii Europejskiej. Podsystemy strukturalne: infrastruktura, energia oraz sterowanie – urządzenia przytorowe (INF,

ENE, CCT) współtworzą linie kolejowe zarządzane przez zarządców infrastruktury. Podsystemy strukturalne: tabor oraz sterowanie – urządzenia pokładowe (RST, CCO) współtworzą pojazdy kolejowe.

Specyfikacje TSI definiują wiele wymagań szczegółowych, ale w wielu kwestiach wskazują na zapisy norm CEN, CENELEC i ETSI, czyniąc je obowiązującymi. Nieliczne normy są przywoływane w ten sposób w całości. Większość zapisów w normach jest podstawą spełnienia wymagań zasadniczych wskazanych w załączniku do dyrektywy w sprawie interoperacyjności kolei. Obecnie, ze specyfikacjami TSI zharmonizowano sto dziewięćdziesiąt siedem norm europejskich. Uzupełnieniem specyfikacji TSI są także specyfikacje przyjęte przez Agencję Unii Europejskiej ds. Kolei oraz rekomendacje NBRail wspólnie przyjmowane przez Jednostki Notyfikowane NoBo czyli formalnie upoważnione do potwierdzania zgodności rozwiązań technicznych z wymaganiami europejskimi.

Nadal w pewnych wąskich zakresach obowiązują także wymagania krajowe. Konieczne jest także weryfikowanie zgodności nowego interoperacyjnego taboru z istniejącymi nieinteroperacyjnymi liniami kolejowymi. To wszystko, to zakres Jednostek Upoważnionych DeBo, które swoje uprawnienia otrzymują od właściwych organów poszczególnych państw.

### 3.4. Kolejowe wymagania zasadnicze i budowlane wymagania podstawowe

Zarówno jednostki NoBo, jak i jednostki DeBo analizując rozwiązania techniczne w zakresie zgodności ze szczegółowymi wymaganiami odpowiednio europejskimi lub krajowymi, potwierdzają ich zgodność z wymaganiami zasadniczymi. Dzięki temu z jednej strony postępowi technicznemu nie musi towarzyszyć ciągle uaktualnianie przepisów prawnych, ale z drugiej strony od jednostek oceniających (NoBo, DeBo) wymaga się ciągłego utrzymywania kompetencji technicznych i śledzenia zmian dokumentów prawnych i normatywnych. Jednostki NoBo muszą podejmować decyzje na bazie zapisów specyfikacji TSI, powołanych przez nie zapisów norm, wskazanych w nich obowiązujących specyfikacji europejskich przyjętych przez Agencję UE do spraw Kolei oraz rekomendacji NBRail. Poszczególne wymagania szczegółowe są powiązane z wymaganiami zasadniczymi. Także jednostki DeBo muszą podejmować decyzje na bazie zapisów rozporządzeń oraz norm i dokumentów normatywnych, wskazanych zgodnie z prawem krajowym, które są powiązane z wymaganiami zasadniczymi. Jeśli któryś z krajów chce stawiać wymagania niepowiązane z wymaganiami zasadniczymi jest to traktowane jako nieuprawniona próba ochrony rynku wewnętrznego w obszarze obowiązywania zasad wspólnego rynku, co

powoduje uruchomienie odpowiednich działań formalno-prawnych na szczeblu europejskim.

Dla kolei zdefiniowano tylko sześć wymagań zasadniczych: bezpieczeństwo, niezawodność i dostępność, brak zagrożenia dla życia i zdrowia, brak zagrożenia dla środowiska, zgodność techniczną stosowanych rozwiązań oraz dostępność kolei dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się.

Wymagania zasadnicze są opisane krótko w Dyrektywie przyjętej przez Parlament Europejski. Nie budzą wątpliwości tak długo, jak długo nie trzeba potwierdzić ich spełnienia. Nikt nie wątpi, że kolej musi być bezpieczna, ale podpisanie się, że jest bezpieczna, w świetle już pierwszego z jedenastu akapitów definiujących to wymaganie zasadnicze, stanowi wyzwanie. Akapit ten stanowi, że (...) *Projektowanie, budowa lub montaż, utrzymywanie i monitorowanie składników kluczowych dla bezpieczeństwa, a zwłaszcza składników dotyczących ruchu pociągów, muszą gwarantować bezpieczeństwo na poziomie odpowiadającym celom określonym dla sieci, w tym w szczególnie trudnych warunkach (...)* i może być potwierdzony tylko na bazie powiązanych z nim wymagań szczegółowych. Dotyczy to wszystkich wymagań zasadniczych. Dlatego są one w specyfikacjach TSI powiązane z wymaganiami szczegółowymi. Te jednak w wielu przypadkach nie są dość szczegółowe. Wówczas jednostki NoBo podejmują decyzje o spełnieniu lub nie wymagania zasadniczego opierając się na normach zharmonizowanych. Niezależnie od Dyrektywy w sprawie interoperacyjności kolei dla wszelkich budowli, także kolejowych, obowiązuje Ustawa Prawo Budowlane oraz powiązane z nim Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego o Wyrobach Budowlanych. Zamykając kolejowe inwestycje infrastrukturalne trzeba uzyskiwać zarówno pozwolenia na użytkowanie zgodnie z prawem budowlanym, jak i zezwolenia na przekazanie do eksploatacji zgodnie z prawem kolejowym. Pod prawem budowlanym funkcjonują, i mają zastosowanie do infrastruktury kolejowej, tak zwane wymagania podstawowe. Zdefiniowano tylko siedem wymagań podstawowych: nośność i stateczność, bezpieczeństwo pożarowe, higiena, zdrowie i środowisko, bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów, ochrona przed hałasem, oszczędność energii i izolacyjność cieplna, zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych.

Wymagania podstawowe mają zastosowanie zarówno do budowli, jak i do wyrobów budowlanych, są więc uwzględniane na przykład przy tworzeniu Krajowych Ocen Technicznych KOT czy prowadzeniu Zakładowej Kontroli Produkcji ZKP.

### 3.5. Wspólne metody bezpieczeństwa CSM

Dyrektywa w sprawie interoperacyjności kolei, podobnie jak prawo budowlane, zasadniczo dotyczy rozwiązań nowych, modernizowanych, w niektórych

przypadkach także podlegających odnowieniu. Tymczasem kolej eksploatuje wiele istniejących wcześniej, dopuszczonych do eksploatacji linii i pojazdów, a kompletny system musi być bezpieczny. Dlatego obok Dyrektywy w sprawie interoperacyjności kolei istnieje obowiązująca Dyrektywa w sprawie bezpieczeństwa kolei.

Pod tą dyrektywą przyjęte zostały tak zwane Wspólne Metody Bezpieczeństwa CSM. Sześć metod CSM przyjętych Rozporządzeniami Wykonawczymi Komisji Europejskiej oraz sama dyrektywa definiują podział odpowiedzialności i działania w zakresie bezpieczeństwa w odniesieniu do zarządców infrastruktury kolejowej, przewoźników kolejowych, podmiotów odpowiedzialnych za utrzymanie taboru (podmiot taki jest wskazany w rejestrze taboru dla każdego pojazdu kolejowego), krajowych organów odpowiedzialnych za nadzór nad bezpieczeństwem, czy krajowych organów odpowiedzialnych za dochodzenia po wypadkach i wydarzeniach kolejowych.

Najszerzej stosowaną metodą CSM jest wspólna metoda akceptacji ryzyka przy zmianach technicznych, eksploatacyjnych i organizacyjnych – CSM RA, której podstawowe założenia przedstawione zostały w rozdziale 2.12. Rolę jednostek oceniających w tym zakresie pełnią tak zwane jednostki oceniające ryzyko AsBo. Wbrew ich nazwie nie oceniają one ryzyka, a weryfikują poprawność i kompletność ocen ryzyka i wydają raporty z oceny bezpieczeństwa.

### 3.6. Wymagania proceduralne dla zapewniania bezpieczeństwa i dostępności kolei

Opieranie się na wspólnej metodzie bezpieczeństwa CSM RA w pewnych przypadkach jest uznawane za niewystarczające. W odniesieniu do programowalnych rozwiązań cyfrowych, w tym w szczególności komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym, ale także w odniesieniu do taboru kolejowego, wymaga się przestrzegania szczegółowych reguł gwarantujących odpowiednio wysoką odporność na uszkodzenia losowe i uszkodzenia systematyczne. Procedury postępowania w tym zakresie definiują normy RAMS określające wymagania dla niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa.

Wspomniane w rozdziale 2.12. zasady tworzenia i weryfikowania dowodów bezpieczeństwa są opisane w pięciu stu-kilkudziesięciu-stronicowych normach RAMS dedykowanych do zasad ogólnych, wytycznych ich stosowania, dowodów dla systemów sterowania ruchem, tworzenia oprogramowania oraz zabezpieczania transmisji danych na potrzeby systemów sterowania. Zdefiniowanym dwunastu etapom cyklu życia systemów technicznych przypisano kolejne kroki analiz technicznych i eksploatacyjnych oraz tworzenia i uzupełniania dokumentów gwarantujących właściwy poziom nienaruszalności bezpieczeństwa.

Zdefiniowano także wymagania oraz działania dla zaangażowanych osób i zespołów – dla projektantów, weryfikatorów, walidatorów, kierowników projektów i niezależnych asesorów bezpieczeństwa. Tę ostatnią rolę w odniesieniu do rozwiązań podlegających pod prawo europejskie pełnią jednostki oceniające ryzyko AsBo umocowane do prowadzenia ocen zgodnie z wymaganiami wspólnej metody CSM RA.

### 3.7. Wymagania w zakresie odporności kolei na cyberzagrożenia

Od 2016 roku kolej została objęta także europejskimi regulacjami w zakresie cyberbezpieczeństwa. Obecnie status tak zwanego operatora usług kluczowych mają nieliczne podmioty kolejowe, ale po zmianach przyjętych w 2022 roku przez Parlament Europejski, od 2024 roku wszystkie podmioty kolejowe zatrudniające co najmniej 50 osób lub posiadające obroty roczne, względnie roczną sumę bilansową, przekraczające dziesięć milionów euro, a więc niemal wszyscy zarządcy i przewoźnicy kolejowi będą zobligowani między innymi do: analizowania cyberzagrożeń, definiowania i wdrażania odpowiednich zabezpieczeń, raportowania cyberataków i cyberincydentów.

Działania takie muszą być podejmowane w odniesieniu do systemów informacyjnych IT oraz wszelkich cyfrowych systemów eksploatacyjnych OT, a więc na przykład w odniesieniu do: systemów sterowania ruchem, cyfrowych systemów łączności przewodowej i bezprzewodowej, nowoczesnego taboru kolejowego, systemów sterowania zasilaniem sieci trakcyjnych, diagnostyki infrastruktury, czy diagnostyki taboru.

Jednocześnie Parlament Europejski kończy prace nad horyzontalnymi wymogami w zakresie cyberbezpieczeństwa w odniesieniu do produktów z elementami cyfrowymi, które także będą miały zastosowanie dla kolei. Tyle tylko, że nie wprost dla przewoźników i zarządców, a przede wszystkim dla producentów urządzeń i systemów oraz wykonawców budujących i wyposażających infrastrukturę i tabor kolejowy.

## 4. Obszary aktywności Instytutu Kolejnictwa

Krótkie zarysowanie złożoności systemu kolei oraz mających zastosowanie dokumentów normatywnych i prawnych daje uproszczony obraz otoczenia, w którym działa Instytut Kolejnictwa. Blisko dwustu wysokiej klasy specjalistów, wykorzystując zaawansowane narzędzia i stanowiska badawcze, prowadzi prace w zakresie:

- drogi kolejowej – podtorza, konstrukcji toru, rozjazdów i skrzyżowań, układów geometrycznych

- torów i linii kolejowych, szyn, podkładów, przytwierdzeń, podkładek, przekładek itd.;
- stacji kolejowych – układów torowych, peronów i dojeżdżalni, systemów rozgłoszeniowych, informacji pasażerskiej, dostosowania dla osób o ograniczonej możliwości poruszania się itd.;
- infrastruktury pomocniczej – stacji postojowych, torów odstawczych, połączeń trapezowych, torów wyciągowych, kozłów oporowych itd.;
- zasilania trakcyjnego – sieci trakcyjnych i osprzętu sieci trakcyjnych, podstacji trakcyjnych, kabin sekcyjnych, odłączników, rozłączników, wyłączników szybkich itd.;
- systemów sterowania ruchem kolejowym – nastawnic stacyjnych, blokad liniowych, systemów zdalnego sterowania, sterowania rozrzędem, samoczynnej sygnalizacji przejazdowej itd.;
- systemów automatyki kolejowej – napędów, kontrolerów, zamków i spoin iglicowych, obrotnic, przesuwnic, wykolejnic, systemów ogrzewania rozjazdów itd.;
- systemów łączności kolejowej – łączności przewodowej i bezprzewodowej, analogowej i cyfrowej, na poziomie instalacji w pojazdach, na liniach i w obiektach centralowych itd.;
- elektrycznych i spalinowych zespołów trakcyjnych – układów biegowych, ciągnowo-zderznych, systemów hamowania, stosowanych materiałów, zabudowywanych urządzeń itd.;
- pojazdów trakcyjnych – wytrzymałości konstrukcji, hamowania, zabezpieczeń przed wykolejeniem, spokojności biegu, stref zgniotu, wyłączników głównych, pantografów itd.;
- wagonów pasażerskich i towarowych – układów biegowych, hamowania, materiałów, urządzeń, dostosowania do potrzeb osób o ograniczonej możliwości poruszania się itd.;
- pojazdów specjalnych, kolejowych maszyn budowlanych, pojazdów dwudrogowych – trybów pracy, trybów transportowych, wkolejania, włączania do składów pociągowych itd.;
- elementów konstrukcyjnych – kół i osi, nawierzchni bezpodsypekowych, peronów, nawierzchni przejazdowych, konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnych, pali fundamentowych itd.;
- ocen zgodności z wymaganiami – europejskich ocen zgodności WE i weryfikacji WE, krajowych ocen zgodności typu i zgodności z typem, certyfikacji dobrowolnej itd.;
- opracowywania Krajowych Ocen Technicznych dla wyrobów budowlanych zabudowywanych na liniach kolejowych – tłucznia, odbojnic, odwodnienia itd.;
- prowadzenia Zakładowych Kontroli Produkcji wyrobów budowlanych oraz audytów systemów zarządzania jakością na produkcji systemów i urządzeń itd.; a także

- niezależnych ocen – analiz ryzyka, dowodów bezpieczeństwa, zarządzania bezpieczeństwem, dokumentacji, procedur, instrukcji, czy zabezpieczeń przeciw cyberzagrożeniom itd.

Pracownicy Instytutu Kolejnictwa wykorzystują przy tym liczne specjalistyczne narzędzia i stanowiska, na przykład:

- Blisko ośmio-kilometrowy zamknięty tor doświadczalny w Żmigrodzie z własnymi torami odstawczymi i zapleczem, który jest wykorzystywany zarówno do badania taboru, jak i elementów infrastruktury.
- Prowadzone są badania Europejskiego Systemu Sterowania Pociągami, badania zderzeniowe do weryfikacji konstrukcji stref zgniotu w taborze, przetaczania po łukach odwrotnych o małych promieniach, badania zakłóceń elektromagnetycznych, pomiary drgań i hałasu, weryfikacje elementów infrastrukturalnych i zabezpieczających przeznaczonych do stosowania w ramach nawierzchni torowych czy sieci trakcyjnych.
- Pełnowymiarowe, akredytowane przez Międzynarodowy Związek Kolei, stanowisko badania par ciernych – hamownia, gdzie realizowane są badania współpracy klocków hamulcowych z kołami i tarczami ciernymi do prędkości 500 km/h przy uwzględnieniu najdłuższego stromego spadku na torze kolejowym w Europie – zjazdu z przełęczą św. Gotharda.
- Pełny komplet stanowisk badawczych do badań palnościowych materiałów zabudowywanych w taborze zgodnie z obowiązującymi normami europejskimi.
- Liczne stanowiska do badań wytrzymałościowych i zmęczenia, w tym wielkogabarytowe, na których prowadzone są badania ram wózków czy odcinków nawierzchni bezpodsypankowej.
- Liczne komory klimatyczne wykorzystywane do badań odporności na kolejowe warunki atmosferyczne.
- Komora bezodbiciowa umożliwiająca pełne i niezakłócone badania wszelkiego rodzaju źródeł światła.
- Mikroskop elektronowy wykorzystywany np. przy badaniach makrostruktury i mikrostruktury pęknięć szyn, kół, czy osi po wypadkach kolejowych.
- Stanowiska, wzorce i sprzęt do badań defektoskopowych szyn, złączy szynowych, kół i osi kolejowych. Stanowiska, wzorce i sprzęt do wzorcowania kolejowych przyrządów pomiarowych.

Nadto, w ramach prac Polskiego Komitetu Normalizacyjnego PKN, Instytut Kolejnictwa prowadzi kolejowe komitety techniczne PKN/KT 138 do spraw kolejnictwa obejmujący między innymi pełny zakres działań komitetu CEN TC256 oraz PKN/KT 61 do spraw elektrycznego wyposażenia trakcyjnego obejmujący między

innymi pełny zakres działań komitetu CENELEC TC9X. Instytut Kolejnictwa prowadzi także Centrum Wymiany i Analizy Informacji podsektora transportu kolejowego ISAC-Kolej, w ramach którego są analizowane i wymieniane informacje o cyberzagrożeniach oraz tworzone wytyczne dotyczące cyberbezpieczeństwa dla zarządców i przewoźników kolejowych. Instytut uczestniczy również w krajowym Partnerstwie dla Cyberbezpieczeństwa, gdzie wymieniane są informacje pomiędzy różnymi branżami przy uwzględnieniu infrastruktury krytycznej oraz współpracy z krajowym zespołem reagowania na incydenty bezpieczeństwa komputerowego CSIRT NASK. Instytut Kolejnictwa jest członkiem stowarzyszonym zarówno UIC, jak i OSJD. W ramach UIC na przykład bierze aktywny udział w pracach Międzynarodowej Rady Badań Kolejowych IRRB. Jest zaangażowany także w liczne projekty badawcze zarówno finansowane ze środków krajowych, jak i europejskich.

Instytut Kolejnictwa prowadzi także działalność wydawniczą. To nie tylko „Problemy Kolejnictwa”, których wydawany jest dwusetny numer, a znacznie więcej. W szczególności co roku Instytut wydaje kilka monografii dotyczących różnych zagadnień transportu szynowego. Pracownicy Instytutu uczestniczą także w licznych konferencjach i publikują artykuły w czasopiśmie naukowych i popularno-naukowych. Budowaniu, poszerzaniu oraz uaktualnianiu wiedzy kolejarzy służą także comiesięczne otwarte seminaria organizowane przez sekretarza naukowego Instytutu Kolejnictwa.

Na bazie gromadzonej wiedzy Instytut Kolejnictwa opracował także Standardy Kolejowe. Pierwsze standardy, opracowane w latach 2001–2002 dotyczyły podniesienia prędkości na Centralnej Magistrali Kolejowej. Kolejne, nadal przywoływane w wielu przetargach na inwestycje kolejowe przez PKP Polskie Linie Kolejowe, opracowane zostały w latach 2008–2009 i dedykowane są modernizowaniu linii kolejowych do prędkości do 200 km/h. Obejmują one szesnaście tomów:

- TOM I – Droga szynowa
- TOM II – Skrajnia budowlana linii kolejowej
- TOM III – Kolejowe obiekty inżynierskie
- TOM IV – Urządzenia trakcji elektrycznej
- TOM V – Elektroenergetyka nietrakcyjna
- TOM VI – Sygnalizacja, sterowanie i kierowanie ruchem
- TOM VII – Telekomunikacja
- TOM VIII – Detekcja stanów awaryjnych taboru
- TOM IX – Kompatybilność elektromagnetyczna
- TOM X – Skrzyżowania w poziomie szyn, drogi równoległe
- TOM XI – Budowle
- TOM XII – Mała architektura, systemy identyfikacji
- TOM XIII – Budynki
- TOM XIV – Skrzyżowania i osłona linii
- TOM XV – Ochrona środowiska
- TOM XVI – Wymagania dotyczące taboru

W ostatnim czasie, w latach 2021–2023 zostały opracowane Standardy Techniczne, szczegółowe warunki techniczne dla budowy infrastruktury kolejowej Centralnego Portu Komunikacyjnego. Te standardy są przywoływane w dokumentach przetargowych spółki CPK. Są one szersze, dedykowane budowie nowej infrastruktury, a nie modernizacji już istniejącej i obejmują trzydzieści dwa opracowania:

- Tom A – Wprowadzenie do standardów kolejowych CPK
- Tom I.1 – Droga szynowa – układy geometryczne
- Tom I.2 – Droga szynowa – konstrukcja obiektów budowlanych
- Tom I.3 – Droga szynowa – odwodnienie układu torowego
- Tom I.4 – Droga szynowa – skrajnia
- Tom I.5 – Droga szynowa – badania i projekt geotechniczny
- Tom II.1 – Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 2×25 kV 50 Hz AC
- Tom II.2 – Sieć trakcyjna i zasilanie trakcyjne 3 kV DC
- Tom III.1 – Obiekty inżynieryjne
- Tom III.2 – Tunele
- Tom IV – Elektroenergetyka nietrakcyjna
- Tom V.1 – Drogi niepubliczne
- Tom V.2 – Drogi publiczne
- Tom VI.1 – Sterowanie ruchem – wyposażenie podstawowe
- Tom VI.2 – Sterowanie ruchem – System ETCS
- Tom VII.1 – Łączność przewodowa, bezprzewodowa, transmisja danych
- Tom VII.2 – Teletechnika i telematyka
- Tom VII.3 – Detekcja stanów awaryjnych taboru (DSAT)
- Tom VIII.1 – Budynki stacji i dworców kolejowych
- Tom VIII.2 – Budynki techniczne
- Tom VIII.3 – Budowle
- Tom VIII.4 – Mała architektura
- Tom IX – Środki minimalizujące oddziaływanie na środowisko
- Tom X – Kolizje z sieciami zewnętrznymi
- Tom XI – Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)
- Tom XII – Osłona linii kolejowych

- Tom XIII – Zaplecze techniczne
- Tom XIV – Wspomaganie zdrowia i bezpieczeństwa osób i mienia
- Tom XV – Osnowa geodezyjna
- Tom XVI – Tabor kolejowy
- Tom XVII – Systemy automatycznej odprawy bagażu
- Tom XVIII – Wymagania w zakresie spójności bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa

Zarówno standardy wykorzystywane przez PKP PLK, jak i standardy wykorzystywane przez CPK są w pełni publicznie dostępne.

## 5. Podsumowanie

Krótki przegląd obszarów aktywności Instytutu Kolejnictwa obejmuje kluczowe obszary i rodzaje działań Instytutu dając ogólny, chociaż nie wyczerpujący obraz angażowania wiedzy i umiejętności pracowników oraz infrastruktury, stanowisk i narzędzi badawczych.

Zaznaczyć przy tym należy, że Instytut Kolejnictwa bardzo dba o zachowanie poufności wyników badań, rozwiązań technicznych i technologicznych oraz dokumentów wewnętrznych producentów. Gwarantowana jest także niezależność ekspertów oceniających proponowane i stosowane rozwiązania, systemy zarządzania jakością, analizujących różnego typu dokumenty, czy weryfikujących kompletność identyfikacji ryzyka oraz adekwatność przyjmowanych środków bezpieczeństwa.

W świetle artykułu jasne staje się, dlaczego Instytut Kolejnictwa zatrudnia inżynierów i doktorów z zakresu mechaniki, elektrotechniki, elektroniki, technik informacyjnych, bezpieczeństwa, wytrzymałości, materiałoznawstwa, chemii, metrologii itd. Dostrzegać należy bowiem wszelkie aspekty rozwiązań technicznych i eksploatacyjnych zarówno wewnętrzne, jak i zewnętrzne, które mogą mieć wpływ na kolej w normalnych lub w pogorszonych warunkach eksploatacji, a także podczas budowy, zabudowy lub likwidacji infrastruktury i środków transportu.