

# Cyfryzacja w transporcie kolejowym

Janusz POLIŃSKI<sup>1</sup>, Krzysztof OCHOCIŃSKI<sup>2</sup>

## Streszczenie

Transformacja cyfrowa w sektorze kolejowym jest ważnym elementem rozwoju kolei i powinna przynieść korzyści zarówno podróżnym, przewoźnikom, zarządcom infrastruktury, jak i producentom taboru. Proces cyfryzacji kolei dotyczy dwóch obszarów, tj. obsługi klienta i funkcjonowania przedsiębiorstwa kolejowego. Celem artykułu jest przedstawienie dotychczasowych działań w zakresie wykorzystania technologii cyfrowych w kontaktach z klientami, a także ich zastosowanie w działalności eksploatacyjno-utrzymaniowej, wpływającej na jakość oferowanych usług. W artykule przedstawiono ważne zagadnienia tej problematyki w odniesieniu do przewozu osób i towarów, infrastruktury, taboru oraz sterowania ruchem kolejowym. Wskazano przy tym, że istotną rolę w procesie cyfryzacji odgrywa odpowiednio przygotowany personel. Podano przykłady innowacyjnych działań kolei polskich i europejskich.

**Słowa kluczowe:** transport kolejowy, cyfryzacja, cyfryzacja kolei

## 1. Wstęp

Obecne przemiany w gospodarce charakteryzuje transformacja cyfrowa. Jej istotą jest wprowadzanie i efektywne wykorzystywanie wszelkich rozwiązań opartych na tzw. technologiach cyfrowych. Umożliwia to zmianę modeli biznesowych wielu przedsiębiorstw, czego następstwem jest wprowadzanie nowoczesnych usług i innowacyjnych produktów, a także nowych form i metod obsługi klientów. Transformacja cyfrowa (*Digital Transformation – DX*)<sup>3</sup> należy do procesów kompleksowych. W transporcie zmieniają one istniejące modele zarządzania, planowania, a także realizacji dostaw, w tym monitorowania i kontroli przewozów.

Jak słusznie zauważono [12] (...) *Wdrożenie innowacji technologicznych w otwartych, globalnie skomunikowanych i intermodalnych systemach transportowych, obsługiwanych przez wielu przewoźników, operatorów logistycznych, spedytorów, załadowców, odbiorców i agencje celne, jest często trudniejszym wyzwaniem niż automatyzacja i robotyzacja zamkniętych systemów produkcyjnych inteligentnych fabryk (Smart Factories).*

Z kolei (...) *transformacja cyfrowa w sektorze kolejowym to nie tyle zastosowanie nowych technologii*

*w działalności operacyjnej przewoźników i zarządców infrastruktury, a także podmiotów produkujących na rzecz kolei, ile radykalna zmiana dotychczasowych modeli biznesowych i filozofii myślenia, pozwalająca na wykreowanie wartości dodanej dla wielu uczestników procesu przewozowego i przyczyniająca do wdrożenia nowych koncepcji mobilności [21].*

Na uwagę zasługuje pięć głównych trendów cyfryzacji w transporcie kolejowym [21]:

- 1) usieciowiony pasażer (*Connected Commuter*) – dostęp do Internetu w trakcie podróży,
- 2) mobilność jako usługa (*MaaS – Mobility as a Service*) – związana z łatwiejszym planowaniem podróży,
- 3) zapobiegawcze utrzymanie taboru (*PMAas – Project Manager as a service*) – utrzymanie, oparte na przesyłanych na bieżąco (przez systemy elektroniczne) danych o zużyciu poszczególnych podzespołów, co umożliwia poprawę niezawodności taboru,
- 4) automatyzacja i współdziałanie systemów sterowania ruchem (*GoA4 – Unattended Train Operation*) – system, w którym pojazdy są uruchamiane całkowicie bez personelu operacyjnego (tzw. 4 stopień automatyzacji).

<sup>1</sup> Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: jpolinski@ikolej.pl.

<sup>2</sup> Mgr Inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: kochocinski@ikolej.pl.

<sup>3</sup> Transformacji cyfrowej nie należy utożsamiać z cyfryzacją informacji, której istotą jest cyfrowa postać informacji (0,1). Dzięki cyfrowej postaci różnych treści możliwy jest m.in. szybki dostęp do wiedzy, a z powodu niskich kosztów tworzy się dogodne warunki dla procesów innowacyjnych. Cyfryzacja informacji jest pierwszym krokiem transformacji cyfrowej.

- 5) Internet pociągów (*Internet of Trains*) – zwiększenie bezpieczeństwa ruchu pociągów, obniżenie kosztów operacyjnych oraz usprawnienie jakości oferowanych usług.

W 2015 roku Komisja Europejska opublikowała dokument pt. „Strategia jednolitego rynku cyfrowego”. Celem strategii jest wyeliminowanie istniejących barier, które utrudniają rozwój cyfrowy Europy. Utworzenie tego rynku powinno pomóc europejskim przedsiębiorstwom w rozszerzaniu działalności na skalę światową, sprzyjać poprawie jakości produktów i usług, obniżeniu ich cen oraz zapewniać konsumentom ich większy wybór.

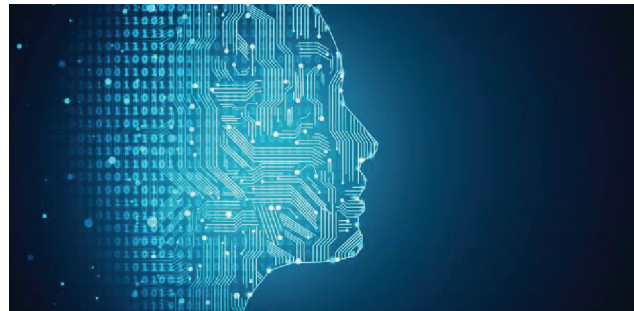
Polska była inicjatorem pierwszego w historii UE szczytu Rady Europejskiej, poświęconego wyłącznie sprawom cyfrowym. Celem spotkania były dyskusje szefów rządów służące zbliżeniu stanowisk państw członkowskich Unii Europejskiej. Polska propozycja zorganizowania tego szczytu zebrała początkowo poparcie 17 rządów. W późniejszym okresie do tej grupy dołączyła Bułgaria. W spotkaniu, które odbyło się 29 września 2017 r. w Tallinie, wzięło udział 28 szefów rządów. Był to ważny element budowania pozytywnej agendy cyfrowej Polski dla Unii Europejskiej [5].

W latach 2021–2027 Unia Europejska planuje uruchomić program „Cyfrowa Europa”. Jego celem będzie wspieranie procesu cyfrowej transformacji europejskiego społeczeństwa i europejskiej gospodarki oraz zapewnienie płynących z tego korzyści obywatelom Unii i unijnym przedsiębiorstwom. Zakłada się również, że program wzmocni zdolności Europy w kluczowych obszarach technologii cyfrowych oraz zwiększy ich rozpowszechnianie i absorpcję w obszarach interesu publicznego oraz w sektorze prywatnym. Program będzie obejmował pięć celów szczegółowych (według rozdz. 3, ust. 2) [26]:

1. „Obliczenia wielkiej skali (HPC)”<sup>4</sup> przez wspieranie kompleksowego unijnego ekosystemu, który zapewni niezbędne zdolności w zakresie HPC i danych, aby umożliwić Europie konkurowanie w skali globalnej.
2. „Sztuczna inteligencja (AI)”<sup>5</sup> w Europie, w tym m.in. wzmocnienie i połączenie w sieć istniejących placówek prowadzących testy i doświadczenia związane ze sztuczną inteligencją w państwach członkowskich.
3. „Cyberbezpieczeństwo i zaufanie” – ta część programu ma stymulować budowę podstawowych zdolności w celu zabezpieczenia unijnej gospodarki cyfrowej, społeczeństwa i demokracji przez wzmocnienie unijnego potencjału przemysłowego i konkuren-

cyjności w dziedzinie cyberbezpieczeństwa, a także zwiększenie zdolności sektora prywatnego i publicznego do ochrony europejskich obywateli i przedsiębiorstw przed zagrożeniami dla cyberbezpieczeństwa, włączając w to wsparcie wdrażania dyrektywy w sprawie bezpieczeństwa sieci i informacji.

4. „Zaawansowane umiejętności cyfrowe” – dzięki tej części programu będzie wsparty łatwy dostęp obecnej i przyszłej siły roboczej do zaawansowanych umiejętności cyfrowych, w szczególności w zakresie HPC, AI, rozproszonych rejestrów (np. technologii *blockchain*) oraz cyberbezpieczeństwa przez oferowanie studentom, absolwentom i pracownikom, niezależnie od ich miejsca pobytu, możliwości nabywania i rozwijania tych umiejętności (rys. 1).
5. „Wdrażanie” – optymalne wykorzystanie zdolności cyfrowych i interoperacyjności.



Rys. 1. Ponad połowa wszystkich pracowników będzie wymagała znacznego podniesienia kwalifikacji, przy czym co dziesiątego z nich będzie trzeba szkolić dłużej niż rok [3]; [fot. Shutterstock]

W dokumencie na temat cyfryzacji pt. „Tendencje cyfrowe w sektorze kolejowym” (*Digital Trends in the Rail Sector*) Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Kolejowego (UNIFE) wskazało, w jaki sposób transformacja cyfrowa przyczyni się do zwiększenia zadowolenia podróżnych korzystających z usług kolei, jak powinien przebiegać rozwój logistyki przewozu towarów oraz zwiększenia zdolności ich przewozu. Transformacja cyfrowa różnych przedsiębiorstw dotyczy trzech podstawowych sfer ich działania [6]:

- 1) kształtowania wzajemnych relacji z klientami, głównie przez zrozumienie ich potrzeb, wprowadzenie różnych kanałów komunikowania się z klientami, a także sukcesywne wprowadzanie rozwiązań związanych z samoobsługą,
- 2) wewnętrznych procesów operacyjnych związanych z istniejącą strukturą, organizacją pracy i jej środowiskiem, połączone z monitorowaniem wydajności,
- 3) modelu działania, opartego na produktach i usługach dostarczanych na określone rynki.

<sup>4</sup> HPC – *High Performance Computing* – użycie superkomputerów lub klastrów obliczeniowych do realizacji złożonych i długotrwałych obliczeń.

<sup>5</sup> AI – *Artificial Intelligence*.

Działania wszelkiego typu związane z procesem cyfryzacji umożliwią włączenie polskiego transportu kolejowego do zasadniczego nurtu gospodarki cyfrowej. Powinno to przynieść korzyści zarówno podróżnym, przewoźnikom, zarządcom infrastruktury, jak również producentom taboru szynowego. Należy także zauważyć, że jednym z ważniejszych założeń polityki transportowej Unii Europejskiej jest podejmowanie prac zmierzających do stworzenia inteligentnego, ekologicznego oraz dostępnego dla klientów systemu transportowego, w tym transportu kolejowego.

Wiele wyzwań, przed którymi staje transport kolejowy, zakłada wdrażanie najnowszych technologii we wszystkich obszarach działalności transportu kolejowego: produkcji (realizacji zadań przewozowych), sterowania ruchem kolejowym, zarządzania infrastrukturą liniową i punktową, organizacji procesu przewozów. Należy przy tym pamiętać o dużym znaczeniu wykształconej kadry w tym procesie.

Do końca 2019 roku, rozwijająca się gospodarka Polski była podatna na globalizację, integrację i różnego rodzaju ograniczenia wynikające z potrzeby ochrony środowiska naturalnego. Stosunkowo stabilne fundusze państwa oraz ich wspomaganie środkami zewnętrznymi, generowały nowe potrzeby i wymagania w stosunku do systemu transportowego. Dzisiejsze czasy tworzą nowe ograniczenia tych procesów, tym niemniej gospodarce państwa będzie potrzebna nowoczesna kolej. Aby taką była, musi być interoperacyjna, konkurująca wewnętrznie i zewnętrznie o klienta, a jednocześnie współpracująca z innymi gałęziami transportu oraz korzystająca z technologii cyfrowych.

Na transformację cyfrową może mieć wpływ pandemia koronawirusa. W dniu 27.03.2020 roku Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) ogłosiła, że każdy miesiąc zastoju dużej gospodarki spowodowany pandemią, oznacza spowolnienie rocznego wzrostu o 2% PKB tego państwa. Unia Europejska musi stawić czoła wpływowi pandemii na przewozy kolejowe. Wzywa do tego m.in. stowarzyszenie niezależnych pasażerskich przewoźników kolejowych AllRail. Organizacja określa obecną sytuację jako bezprecedensową, a jej konsekwencje uważa za niemożliwe do zwalczania wyłącznie za pomocą środków krajowych. Zdaniem AllRail, unijne wsparcie finansowe dla branży transportowej powinno być skierowane w pierwszej kolejności do najbardziej ekologicznych gałęzi transportu [11].

Celem artykułu jest przedstawienie dotychczasowych działań w zakresie wykorzystania technologii cyfrowych do kontaktów z klientami, a także ich zastosowanie do działalności eksploatacyjno-utrzymawczej, wpływającej na jakość oferowanych usług. Z powodu dużego obszaru zagadnień związanych z cyfryzacją, opisano jedynie niektóre z nich, nie zaj-

mując się np. prognozami kosztów, analizą utrudnień procesów digitalizacji w Polsce lub rolą cyfryzacji w poprawie współpracy poszczególnych gałęzi transportu. Te zagadnienia powinny być tematem odrębnych publikacji.

## 2. Technologie cyfrowe w transporcie kolejowym

Kolej w Polsce jest jedną z najważniejszych gałęzi transportu. Pomimo tego, w zakresie realizowanych zadań przewozowych, od wielu lat przegrywa z transportem drogowym. Niewspółmierny w stosunku do przewozów kolejowych rozwój przewozów drogowych sprawił, że transport szynowy wciąż zmagają się z jego konkurencją. Likwidacja linii kolejowych i brak nowoczesnych ofert przewozowych, spowodowały w przeszłości utratę zaufania klientów do tej gałęzi transportu. To przekładało się na spadek przewozu towarów i podróżnych. Ten proces był wspomagany nieodpowiednim prawem i brakiem kwalifikacji decydentów, co dodatkowo pograżało ten rodzaj transportu.

Stopniowe odzyskiwanie przez kolej stabilnej pozycji rynkowej jest wynikiem wielu czynników. Najważniejszymi z nich są: modernizacja kolejowej infrastruktury punktowej i liniowej, inwestowanie w nowoczesny tabor przewozowy, zapewnianie coraz wyższego poziomu bezpieczeństwa przewozów, a także wykorzystywanie innowacyjnych technologii informacyjnych. Oprócz wielu działań o charakterze infrastrukturalnym, technicznym i prawnym, na jakość pracy kolei wpływa świadczenie usług cyfrowych dla klientów.

Zakres wymienionych działań dopełnia coraz szersze rozumienie potrzeby integracji kolei z innymi środkami transportu. Proces ten będzie zapewne wymuszany rysującymi się trudnymi do przewidzenia skutkami pandemii w gospodarce, co niewątpliwie spowoduje inne niż dotychczas postrzeganie transportu jako całości i roli w nim transportu kolejowego.

W zakresie infrastruktury punktowej, od kilku lat są przekazywane do użytku innowacyjne dworce kolejowe. Obiekty te już obecnie wykorzystują odnawialne źródła energii i proekologiczne rozwiązania zmniejszające koszty eksploatacji. Odegra to niewątpliwie bardzo dużą rolę w okresie nadchodzącej recesji i trudności finansowych wobec rysujących się innych priorytetów gospodarki państwa.

W odniesieniu do pojazdów trakcyjnych, innowacyjne rozwiązania zmierzają do stosowania nowych źródeł energii (np. napęd gazowy, wodorowy) oraz autonomicznych pociągów poruszających się bez udziału maszynisty (rys. 2).





Rys. 2. Autonomiczny pociąg kolei dużych prędkości kursujący na trasie Pekin – Zhangjiakou [17]

Przeglądając literaturę dotyczącą cyfryzacji kolei, można stwierdzić, że wdrażane rozwiązania dotyczą dwóch obszarów (usprawnień):

- obsługi klienta,
- funkcjonowania przedsiębiorstwa lub branży kolejowej.

Jednocześnie, w wielu dokumentach strategicznych zarządów kolejowych<sup>6</sup>, dużo miejsca poświęca się przyspieszeniu cyfryzacji przewozów. Automatyzacja i cyfryzacja procesów powinna przyczynić się do obniżenia kosztów eksploatacyjnych, a także wpływać na racjonalne inwestowanie w infrastrukturę przez instalowanie nowoczesnych urządzeń i technologii, co będzie wpływać na obniżanie kosztów dostępu do infrastruktury.

## 2.1. Przewozy pasażerskie

W przewozach pasażerskich duże znaczenie ma „Informacja” przekazywana klientowi w czasie rzeczywistym. Służy ona do podjęcia właściwej decyzji o wyborze środka realizacji podróży, jej bezpieczeństwie i oferowanych usługach przed, w trakcie i po dojechaniu do celu. Aby Informacja spełniała współczesne wymagania, (...) powinna być czytelna, zrozumiała, precyzyjna, niezawodna, oraz trafiać do właściwych odbiorców, gwarantując sprawny przebieg podróży (...) [15].

W polskim Masterplanie [13], w odniesieniu do przewozów pasażerskich stwierdzono, że (...) Szczególne znaczenie dla wszystkich segmentów rynku mają działania dotyczące wdrożenia sieciowego systemu informacji dla podróżnych. Działania te zostały zapo-

czątkowane przez spółkę PKP Telekomunikacja Kolejowa, która rozpoczęła pilotażowy projekt wdrażania systemu SITKol – systemu informacyjnej obsługi uczestników transportu kolejowego. W ramach projektu zostanie udostępniona możliwość planowania podróży (...), a połączenie kolejowe będzie mogło zostać uzupełnione innym środkiem komunikacji (tramwaj, autobus, metro), co jest oczekiwane przez podróżnych udających się do dużych aglomeracji (...).

W celu zagwarantowania sprawnego przekazu informacji, sukcesywnie wprowadza się różne innowacje dotyczące nośników, wymaganych treści i jej ekspozycji. Niektóre elementy z tego zakresu określono w specyfikacjach interoperacyjności. Wykorzystanie technologii cyfrowych w procesie kształtowania pożądaných relacji z podróżnymi zależy w dużej mierze od rozumienia ich potrzeb i preferencji, a także możliwości komunikowania się z dostawcą usługi. Ważne jest przy tym systematyczne rozbudowywanie wszelkich form samoobsługi, począwszy od zakupu biletu, aż do pełnej dostępności pociągu dla każdego podróżnego. Z tego względu, przystępując do projektowania nowych technologii wykorzystywanych w relacjach z podróżnymi, należy uwzględniać możliwie jak najszerszy pakiet wymagań, do których zalicza się:

- częstotliwość kursowania pociągów odpowiednią do wielkości potoku podróżnych,
- stałe minuty przy cyklicznych godzinach odjazdu pociągów, co ułatwia zapamiętywanie,
- skomunikowania połączeń w ramach kolei i z innymi gałęziami transportu,
- czas podróży, konkurencyjny względem innych gałęzi transportu,
- wyczerpującą informację przekazywaną za pomocą różnych nośników i mediów,
- akceptowalny koszt, gdzie cena uwzględnia możliwości podróżnego i jakość oferty,
- elastyczność taryfy,
- łatwość nabycia biletu na przejazd, przy akceptowalności różnych form zapłaty,
- wysoki komfort podróży, estetykę otoczenia i bezpieczeństwo podróży, w tym osobiste (w pociągu, na dworcach i przystankach),
- oferty usług towarzyszących podróży, takich jak: bagażowych, parkingowych, hotelowych, gastronomicznych, turystycznych [15].

Technologie cyfrowe są także wykorzystywane przez przewoźników do doskonalenia własnej działalności sprawozdawczej i prognostycznej oraz planowa-

<sup>6</sup> Niemiecki Masterplan dla kolejowych przewozów towarowych (*Masterplan Schienengüterverkehr 2017*) opiera rozwój branży na jej cyfryzacji.

nia przewozów. Zgodnie z opublikowanym w 2018 r. raportem pt. „Transformacja cyfrowa kolei” [21], wyróżnia się kilka podstawowych kierunków rozwoju cyfryzacji w pasażerskim transporcie kolejowym, tj.:

- inteligentne stacje kolejowe i dworce,
- inteligentne systemy biletowe,
- mobilne aplikacje z informacją o ruchu pociągów w czasie rzeczywistym,
- systemy dynamicznej informacji na dworcach i stacjach pasażerskich,
- aplikacje do planowania multimodalnej podróży,
- dostęp do szerokopasmowego Internetu w trakcie podróży (3G/4G, a w przyszłości 5G) – usieciovionym podróży.

W dalszej części artykułu przedstawiono przykłady wykorzystania w Polsce cyfryzacji w zakresie informacji dla podróżnych korzystających z transportu kolejowego.

Do przekazywania informacji może być wykorzystywany komunikator iSMS, który jest aplikacją przeznaczoną do urządzeń mobilnych (telefony, tablety, netbooki itp.). Cechą systemu jest możliwość szybkiego informowania zainteresowanych pasażerów o ważnych zdarzeniach i będących ich następstwem działaniach przewoźnika kolejowego. Informacje są dostarczane bezpośrednio na telefon komórkowy w postaci SMS-ów lub jako powiadomienia *push* w wymienionej aplikacji. Oznacza to, że przy powszechności telefonów komórkowych, informacje może otrzymywać praktycznie każdy, kto jest nimi zainteresowany. Pasażerowie mogą być informowani za pomocą systemu teleinformatycznego<sup>7</sup>, który udostępniono przewoźnikowi. Podróżni korzystający z tych usług nie ponoszą żadnych kosztów.

Z bezpłatnego systemu informacji SMS korzysta już wielu użytkowników-klientów funkcjonujących na polskim rynku przewoźników pasażerskich. Użytkownik może również pobrać aplikację *Komunikator iSMS*, która umożliwia dostęp do większej, niż krótka wiadomość SMS, ilości informacji. Aplikacja umożliwia przewoźnikom wysyłanie: informacji tekstowej o długości do 10 000 znaków, filmów, dokumentów oraz zdjęć. Pasażerowie mogą wyrazić swoją opinię dzięki dobrowolnemu udziałowi w ankietach i sondażach, a także możliwości odpowiadania na informacje przesłane przez przewoźnika. Komunikator iSMS można pobrać np. z Google Play [18], a za pomocą tej aplikacji można informować na przykład o:

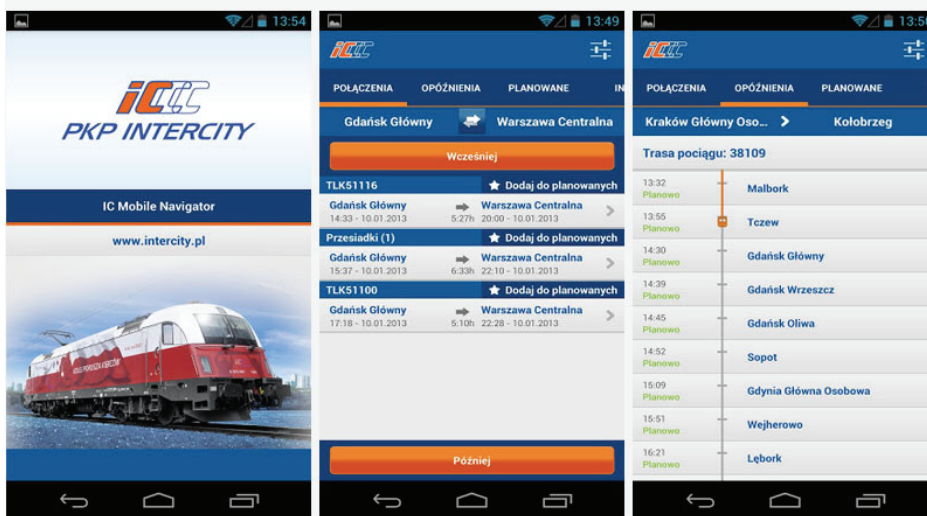
- opóźnieniach pociągów,
- awariach, zdarzeniach losowych i planowanych remontach,
- taryfach i promocjach przewoźników,
- zmianach w rozkładzie jazdy,
- komunikacji zastępczej,
- zmianach w zasadach honorowania biletów ulgowych,
- honorowaniu biletów na określonej trasie przez różnych przewoźników,
- utrudnieniach wynikających z warunków pogodowych,
- festynach kolejowych,
- pociągach specjalnych, promocjach.

Do zakupu biletów kolejowych również może być wykorzystywana aplikacja *SkyCash*. Pomysł tej aplikacji narodził się w głowie szwedzkiego informatyka i został szybko dostrzeżony przez polskich inwestorów, którzy zakupili prawa do programu. Aplikacja *SkyCash* jest największym polskim wirtualnym portfelem, który służy do kupowania biletów komunikacji miejskiej (dostępny w 70 miastach), kolei regionalnej, PolRegio i PKP Intercity (dalekobieżnej) oraz dokonywania opłat za parkingi miejskie [18, 23]. Bilety przewoźnika PKP Intercity są dostępne z poziomu głównego ekranu aplikacji. W centralnej części ekranu znajduje się ikona z logo przewoźnika, której dotknięcie uruchamia wyszukiwarkę połączeń. Po określeniu daty wyjazdu oraz stacji początkowej i końcowej, wystarczy zdefiniować parametry takie, jak: liczba biletów, rodzaj zniżki i klasa wagonu. Ostatnią czynnością jest wybór metody płatności (konto *SkyCash* lub karta płatnicza) i zatwierdzenie transakcji. Bilet zostaje automatycznie zapisany w zakładce „Kontrola”. Dzięki temu można okazać go konduktorowi nawet bez późniejszego dostępu do Internetu. *SkyCash* działa obecnie na smartfonach z zainstalowanym system operacyjnym Android oraz iOS<sup>8</sup>. Aplikację *SkyCash* można pobrać, korzystając ze sklepu Google Play lub App Store. W tym celu należy wpisać w wyszukiwarce nazwę programu i zainstalować ją na telefonie. Warto pamiętać, że jest to aplikacja mobilna, wymagająca połączenia z Internetem [18].

Aplikacja mobilna IC Mobile Nawigator (rys. 3) jest przygotowana przez PKP IC dla użytkowników urządzeń mobilnych. Aplikacja rozwijana przez PKP Intercity, umożliwia bezpośredni dostęp do rozkładu

<sup>7</sup> W polskim prawie system teleinformatyczny, to zespół współpracujących ze sobą urządzeń informatycznych i oprogramowania, zapewniający przetwarzanie i przechowywanie, a także wysyłanie i odbieranie danych przez sieci telekomunikacyjne za pomocą właściwego dla danego rodzaju sieci urządzenia końcowego.

<sup>8</sup> iOS – system operacyjny stworzony dla urządzeń mobilnych takich jak iPhone, iPad lub iPod *touch*. Został stworzony przez firmę Apple, a obecna nazwa używana jest od 2010 roku.



Rys. 3. Przykłady wyświetlanych ekranów aplikacji IC Mobile Navigator [7]

jazdy pociągów tego przewoźnika, sprawdzanie ich punktualności i zapisywanie planu przejazdów. Zawiera również aktualne informacje o ofertach i wszystkich kwestiach związanych z podróżą (np. informacje o sposobach kupna biletu, wskazówki postępowania w razie zgubionego bagażu itp.). Umożliwia na bieżąco dostęp do danych o punktualności kursowania pociągów PKP Intercity (podobnie jak InfoPasażer). Klikając w ikonę wybranego pociągu, uzyskuje się informację o zestawieniu składu pociągu. Jeżeli podróżny nie wie jak dotrzeć do dworca, może użyć opcji nawigacji, dzięki której zostaje zlokalizowany i poprowadzony do stacji. Ponadto, wybrany pociąg może być zapamiętany w zakładce „Planowane”, w której bez konieczności każdorazowego wpisywania stacji początkowej i docelowej może zaktualizować godziny odjazdu / przyjazdu na kolejne dni [7, 18].

Na kolejach polskich wykorzystuje się wiele innych aplikacji związanych z przewozami osób:

- Bilkom – jest wykorzystywana przez PKP IC m.in. do zakupu biletów na pociągi EIC.
- jakdojade.pl – wyszukiwarka połączeń stworzona z myślą o komunikacji miejskiej, uzupełniona o przejazdy kolejowe na terenie poszczególnych aglomeracji. Serwis podaje kolejne środki transportu miejskiego, dzięki którym możliwe jest dotarcie pod wskazany adres).
- CallPay Usługi – jest wykorzystywana na kolejach śląskich.
- moBilet – aplikacja płatnicza przygotowana specjalnie w celu dystrybucji biletów komunikacyjnych oraz dokonywania płatności za parkowanie. Obsługuje przejazdy pociągami Arriva RP (wybrane relacje w województwie kujawsko-pomorskim).
- SKM KomPas – aplikacja dla podróżnych PKP SKM w Trójmieście. Umożliwia sprawdzenie aktualnego rozkładu jazdy pociągów i wyszukanie kon-

kretnego połączenia. Tryb offline umożliwia korzystanie z aplikacji również wtedy, gdy użytkownik nie jest podłączony do Internetu. Aplikacja umożliwia także sprawdzenie aktualnych cen za przejazd na danej trasie. Funkcja alarmu informuje pasażerów o zbliżającym się czasie odjazdu na wybranych przez nich połączeniach. Dzięki tej aplikacji, klienci SKM otrzymują komunikaty dotyczące bieżącej sytuacji na trasach. Często wybierane relacje mogą zostać dodane do „ulubionych”, co w znaczny sposób ułatwia wyszukiwanie połączeń.

Innym elementem cyfryzacji w kolejowych przewozach pasażerskich jest wprowadzanie przez przewoźników honorowania elektronicznych dowodów tożsamości. W połowie 2019 roku prezes Urzędu Transportu Kolejowego zwrócił się do PKP Intercity z apelem o honorowanie cyfrowych dowodów tożsamości. Podczas kontroli biletów, ten największy polski przewoźnik uznawał jedynie tradycyjne dowody. Prezes UTK zalecił potrzebę honorowania również mTożsamości w ramach aplikacji mObywatel. Obecnie każdy posiadacz biletu imiennego będzie mógł potwierdzić swoją tożsamość za pomocą tej aplikacji.

Jak zauważono w [10], na przestrzeni ostatnich lat w kolejowych przewozach pasażerskich (...) *Nastąpiła rozbudowa i unowocześnienie kolejowych stron internetowych, a także powstało wiele mobilnych aplikacji zawierających dokładne dane o ruchu pociągu, ewentualnych opóźnieniach bądź zakłóceniach na trasach kolejowych. W odniesieniu do tych przewozów (...) mają powstać inteligentne systemy, umożliwiające analizę scenariuszy podróży z wykorzystaniem różnych środków transportu, rezerwację i zakup biletów, zmiany w organizacji ruchu czy też zdarzenia niezaplanowane (...).*



W pasażerskim transporcie kolejowym Europy, ostatnie lata były dla wielu zarządów kolejowych okresem wprowadzania prostego systemu komunikowania się z klientami. Polegało to na dostosowaniu stron internetowych przewoźników dla osób niepełnosprawnych, oddaniu podróżnym mobilnych aplikacji z pełną informacją o ruchu pociągów w czasie rzeczywistym, możliwości zakupu biletu, w tym na skomunikowane inne środki transportu. Te aplikacje są systematycznie rozbudowywane i unowocześniane. W krajach Unii Europejskiej udane działania związane z cyfryzacją prowadzi Grupa DB AG, która powołała celową spółkę DB Systel. Spółka zbudowała platformę chmury dla Grupy DB AG, z której mogą korzystać m.in. podmioty zewnętrzne, świadczące usługi na rynku transportowym.

Przykładem stosowania nowoczesnych rozwiązań z zakresu cyfryzacji w Federacji Rosyjskiej są pociągi Sapsan, kursujące między Moskwą i St. Petersburgiem. Podróżni mają dostęp do Internetu, zasobów filmowych i muzycznych. Mogą zapoznać się z informacją o planowanych wydarzeniach kulturalnych w obu miastach, odbyć wirtualną wycieczkę po pociągu oraz rozszerzyć wiedzę o kolei. Z każdego miejsca istnieje możliwość zamówienia posiłku w wagonie restauracyjnym. Dzięki specjalnej aplikacji można zarezerwować miejsce w hotelu, wynająć samochód, zamówić taksówkę, przewodnika do zwiedzania miasta, a także zakupić bilet na inny środek transportu, np. na samolot. Ponieważ w artykule opisano tylko rozwiązania przeznaczone tylko dla podróżnych, celowo pominięto przegląd innowacyjnych rozwiązań wspomagających funkcjonowanie pasażerskich operatorów przewozowych.

## 2.2. Przewozy towarowe

W Białej Księdze z 2011 roku Komisja Europejska wyznaczyła dla transportu towarów przejście do 2030 roku przez transport kolejowy lub wodny 30% towarów przewożonych transportem drogowym na odległość do 300 km. Do 2050 r. ten udział powinien być zwiększony do 50%. Oprócz wspierania tych celów, a także w zakresie ograniczania emisji CO<sub>2</sub><sup>9</sup>, sukcesywne przenoszenie przewozu towarów z dróg na kolej skutkuje łagodzeniem zatorów na drogach oraz zmniejsza zagrożenia wywoływane transportem ładunków niebezpiecznych i ciężkich ładunków ponadgabarytowych. Dotychczasowe postępy dotyczące państw UE są niewystarczające. Średni udział kolei w przewozach towarów wynosi około 18%, aby zagwarantować realizację zapisów wspomnianej Bia-

łej Księgi, wydajność i jakość transportu kolejowego musi ulec znacznej poprawie [22].

W celu zwiększenia konkurencyjności i niezawodności usług towarowego transportu kolejowego, należy wdrażać różne rozwiązania oferowane przez technologię cyfrową i bardziej niż dotychczas zaangażować się w innowacje techniczne i technologiczne.

W Polsce, rynek kolejowych przewozów towarowych składa się z trzech segmentów przewozów, różniących się m.in. udziałem i możliwościami potencjału rozwojowego. Składa się on z:

- ustabilizowanego segmentu przewozów całopociągowych,
- wciąż malejącego segmentu przewozów wagonowych i grup wagonowych,
- szybko rozwijającego się segmentu przewozów intermodalnych (głównie związanego z przewozem kontenerów).

Chociaż w polskiej polityce transportowej kolejowy transport towarów jest elementem zintegrowanego systemu transportowego, to jednak nie odgrywa w nim decydującej roli. Dzieje się tak pomimo wydatkowania w obecnej perspektywie finansowej UE 66 mld zł na modernizację infrastruktury transportu kolejowego. Działania w tym zakresie budzą jednak nadzieje na odwrócenie dotychczasowych negatywnych tendencji [12].

W Polsce, na rynku kolejowych przewoźników towarowych dominującym operatorem jest PKP Cargo. Oprócz tego operatora, funkcjonuje kilkadziesiąt różnych licencjonowanych przewoźników, wykonujących przewozy towarowe.

Planowanie przewozów pociągami towarowymi wymaga uzgodnień między wieloma stronami. Działania te wspierają różne systemy informatyczne, umożliwiające częściową lub pełną automatyzację wielu procesów biznesowych [14]. Efektywne planowanie przewozu pociągami towarowymi jest skomplikowanym procesem, ponieważ zależy od wielu zmiennych, których wartości powinny być znane w czasie rzeczywistym. Personel odpowiedzialny za te czynności powinien znać np. bieżące położenie lokomotyw, wagonów, dostępność maszynistów i infrastruktury liniowej. Jakakolwiek zmiana związana z niedostępnością zasobów niszczy cały proces i wymaga ponownego planowania. Zapobiegają temu systemy informatyczne, które optymalizują planowanie przewozu towarów kolejną na podstawie dostępności zasobów, zleceń handlowych oraz elektronicznych listów przewozowych (CIM, SMGS i CIM/SMGS). Każde uruchomienie pociągu towarowego składa się z wielu czynności [14]:

<sup>9</sup> W dokumentach unijnych ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> często jest nazywane dekarbonizacją.

- handlowych – zapytania ofertowe, oferty, kalkulacje, planowane umowy przewozowe, rozliczenie przewozów,
- kontrolingowych – system na bieżąco monitoruje rentowność przewozów w stosunku do kalkulacji planowanej,
- planowania strategicznego – plan pociągów tygodniowy / miesięczny na podstawie zleceń przewozów od klientów,
- planowania operacyjnego – realizowanie przewozów, planowanie obsady, obiegi wagonów i lokomotyw (chodzi o ustalenie miejsca geograficznego położenia wagonu i lokomotywy oraz zaplanowanie przyjazdu taboru do miejsca docelowego),
- technicznych – monitorowanie przeglądów lokomotyw i wagonów, a także ich podzespołów w przypadku, kiedy mają własny cykl przeglądowy,
- personalnych – monitorowanie czasu pracy, uprawnień i licencji na lokomotywy, badań lekarskich (aby uruchomić lokomotywę, maszynista musi mieć ważną licencję maszynisty, świadectwo znajomości danego typu lokomotywy oraz wykazać się „znajomością szlaku”).

Technologie wspomagania informatycznego i wspierające je innowacje potrzebne w zakresie przewozu towarów, są związane z następującymi zagadnieniami [2]:

- inteligentnymi systemami zarządzania przewozami towarów,
- wdrażaniem nisko kosztowych rozwiązań w zakresie przewozu towarów,
- zwiększeniem automatyzacji przeładunku towarów dzięki dokładnej świadomości sytuacyjnej dotyczącej jego lokalizacji i przeznaczenia,
- doskonaleniem usług logistycznych, wykorzystujących możliwości cyfrowej technologii do pozyskiwania danych oraz informacji, aby np. śledzić przewóz towaru w czasie rzeczywistym,
- eliminacją próżnych przebiegów taboru.

Istnieją różne systemy informatyczne wspomagające kolejowe przewozy towarowe. Jako przykład może posłużyć system RAILSoft Business Solutions, który jest wykorzystywany w odniesieniu do 19% masy towarów przewożonych w Polsce koleją. System jest zintegrowany z innymi systemami, które obsługują listy przewozowe, dane kartotekowe itp. Dzięki temu przewoźnicy mogą awizować przyjazdy pociągów oraz generować listy przewozowe. System umożliwi również pracę w modelu wielofirmowym – przedsiębiorstwa mogą mieć podgląd na wspólne

zasoby, mają dostęp do zaplanowanych pociągów, rejestrują umowy handlowe, które definiują zasady rozliczeń usług przewozowych z ich klientami. Wykorzystanie systemu automatyzuje wiele czynności, które były wykonywane manualnie. Firmy mogą świadczyć wzajemne usługi z wykorzystaniem wspólnego modułu „Planowania pociągów”, co powoduje elastyczność planowania i zwiększa szybkość obsługi klientów [14].

Realizowany w latach 2013–2016 projekt FOSTER-RAIL [2] wskazał, że współpraca i koordynacja działań związanych z cyfryzacją w obrębie całej Europy może dać znaczące możliwości do zwiększenia konkurencyjności kolejowych przewozów towarów przez:

- nowe rozwiązania techniczne i konstrukcje wagonów towarowych,
- stosowanie nowych technologii i systemów załadunku i wyładunku towarów,
- organizowanie i uruchamianie ogólnoeuropejskich środków koordynowania, zarządzania i wykorzystywania przewozów towarowych,
- uruchamianie inteligentnych terminali towarowych i centrów logistycznych z udziałem kolei, zapewniających terminową i efektywną dystrybucję towarów,
- opracowywanie oferty nowych usług przewozowych, między innymi z wykorzystywaniem usług pasażerskich do przewozu lekkich ładunków,
- stale rozwijane usługi informacyjne dotyczące kolejowych przewozów towarów, umożliwiające śledzenie, zarządzanie i pozyskiwanie towarów do przewozu.

W opinii Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, punkt 3.2.2.2. dokumentu [16] zapisano, że z okazji dni TEN-T w Rotterdamie (2016 rok), sektor kolejowy przyjął wspólną deklarację pt. „Sector Statement” (Oświadczenie sektora). Przedstawiono w niej działania, jakie należy podjąć w celu udoskonalenia międzynarodowego kolejowego transportu towarowego w Europie, co ułatwi tej gałęzi transportu cyfryzację w ujęciu międzynarodowym. Na podstawie oświadczenia wskazano dziesięć działań priorytetowych [19], których wdrożenie przewiduje się do 2024 roku<sup>10</sup>, tj.:

- **Harmonizacja procedur rozkładów jazdy pociągów towarowych** /program TTR<sup>11</sup> /; w Unii Europejskiej ten duży program będzie wdrażany stopniowo w trzech głównych krokach:
  - w 2020 roku trzy europejskie sieci kolejowe uruchomiły pilotażowy system informatyczny

<sup>10</sup> Dane pochodzą z raportu z 2018 roku [20].

<sup>11</sup> Więcej informacji na temat programu znajduje się na stronie internetowej WWW ttr.rne.eu.



ny na wspólnym odcinku linii TEN-T, w celu przetestowania innowacyjnych komponentów związanych z rozkładem jazdy pociągów (rjp), takich jak m.in.: warunki handlowe, zarządzanie personelem, funkcjonujące systemy informatyczne<sup>12</sup>,

- w rozkładzie jazdy na lata 2020/2021, badania pilotażowe będą rozszerzone na sieć kolei austriackich,
- 2025 roku jest planowane pełne wdrożenie wspólnego tworzenia towarowych rozkładów jazdy na liniach TEN-T.
- **Nowe koncepcje oferty przepustowości linii kolejowych (RFC).**
- **Poprawa koordynacji tymczasowych ograniczeń przepustowości linii kolejowych /TCR/. Tymczasowe ograniczenia przepustowości linii, spowodowane np. ich modernizacją, są ważnym zadaniem umożliwiającym bezpieczną jazdę pociągów liniami objazdowymi i zapewniającymi funkcjonowanie ich infrastruktury w stanie nienaruszonym. Ograniczają one jednak przepustowość dostępną dla ruchu pociągów w ograniczonym okresie. W celu utrzymania określonego czasu transportu po liniach objazdu, kolej musi uzgodnić metody zapewniające minimalny wpływ TCR na ruch kolejowy, wraz z optymalizacją modernizacji tak, aby zapewnić jak najmniejsze straty wynikające z tego procesu [20].**
- **Zwiększenie wykorzystania systemu koordynacji tras /PCS/. Aplikacja internetowa optymalizuje międzynarodową trasę, harmonizując wnioski o trasę z ofertami i możliwościami zainteresowanych zarządców kolejowych; system umożliwia określenie rozkładu jazdy dla pociągu uruchamianego bez uprzedniego przygotowania, jak również zlecenia dla stałych połączeń dla przyszłego rjp. [20].**
- **Harmonizacja procedur granicznych.** Brak harmonizacji na granicach jest jedną z głównych przeszkód dla kolejowego ruchu towarowego w Europie. Ten priorytet jest nową szansą na przezwyciężenie krajowego myślenia i zachowania, co dotyczy wszystkich państw UE. Priorytetem jest znalezienie szybkich, interoperacyjnych rozwiązań, które dzięki systemom informatycznym umożliwią rozwiązanie istniejących problemów [20].

- **Śledzenie pociągu i oczekiwany czas przyjazdu /ETA/. Trzy projekty europejskie koncentrują się na poprawie wymiany informacji o pociągu od pierwszego do ostatniego kilometra jego trasy przejazdu. W przypadku tego priorytetu rozwiązywane są kwestie dotyczące przestrzegania standardów określonych specyfikacją interoperacyjności TSI TAF /identyfikator pociągu, format wiadomości i wymiana danych/, wsparcia prawnego dla stworzenia ogólnoeuropejskiego rozwiązania związanego z wymianą danych, a także roli zainteresowanych stron, w tym operatorów intermodalnych [20].**
- **Priorytety, finansowanie i monitorowanie parametrów TEN-T /RFC/. Państwa członkowskie UE i ich zarządcy infrastruktury kolejowej są zobowiązane do wdrożenia do 2030 roku parametrów określonych dla sieci TEN-T [20].**
- **Realizacja wdrożenia ERTMS.** W oczekiwaniu na zaplanowaną na 2022 rok rewizję rozporządzeń definiujących ERTMS, co zostało rozpoczęte w niektórych państwach członkowskich, ich organy nadzorujące transport kolejowy powinny współpracować z zarządcami infrastruktury w celu zbadania i umożliwienia bardziej ambitnego programu cyfrowego dla modernizacji systemu sterowania i sygnalizacji z wykorzystaniem ERTMS jako standardowej platformy zapewniania wystarczającego bezpieczeństwa i interoperacyjności [20].
- **Monitorowanie jakości usług przewozowych<sup>13</sup>.**
- **Dokument dotyczący harmonizacji korytarzy (CID).**

### 2.3. Infrastruktura

Działania związane z cyfryzacją tego obszaru powinny doprowadzić do tego, że funkcjonowanie kolei powinno być oparte na inteligentnej infrastrukturze, która przewiduje i zgłasza swój status oraz podlega automatycznej konserwacji, która nie ma wpływu na świadczone usługi. Zapewnienie systematycznej poprawy niezawodności, dostępności i podatności utrzymaniowej kolei europejskich wymaga, aby systemy i usługi pomocnicze infrastruktury były oparte na trzech obszarach [2]:

- **niezawodnej i odpornej na uszkodzenia infrastruktury**, co powinno być związane z inno-

<sup>12</sup> Na potrzeby rynku, zarządcy infrastruktury zaprojektowali proces składający się z pięciu komponentów: strategii zdolności – wspólna strategia europejska, w której ogólna dostępność do sieci TEN-T jest zharmonizowana; tymczasowe ograniczenia zdolności przewozowej – ulepszone i zharmonizowane; model zdolności przewozowej – model rozkładów jazdy stworzonych przy udziale m.in. wnioskodawców, w celu zapewnienia planowania i publikacji dostępnych zdolności; żądania zdolności przepustowych linii TEN-T – opracowanie rocznego rozkładu jazdy dla całego ruchu, dla którego znane są szczegóły; przewidywane dodatkowe uruchomienia pociągów dla ruchu, którego szczegóły będą dostępne krótko przed operacją uruchomienia pociągu.

<sup>13</sup> Na podstawie 15 kluczowych wskaźników efektywności [20].

wacyjnymi, a jednocześnie ogólnoeuropejskimi rozwiązaniami dotyczącymi m.in. usprawnienia procesu planowania prac konserwacyjnych i ograniczenia nieplanowanych zdarzeń i awarii oraz usprawnienia przywracania ruchu po planowanych i nieplanowanych działaniach;

- **inteligentnej infrastruktury**, której uzyskanie nastąpi po systematycznym jej uzbrajaniu w różne urządzenia i czujniki, w celu dysponowania coraz większą liczbą danych umożliwiającymi określenie bieżącego i przewidywanego jej stanu, a w konsekwencji „możliwością zarządzania wypadkami zanim one nastąpią”;
- **świadomości sytuacyjnej**, opartej na analizie w czasie rzeczywistym danych i informacji w celu uniknięcia kosztownych awarii i wspierania działań konserwacyjnych, przekazywanych w ramach wsparcia procesu podejmowania decyzji operacyjnych, w szczególności w odniesieniu do informacji o bezpieczeństwie, ochronie i planowanych pracach.

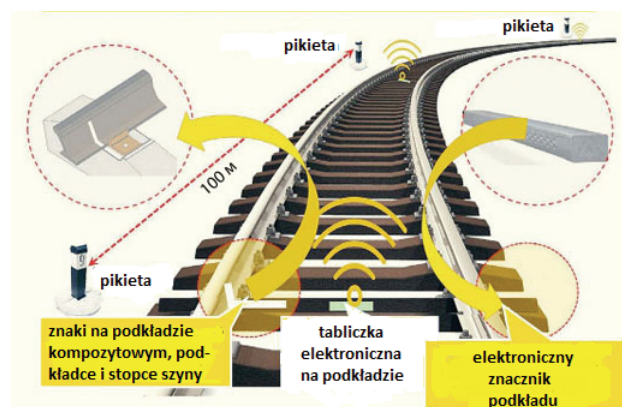
W celu zapewnienia realizacji zakładanych działań związanych z procesem cyfryzacji w wymienionych obszarach, jest wskazane stałe poszukiwanie przez przemysł ulepszonych i nowych sposobów budowy i utrzymania infrastruktury. Działania z tego zakresu powinny dotyczyć [2] m.in.:

- nowatorskich materiałów, takich jak grafen, spieniony metal lub materiałów pochodzących z recyklingu,
- wykorzystania nowych procesów i technologii, takich jak nanotechnologia, biotechnologia,
- modularyzacji elementów infrastruktury,
- wykorzystania w zarządzaniu informacją z baz danych o budynkach i budowlach,
- monitorowania i automatyzacji procesów szybkiej konserwacji,
- obniżania kosztów w całym okresie eksploatacji,
- badań torów i uszkodzeń szyn,
- stosowania nowych rozwiązań rozjazdów charakteryzujących się większą niezawodnością i pozwalających na przejazdy z większymi prędkościami,
- zapewnienia rozwiązań infrastruktury, które będą mogły sprostać obecnym i przyszłym wyzwaniom, takim jak zmiany klimatyczne czy ekstremalne zjawiska pogodowe, będące następstwem globalnego ocieplenia.

Jako przykład wykorzystania materiałów z recyklingu, które znalazły zastosowanie w infrastrukturze

kolejowej, należy przytoczyć interesujące rozwiązanie rosyjskie. W 2014 roku uruchomiono w Rosji produkcję „inteligentnych podkładów” [9], które w całości wyprodukowano z odpadów tworzyw sztucznych z recyklingu. Podkłady pomyślnie przeszły testy i próby na Okręgu Doświadczalnym WNIIZT w Szczerbince. Podkłady kompozytowe są prawie trzy razy lżejsze niż beton, służą trzy razy dłużej niż drewniane, prawie dwukrotnie zwiększają nośność i nie emitują toksycznych substancji. Materiał podkładów jest dielektrykiem, który nie podlega korozji elektrycznej i znacznie redukuje vibracje. Ponadto, podkłady tego typu minimalizują koszty bieżącej konserwacji i liczby napraw, mogą być również stosowane na przęsłach mostów i w rozjazdach. Obecnie są stosowane we wszystkich rodzajach transportu szynowego (linie tramwajowe, metra i kolejowe).

W procesie produkcyjnym, do podkładu zakodowano znacznik elektroniczny kodujący położenie geograficzne podkładu podczas montażu toru oraz tabliczkę, która umożliwia zakodowanie danych kolejowych. W trakcie montażu podkładu w torze, co 100 m w odpowiedniej odległości od podkładu, jest montowana tzw. pikietą<sup>14</sup>, a na stopce szyny, podkładce i podkładzie umieszcza się specjalne oznakowanie (rys. 4). Przekrój ten, z dokładnością do 10 mm, jest określony współrzędnymi geograficznymi i związany z pikietą.



Rys. 4. Schemat toru z inteligentnymi podkładami [9]

Podczas cyklicznych przejazdów diagnostycznych, systemy analityczne wagonu pomiarowego doczepionego do pociągu pasażerskiego, wykrywają i oznaczają miejsca wymagające korekty położenia toru. Dane pomiarowe, a także weryfikacyjne są związane z pikietami (a nie kilometrami jak w przypadku tradycyjnych podkładów) oraz zapisywane cyfrowo. Mogą być wykorzy-

<sup>14</sup> Pikietą – punkt terenowy, którego położenie określono współrzędnymi w obowiązującym układzie współrzędnych płaskich prostokątnych oraz wysokość w obowiązującym układzie wysokościowym państwowego systemu odniesień przestrzennych.

stywane przez maszyny drogowe do ich dokładnego pozycjonowania podczas prac naprawczych i korekty ułożenia toru bez dodatkowych przejazdów pomiarowych. Informacje uzyskane podczas przejazdów diagnostycznych są także wykorzystywane podczas planowania prac związanych z utrzymaniem i naprawą infrastruktury. Zastosowanie elektronicznych podkładów kompozytowych w przyszłości może prowadzić do wykorzystania bezałogowych, w pełni zrobotyzowanych systemów cyfrowych i technologii zastosowanych do diagnozowania i utrzymania infrastruktury torowej [9].

Technologie cyfrowe są również wykorzystywane przez wiele europejskich zarządów kolejowych do pomiarów skrajni budowli. Do tego celu służą wagony pomiarowe, których aparatura jest w stanie dokonać pomiarów przy prędkościach dochodzących do 120 km/h. Bardzo dokładne wyniki są wykorzystywane do kodyfikacji linii kolejowych na potrzeby transportu intermodalnego i przewozu przesyłek ponadgabarytowych.

## 2.4. Tabor przewozowy

Zastosowanie innowacyjnych systemów informatycznych oraz cyfrowy dostęp do wielu danych znacznie uprościł procesy utrzymania taboru kolejowego. W wielu podzespołach lokomotyw, zespołach trakcyjnych, a nawet w wagonach pasażerskich, coraz częściej umieszcza się elementy elektroniczne monitorujące ich stan techniczny. Informacje przekazywane za pomocą chmury do centrów obliczeniowych, z wyprzedzeniem umożliwiają wykrywanie miejsca potencjalnych awarii, ograniczając skutki uszkodzeń powodujących perturbacje ruchowe. Jak słusznie zauważono [2], (...) *szczegółowa informacja o tym, jakie części najprawdopodobniej zawiodą w najbliższym czasie, umożliwiła zapewnienie nawet do 100% dostępności taboru, ponieważ usterki są usuwane wtedy, kiedy pojazdy nie są w ruchu, zapobiegając potencjalnym awariom. Wskutek tego zapewniona jest wysoka niezawodność systemu, co zmniejsza zapotrzebowanie na rezerwy operacyjne (zwykle utrzymywane na poziomie 5–15%) i zwiększa efektywności wykorzystania taboru.*

Nie dziwi zatem, że czołowi producenci taboru kolejowego oferują klientom wiele rozwiązań usług cyfrowych, sprowadzających się do monitorowania lokalizacji pojazdów i stanu ich podzespołów w czasie rzeczywistym, przekazując diagnostykę najważniejszych urządzeń na odległość, a w tym wizualizację danych i wskazywanie przyczyn usterek.

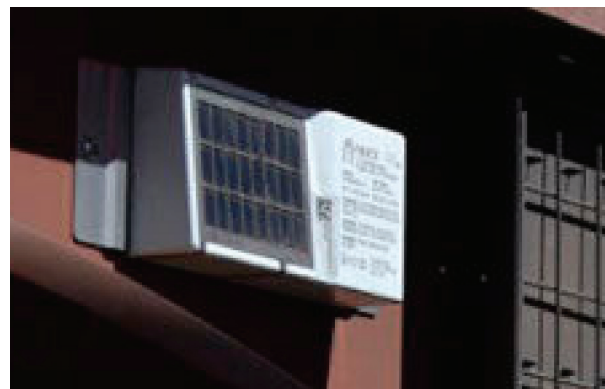
Ze względu na oszczędności wynikające z cyfryzacji taboru oraz jej wpływie na bezpieczeństwo transportu

kolejowego, będzie ona rozwijana wraz z postępem technicznym oraz innowacjami procesów diagnozowania pracy zespołów i podzespołów w czasie rzeczywistym.

Wiodące w tej dziedzinie są koleje niemieckie. Dzięki współpracy z firmami, które są liderami np. w dziedzinie Internetu rzeczy (*ang. Internet of Things*, skrót IOT), do końca 2020 roku w ramach projektu TechLOK<sup>15</sup>, planuje się wyposażyć 2000 lokomotyw w komputery pokładowe z certyfikatem kolejowym. Będą one monitorowały w czasie rzeczywistym prawidłowe funkcjonowanie najważniejszych zespołów i podzespołów pojazdów i przesyłały je do centrów nadzorująco-decyzyjnych. Informacje z czujników diagnostycznych są przekazywane do tych centrów bez względu na to, czy pojazd znajduje się w Niemczech, czy w innym kraju. Komputery pojazdów współpracują z serwerami naziemnymi, przygotowując działania obsługowe i naprawcze.

Dalszy rozwój tej formy monitoringu będzie oznaczał pożegnanie tradycyjnych sposobów diagnozowania i napraw. Umożliwi to zwiększenie dostępności pojazdów, jakości transportu, a także spowoduje oszczędności środków asygnowanych na utrzymanie pojazdów.

W ramach niemieckiego programu cyfryzacji kolei, 25 000 wagonów towarowych wyposażono w urządzenia monitorujące położenie wagonu na sieci kolejowej (rys. 5). Pełne wyposażenie wagonów w ten sprzęt nastąpi do końca 2020 roku.



Rys. 5. Urządzenie monitorujące m.in. położenie wagonu na sieci kolejowej [25]

## 2.5. Sterowanie ruchem kolejowym

Cyfryzacja tej bardzo ważnej sfery funkcjonowania transportu kolejowego sprowadza się do zarządzania ruchem pociągów w czasie rzeczywistym. Skorzystanie z nowoczesnych technologii cyfrowych zmienia dotychczasowy model, oparty na kontroli ruchu pociągów poruszających się po sieci podzielonej

<sup>15</sup> TechLOK – projekt inteligentnego wykorzystania danych diagnostycznych w konserwacji, bieżącym utrzymaniu i naprawach taboru kolejowego w DB Cargo.



na stałe odstępy blokowe. Przyszłościowy ruch pociągów z wykorzystaniem technologii cyfrowych powinien być oparty na bloku, którego długość jest ustalana elektronicznie. Umożliwi to uzyskanie niewielkich odległości pomiędzy pociągami, a właściwie ich „wirtualne sprzężenie”. Takie rozwiązanie zwiększy przepustowość istniejącej infrastruktury torowej linii kolejowych, co w efekcie również umożliwi bardziej elastyczne świadczenie usług przewozowych. W istniejących warunkach takie działania może zapewnić ERTMS w powiązaniu z przyszłościową, pełną automatyzacją prowadzenia pociągów.

Już w latach ubiegłych twierdzono [2], że realizacja zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym wymaga wprowadzenia nowych technologii i innowacji przynajmniej w takich obszarach, jak:

- autonomiczne sterowanie pociągami,
- dokładna lokalizacja pociągów będących w ruchu,
- inteligentne prowadzenie pociągu (m.in. ekologiczna jazda wynikająca ze świadomości ochrony środowiska naturalnego),
- redukcja kosztów operacyjnych.

Zagadnienie dotyczące cyfryzacji sterowania ruchem kolejowym w wymiarze europejskim jest związane m.in. z szybką i prostą integracją systemów sterowania ruchem pociągów oraz interoperacyjnością. Ważne jest także, aby wykorzystywane systemy spełniały wymagane poziomy bezpieczeństwa i utrzymywały niezakłócone działanie w warunkach zmieniających się zagrożeń. W tym zakresie, kluczowymi polami do wdrożenia nowych technologii oraz innowacji jest bezpieczeństwo:

- łączności, a w tym przede wszystkim zwiększone bezpieczeństwo GSM-R,
- cybernetyczne, polegające na dostosowaniu do ogólnoeuropejskich i powszechnych języków sygnalizacji, a także zabezpieczające zwiększoną łączność siecią systemów rozproszonych.

Przewiduje się również wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań w celu zwiększenia odporności i skrócenia czasu przywracania stanu sprzed sytuacji kryzysowej, jaka miała miejsce na sieci kolejowej (np. po wypadku lub katastrofie).

### 3. Podsumowanie

Cyfryzacja kolei jest niezbędnym działaniem, mającym pozytywny wpływ na gospodarkę państwa. Będzie to miało duże znaczenie w trakcie jej odbudowy

po spustoszeniu wywołanym COVID-19. Proces cyfrowego wsparcia tej gałęzi transportu spowoduje:

- wzrost niezawodności dzięki wykorzystaniu nowych technologii i systemów wspierających jakość oferowanych usług,
- zwiększenie przepustowości istniejących linii kolejowych, co umożliwi wzrost przewozów (w tym przejście części przewozów wykonywanych przez transport drogowy),
- obniżenie kosztów operacyjnych związanych z taborem, wynikających z konserwacji i utrzymania,
- usprawnienie międzynarodowego ruchu kolejowego przez interoperacyjność wykorzystywanych systemów,
- obniżenie emisji zanieczyszczeń do środowiska naturalnego.

Zrealizowanie i kontynuowanie działań związanych z cyfryzacją kolei, przez sukcesywne wdrażanie innowacyjnych rozwiązań i nowych technologii, wymaga dostępu do wysokiej jakości wykształconych i wykwalifikowanych zasobów ludzkich w wielu różnych branżach kolejowych. Bez procesu odpowiednich szkoleń i edukacji, osiągnięcie zakładanych celów nie będzie możliwe, dlatego oprócz elastycznych form zaawansowanych szkoleń (umożliwiających np. kadry kierowniczej spełniać wymagania związane ze stałym rozwojem), wskazane jest tworzenie zaplecza talentów, rozwijanych za pośrednictwem szkolnictwa wyższego, opartego na partnerstwie przemysłu z dostawcami usług edukacyjnych. Może warto przy tym rozważyć potrzebę wypracowania koncepcji (...) *Europejskiego doktoratu (PhD) w zakresie transportu kolejowego*<sup>16</sup>, wraz z opracowaniem szczegółowych wytycznych dotyczących takiego formatu doktoratu i sposobu jego uzyskania w przyszłości, np. z udziałem europejskich instytutów kolejowych.

### Literatura

1. Aplikacje dla pasażerów, WWW <https://docplayer.pl/19609322-Aplikacje-dla-pasazerow.html> [dostęp: 13.03.2020].
2. Badania i innowacje – udoskonalanie kolei europejskich. Projekt FOSTER-RAIL – Future of Surface Transport Research Rail. Plany działania – technologia i innowacja, ERRAC, Edycja 2016 [dostęp: 30.03.2020].
3. Czy ludzkie prace zastąpi sztuczna inteligencja? WWW <https://serwisy.gazetaprawna.pl/nowe-tech>

<sup>16</sup> Przykładowo, projekt DETRA wskazuje na możliwość uzyskania takiego stopnia w zakresie transportu; także obowiązująca w Polsce klasyfikacja dyscypliny najbliższej kolejnictwu – to inżynieria lądowa i transport, stąd doktorat w zakresie transportu.

- nologie/artykuly/1405642,czy-ludzka-prace-zastapi-sztuczna-inteligencja.html [dostęp 19.02.2020].
4. Drewnowski A., Małachowski K.: *Wykorzystanie technologii cyfrowych w relacjach z klientem przez kolejowych przewoźników pasażerskich w Polsce*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG2018, 21(3), s. 78–84.
  5. Europejska strategia Jednolitego Rynku Cyfrowego, WWW <https://wszystkoconajwazniejsze.pl/krzysztof-szubert-europejska-strategia-jednolitego-ryнку-cyfrowego/> [dostęp: 18.02.2020].
  6. Gajewski J., Paprocki W., Pieriegud J. (red.): *Cyfryzacja gospodarki i społeczeństwa – szanse i wyzwania dla sektorów infrastrukturalnych*, Instytut Badań nad Gospodarką Rynkową, Gdańska Akademia Bankowa, Gdańsk, 2016.
  7. IC Mobile Navigator, WWW <https://download.komputerswiat.pl/aplikacje-mobilne/android/akcesoria-i-narzedzia/ic-mobile-navigator> [dostęp: 13.03.2020].
  8. Informacja UE na temat programu „Cyfrowa Europa”, WWW [https://ec.europa.eu/poland/news/180606\\_digital\\_europe\\_pl](https://ec.europa.eu/poland/news/180606_digital_europe_pl) [dostęp: 18.02.2020].
  9. Inteligentne podkłady, WWW <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1475083&archive=2019.08.28> [dostęp: 07.04.2020].
  10. Jaworski K., Nowacki G.: *Transport kolejowy w systemie logistycznym Polski*, TTS Technika Transportu Szynowego, 2019, nr 4, s. 46–52.
  11. Kolej potrzebuje wsparcia w czasie pandemii, WWW <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/allrail-kolej-potrzebuje-wsparcia-w-czasie-pandemii-95903.html> Dostęp 27.03.2020 [dostęp: 27.03.2020].
  12. Logistyka w Polsce. Raport 2017 – pełna wersja, WWW <https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/15762/R17.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [dostęp: 19.02.2020].
  13. Master Plan dla transportu kolejowego W Polsce, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 2008.
  14. Megabajty na torach, WWW <https://www.hbrp.pl/a/megabajty-na-torach/DkeCSDSiv> [dostęp: 09.03.2020].
  15. Mężyk A., Zamkowska S.: *Nowe technologie w przewozach pasażerskich jako warunek ekspansji rynkowej kolei*, Współczesne procesy i zjawiska w transporcie, Uniwersytet Szczeciński, 2006, s. 63–72.
  16. Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego „Zapewnienie sprzyjającej włączeniu społecznemu transformacji sektorowej w kierunku zdigitalizowanego sektora kolejowego”, Dz.Urz. UE C47/23 z dnia 11.02.2020, WWW <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019IE1835&from=EN> [dostęp: 31.03.2020].
  17. Pierwszy pociąg autonomiczny z technologią 5G rozpoczyna pracę w Chinach, WWW <https://www.chinytolubie.pl/pedzi-350-km-h-i-nie-maszynisty-pierwszy-autonomiczny-pociag-z-technologie-5g-zaczyna-prace-w-chinach/> [dostęp: 09.03.2020].
  18. Poliński J.: *Informacja pasażerska na kolei*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2016.
  19. Prezentacja 10 działań priorytetowych dla kolejowego przewozu towarów, WWW [https://webgate.ec.europa.eu/multisite/primeinfrastructure/sites/primeinfrastructure/files/events/point\\_8\\_-\\_update\\_on\\_sector\\_statement\\_cer\\_.pdf](https://webgate.ec.europa.eu/multisite/primeinfrastructure/sites/primeinfrastructure/files/events/point_8_-_update_on_sector_statement_cer_.pdf) [dostęp: 31.03.2020].
  20. Raport dotyczący działań w zakresie 10 działań priorytetowych dla kolejowego transportu towarów, WWW [http://www.cer.be/sites/default/files/publication/181008\\_Sector\\_Statement\\_Progress\\_Report.pdf](http://www.cer.be/sites/default/files/publication/181008_Sector_Statement_Progress_Report.pdf) [dostęp: 31.03.2020].
  21. Raport „Transformacja Cyfrowa Kolei” przygotowany przez Szkołę Główną Handlową, przy współpracy z firmą Siemens Sp. z o.o. oraz Fundacją ProKolej, WWW [http://www.inforail.pl/transformacja-cyfrowa-na-kolei-raport-sgh-i-siemensa\\_more\\_98889.html](http://www.inforail.pl/transformacja-cyfrowa-na-kolei-raport-sgh-i-siemensa_more_98889.html) [dostęp: 18.02.2020].
  22. Rewitalizacja transportu kolejowego z digitalizacją. European University Institute, WWW <https://fsr.eui.eu/revitalising-rail-freight-with-digitalisation/> [dostęp: 28.03.2020].
  23. Skycash, WWW <https://www.przelewy24.pl/blog/skycash-wszystko-co-powinienes-o-nim-wiedziec> [dostęp: 13.03.2020].
  24. Transport kolejowy czekają historyczne zmiany. Powstają innowacyjne dworce, a po torach będą jeździć autonomiczne pociągi, WWW <https://innowacje.newseria.pl/news/transport-kolejowy-p1194833736> [dostęp: 09.03.2020].
  25. Urządzenie monitorujące położenie wagonu, WWW <https://www.bigdata-insider.de/digitalisierung-fuer-mehr-qualitaet-und-service-im-schiennuet-erverkehr-a-839677/> [dostęp: 31.03.2020].
  26. Wniosek dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającego program „Cyfrowa Europa” na lata 2021–2027, WWW [http://sejm.gov.pl/SUE8.nsf/Pliki-zal/COM\(2018\)\\_434\\_3\\_PL\\_resume\\_impact\\_assessment\\_part1\\_v2.pdf/%24File/COM\(2018\)\\_434\\_3\\_PL\\_resume\\_impact\\_assessment\\_part1\\_v2.pdf](http://sejm.gov.pl/SUE8.nsf/Pliki-zal/COM(2018)_434_3_PL_resume_impact_assessment_part1_v2.pdf/%24File/COM(2018)_434_3_PL_resume_impact_assessment_part1_v2.pdf) [dostęp: 18.02.2020].