

Nowoczesne utrzymanie infrastruktury kolejowej – wyzwania i trendy

FUNDACJA INICJATYW BEZPIECZEŃSTWO-ROZWÓJ-ENERGIA

UL. NOWOGRODZKA 31, 00-511 WARSZAWA

FUNDACJA INICJATYW BEZPIECZEŃSTWO-ROZWÓJ-ENERGIA,

UL. NOWOGRODZKA 31, 00-511 WARSZAWA

Autorzy:

Łukasz Tolak

Sławomir Tubek

Główne tezy raportu

- W Europie nie daje się obecnie wyróżnić wiodącego modelu utrzymania infrastruktury kolejowej. Istniejące rozwiązania to zarówno model in-house, jak i outsourcing. W niektórych przypadkach, ze względów historycznych i politycznych przyjęte rozwiązania stanowią hybrydy obu powyższych rozwiązań.
- Decydującym procesem wpływającym na podnoszenie jakości świadczonych usług utrzymaniowych, jest digitalizacja realizowana przez koleje wiodących państw Unii Europejskiej. Działania takie dają się także odnotować w Polsce.
- Ze względu na skalę procesów cyfryzacji, ich czasochłonność, poziom skomplikowania oraz niezbędne nakłady, premiowane są duże podmioty świadczące usługi utrzymaniowe, posiadające odpowiedni potencjał.
- Obserwowany i przewidywany w przyszłości wzrost siły ekstremalnych zjawisk pogodowych, będzie miał rosnący wpływ na infrastrukturę kolejową, stanowiąc dodatkowe wyzwanie dla jej bezpieczeństwa, premiując jednocześnie dużych kontraktorów, zdolnych do szybkiej reakcji na pojawiające się zagrożenia.
- Istniejący w Polsce system hybrydowy, wydaje się właściwym dla przeprowadzenia niezbędnej digitalizacji infrastruktury oraz reakcji na rosnącą presję klimatyczną.

Spis treści

GŁÓWNE TEZY RAPORTU	4
WSTĘP.....	8
UTRZYMANIE INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ W EUROPIE, W TYM SIECI TRAKCYJNYCH, CZY ISTNIEJE MODEL IDEALNY?	11
Ogólna charakterystyka utrzymania infrastruktury kolejowej	11
Systemy utrzymania – cechy charakterystyczne.....	13
Proces liberalizacji rynku kolejowego w Unii Europejskiej (najważniejsze dyrektywy i rozporządzenia)	15
CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW ZARZĄDZANIA INFRASTRUKTURĄ KOLEJOWĄ	17
Wielka Brytania	17
Holandia	20
Szwecja.....	23
Austria	25
Szwajcaria.....	26
OCENA EFEKTÓW WPROWADZENIA OUTSOURCINGU W UTRZYMANIU INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ	28
Digitalizacja	33
Polska - Outsourcing czy in-house?	39
ZMIANY KLIMATYCZNE A WZROST RYZYK DLA INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ W ZWIĄZKU ZE WZROSTEM ILOŚCI ZJAWISK EKSTREMALNYCH	45
Zmiany klimatyczne – wymiar globalny	45
Wpływ zmian klimatycznych i wzrostu ilości zjawisk ekstremalnych na infrastrukturę kolejową.....	46

WNIOSKI	55
BIBLIOGRAFIA	57

Wstęp

Kolej, infrastruktura kolejowa i utrzymanie infrastruktury kolejowej, pozostają jednym z krytycznych elementów ekonomii Unii Europejskiej. Znaczenie transportu kolejowego, swoistego krwioobiegu gospodarki unijnej, pozostaje, pomimo gwałtownego rozwoju transportu drogowego, nie do przecenienia. Podnoszenie jakości usług kolejowych i zapewnienie możliwie najwyższego poziomu bezpieczeństwa, zarówno w zakresie transportu towarów jak i ruchu pasażerskiego pozostają, w związku z powyższym, w obszarze zainteresowania poszczególnych rządów jak i Komisji Europejskiej.

Od początku lat 90-tych Komisja Europejska prowadzi działania zmierzające do liberalizacji rynku kolejowego, których przejawem jest m.in. oddzielenie infrastruktury kolejowej od procesów przewozowych i podział właścicielski zintegrowanych dotychczas struktur łączących przewozy kolejowe z zarządzaniem infrastrukturą¹. Przyjęty obecnie model zakłada rozdzielenie tych dwóch rodzajów działalności kolejowej. Kontynuowany od ponad trzech dekad proces przebudowy struktury zarządzania kolejami narodowymi, zaowocował wypracowaniem różnych modeli zarządzania infrastrukturą kolejową w poszczególnych krajach Unii. Celem działań Komisji Europejskiej i wysiłków podejmowanych w poszczególnych państwach członkowskich jest docelowe, całkowite otwarcie rynku kolejowego, przy jednoczesnym podnoszeniu jakości i bezpieczeństwa usług. Uwarunkowania techniczne i sposób działania kolei powodują, że problem zarządzania infrastrukturą kolejową, ma krytyczne znaczenie dla realizacji powyższych zadań.

Proces poprawy efektywności zarządzania infrastrukturą kolejową, obok wyzwań

¹ Patrz niżej

związanych z codzienną eksploatacją, będzie musiał sprostać w przyszłości coraz większej presji ekstremalnych zjawisk pogodowych, wynikających z już obserwowanych i przewidywanych w przyszłości zmian klimatycznych. Infrastruktura kolejowa, ze względu na swoją specyfikę, należy do elementów szczególnie wrażliwych, co skutkować może poważnymi zakłóceniami procesów kolejowych, a w szczególnych przypadkach, nawet całkowitym uniemożliwieniem świadczenia usług pasażerskich i transportowych.

Celem pierwszej części opracowania jest analiza rozwiązań przyjętych w kilku wybranych krajach europejskich i Polsce w zakresie utrzymania infrastruktury kolejowej oraz próba wskazania czy wśród przyjętych rozwiązań da się wskazać to optymalne pod względem jakości i bezpieczeństwa świadczonych usług. W ramach tej części tekstu wskazane zostaną najważniejsze obserwowane w Europie trendy, mające wpływ na poprawę zarządzania utrzymaniem infrastruktury kolejowej, a co za tym idzie efektywność kolei.

długość linii kolejowych w Europie (2016)	
wybrane kraje	km
Niemcy	38 990
Francja	28 364
Polska	18 429
Wielka Brytania	16 253
Szwecja	10 822
Finlandia	5 926
Austria	4 917
Szwajcaria	3 650
Holandia	3 058
Dania	2 539

Tab.1: Długość linii kolejowych w wybranych krajach UE

Źródło: The Statistics Portal.

html: <https://www.statista.com/statistics/451500/length-of-railway-lines-in-use-in-europe/>

W drugiej części opracowania, podjęta została próba identyfikacji najistotniejszych z punktu widzenia bezpieczeństwa infrastruktury kolejowej ekstremalnych zjawisk pogodowych. Celem tej części analizy, jest wskazanie czy presja związana z obserwowanymi obecnie zmianami

klimatycznymi, ma wpływ na infrastrukturę kolejową i jej utrzymanie oraz czy wpływ ten będzie się zwiększał w przyszłości, stanowiąc wyzwanie dla jakości usług i bezpieczeństwa.

Raport przygotowany został w oparciu o dostępne i aktualne materiały naukowe z zakresu kolejnictwa i nauk o klimacie, informacje udostępniane przez spółki komercyjne, oficjalne materiały organów władz publicznych, a także materiały i doniesienia prasowe.

Utrzymanie infrastruktury kolejowej w Europie, w tym sieci trakcyjnych, czy istnieje model idealny?

Kontynent europejski dostarcza wielu różnych doświadczeń dotyczących utrzymania infrastruktury kolejowej. Unikalna w skali świata różnorodność zarządzania infrastrukturą kolejową związana jest z szeregiem procesów zachodzących w Europie - liberalizacją rynku kolejowego, odmienną polityką zarządców infrastruktury kolejowej oraz różnym stopniem zaawansowania tych procesów, w tym digitalizacji. Zarządcy infrastruktury dążą m.in. do najlepszego modelu utrzymania sieci OCL (overhead contact line) związanego z niewielką ilością wypadków, zakłóceń w ruchu kolejowym, opóźnień czy przerw w dostawach prądu. W poniższym tekście różne rodzaje rozwiązań i praktyki zostaną przeanalizowane.

Historia zarządzania utrzymaniem infrastruktury kolejowej wskazuje na wiele czynników determinujących aktualnie obowiązujące zasady utrzymania sieci. O ile cele utrzymania są zawsze zbieżne – wysoka punktualność, maksymalna efektywność, wysoki poziom zadowolenia pasażerów, to wypracowane sposoby dojścia do celów z przyczyn politycznych, historycznych i praktycznych są różne.

Ogólna charakterystyka utrzymania infrastruktury kolejowej

Utrzymanie urządzeń, w tym utrzymanie sieci kolejowej („maintenance” i „renewal”) jest dość dobrze zbadanym zjawiskiem. Ok 60-70% kosztów utrzymania to koszty osobowe, dlatego wykwalifikowani pracownicy i ich doświadczenie jest kluczowe dla tego elementu funkcjonowania kolei (Stenström, 2014). W praktyce zarządzania siecią kolejową wyróżnia się dwa główne sposoby utrzymania infrastruktury: **prewencyjne** oraz **korekcyjne**. Co warto podkreślić – nie istnieje optymalna wartość relacji pomiędzy utrzymaniem korekcyjnym i prewencyjnym.

W literaturze wyróżnia się około 120 (Stenström, 2014) operacyjnych i utrzymaniowych

wskaźników związanych z infrastrukturą kolejową. W tym 11 wskaźników jest zgodnych z normą dotyczącą utrzymania EN 15341 (CEN, 2007). Czas przeprowadzania utrzymania, szybkość wykonywania usługi i związany z tym poziom zaawansowania technologicznego (komunikacji, planowania) w operacjach utrzymania infrastruktury kolejowej ma i będzie miał znaczenie kluczowe dla jakości usług kolejowych.

W badanych w literaturze modelach utrzymania – PM (preventive maintenance) reprezentuje 10-30% kosztów utrzymania infrastruktury, włącznie z kosztami opóźnień pociągów. Bez uwzględnienia kosztów opóźnień, jest to 30-50% kosztów utrzymania (Stenström, 2014).

Dla poprawnego funkcjonowania kontraktów utrzymaniowych niezbędne jest określenie stanu pierwotnego i zbieranie danych na temat utrzymywanych aktywów. W przypadku nowoczesnych firm zajmujących się utrzymaniem infrastruktury, wykorzystywane są m.in. pociągi pomiarowe, zdalne urządzenia pomiarowe, czujniki, drony i inne dostępne urządzenia.

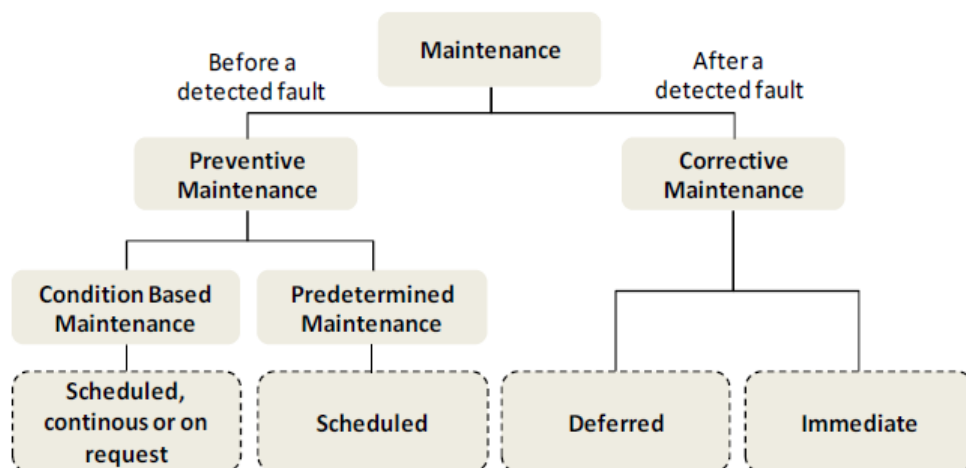


Figure 4: Overview of preventive and corrective maintenance. Adapted from (CEN 2011).

Rys.1 Schemat poglądowy utrzymania infrastruktury kolejowej.

Źródło: Internet (Stenström, 2012)

Systemy utrzymania – cechy charakterystyczne

Zarządzanie utrzymaniem infrastruktury kolejowej w Europie odbywa się według dwóch głównych modeli: 1. „**in-house**”, w którym utrzymanie infrastruktury znajduje się w rękach zarządcy infrastruktury lub jego podmiotów zależnych oraz 2. „**outsourcingu**”, w którym utrzymaniem infrastruktury kolejowej zajmują się podmioty niezależne od zarządcy infrastruktury.

Każdy z ww. modeli w różnych konfiguracjach funkcjonuje inaczej w poszczególnych krajach, w których ma miejsce usługa utrzymania sieci kolejowej, niemniej zawsze warto zwrócić uwagę na cechy wspólne, trendy i przyczyny występowania danego modelu.

Cechą charakterystyczną badanego zagadnienia jest różna jakość ogólnie dostępnych źródeł w poszczególnych krajach. Niemniej istniejące materiały pozwalają na postawienie kilku tez.

Z analizy nie wynika jeden, doskonały system utrzymania infrastruktury kolejowej. Każdy kraj, w tym Polska, w ramach polityki zarządzania systemem kolejowym wybiera własny model utrzymania, którego podstawowym zadaniem **jest zapewnienie wysokiej jakości transportu kolejowego przy akceptowalnych kosztach**. Warunkiem utrzymania jakości usług jest kilka kluczowych czynników, które wynikają z niniejszej analizy (patrz dalej).

Powody zmiany dotychczasowych systemów utrzymania, mające na celu poprawienie parametrów funkcjonowania infrastruktury i wydzielenie ich z dotychczasowych struktur to:

- obniżenie kosztów, niższe lub stabilne koszty ogólne,
- poprawa jakości wydzielonych procesów,
- koncentracja na głównym biznesie i budowa konkurencyjności poprzez koncentrację zasobów organizacyjnych i inwestowanie w “core business”, wszystkie aktywności poza strategicznymi są wydzielane,
- uzyskanie lepszego, prostszego procesu w firmie,
- osiągnięcie lepszej kontroli,

- utrzymanie i rozwój głównych kompetencji jako barierę dla ochrony przed obecnymi i przyszłymi konkurentami,
- zwiększenie elastyczności – np. biznes okresowy,
- rozłożenie ryzyka,
- uzyskanie dodatkowych zasobów, optymalizacja wiedzy, sprzętu i doświadczenia,
- stworzenie sytuacji, w której konkurencyjne środowisko będzie stymulować outsourcowane aktywności (Campbell, 1995).

O ile istnieje wiele powodów skłaniających do wykorzystania outsourcingu w zarządzaniu utrzymaniem infrastruktury kolejowej, to trzeba mieć świadomość, że działanie takie nie zawsze przynosi spodziewane efekty. Do procesów niepożądanych można zaliczyć np.:

- wzrost zależności od dostawców,
- konieczność budowy nowych relacji,
- ryzyko komunikacyjne i organizacyjne,
- utrata kluczowych umiejętności,
- obniżenie zaangażowania pozostałych pracowników,
- utrata kontroli nad dostawcą,
- krótkoterminowe kontrakty, oparte o najniższą cenę osłabiające bodźce innowacyjne
- ryzyko spadku poziomu bezpieczeństwa infrastruktury kolejowej (na skutek braku doświadczenia nowych dostawców) (Campbell, 1995).

Proces liberalizacji rynku kolejowego w Unii Europejskiej (najważniejsze dyrektywy i rozporządzenia)

Dyrektywa Rady nr 91/440/EEC z dnia 29.07.1991 r. dotycząca rozwoju linii kolejowych i dostępu do infrastruktury oraz przejazdu tranzytem w całej Unii Europejskiej.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/12/WE z dnia 26.02.2001 r. zmieniająca dyrektywę 91/440/EWG w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych, która należy do **pierwszego pakietu kolejowego** i dotyczy utworzenia Transeuropejskiej Kolejowej Sieci Towarowej (TERFN) oraz niedyskryminującego dostępu do infrastruktury dla przedsiębiorstw kolejowych transportu międzynarodowego.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2004/51/WE z dnia 29.04.2004r. zmieniająca dyrektywę 91/440/EWG w sprawie rozwoju kolei wspólnotowych, która wchodzi w skład **drugiego pakietu kolejowego**. Dyrektywa ta rozszerza prawo dostępu do międzynarodowych przewozów kolejowych na całą sieć oraz udostępnia tory i usługi w terminalach i portach.

Trzeci Pakiet Kolejowy: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2007/58/WE z dnia 23.10.2007 r. w sprawie rozwoju kolei Wspólnoty, Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2007/59/WE z dnia 23.10.2007 r. w sprawie certyfikacji maszynistów, Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1371/2007 z dnia 23.10.2007 r. w sprawie praw i obowiązków pasażerów w ruchu kolejowym (Mielczarek, 2012).

Czwarty Pakiet Kolejowy: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej wchodzi w życie dnia 15 czerwca 2016 r. i uchyla dyrektywę 2008/57/WE z dniem 16 czerwca 2020r. Państwa członkowskie powinny zaimplementować przepisy do prawa krajowego do dnia 16 czerwca 2019 r. z możliwością przedłużenia tego terminu o rok.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 z dnia 11 maja 2016 r.

w sprawie bezpieczeństwa kolei wchodzi w życie dnia 15 czerwca 2016, uchyła dyrektywę 2004/49/WE z dnia 16 czerwca 2004 r. Państwa członkowskie powinny zaimplementować przepisy do prawa krajowego do 16 czerwca 2019 r. z możliwością przedłużenia tego terminu o rok.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/796 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie Agencji Kolejowej Unii Europejskiej i uchylenia rozporządzenia (WE) nr 881/2004 – wchodzi w życie dnia 15 czerwca 2016 r. i z tym dniem uchyła rozporządzenie nr 881/2004.

Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2018/761 z 16 lutego 2018 r. ustanawiające wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do nadzoru sprawowanego przez krajowe organy ds. bezpieczeństwa po wydaniu jednolitego certyfikatu bezpieczeństwa lub autoryzacji w zakresie bezpieczeństwa na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 i uchylające rozporządzenie Komisji (UE) nr 1077/2012.

Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2018/762 z 8 marca 2018 r. ustanawiające wspólne metody oceny bezpieczeństwa w odniesieniu do wymogów dotyczących systemu zarządzania bezpieczeństwem na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 oraz uchylające rozporządzenia Komisji (UE) nr 1158/2010 i (UE) nr 1169/2010.

Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/763 z 9 kwietnia 2018 r. ustanawiające praktyczne zasady wydawania jednolitych certyfikatów bezpieczeństwa przedsiębiorstw kolejowym na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 oraz uchylające rozporządzenie Komisji (WE) nr 653/2007.

Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2018/764 z 2 maja 2018 r. w sprawie honorariów i opłat pobieranych przez Agencję Kolejową Unii Europejskiej i warunków ich płatności (UTK, 2018).

Charakterystyka wybranych przykładów zarządzania infrastrukturą kolejową

Wielka Brytania

Zarządcą infrastruktury kolejowej jest firma non-profit Network Rail.

Długość linii kolejowych wynosi ok. 15 000 km, w tym zelektryfikowanych ok. 5 000 km.

Model utrzymania infrastruktury: **in-house/hybrydowy**.

HISTORIA PRZEKSZTAŁCEŃ KOLEI BRYTYJSKICH.

Specyfika rynku brytyjskiego, ze względu na historię prywatyzacji i nacjonalizacji kolei jest wyjątkowa. Brytyjskie koleje państwowe, powstały w 1948 roku w wyniku nacjonalizacji prywatnych spółek kolejowych. Proces ponownej prywatyzacji został przeprowadzony w ostatniej dekadzie XX wieku w oparciu o „*The Railways Act 1993*”, z listopada 1993 roku. W wyniku prywatyzacji koleje podzielono na ponad trzydzieści spółek sprywatyzowanych do 1996 roku. Infrastruktura kolejowa znalazła się pod zarządem firmy Railtrack. Spółka ta, ze względu na złe wyniki finansowe oraz serię katastrof z lat 2000-2001, ogłosiła upadłość. Analiza katastrof, w tym przede wszystkim katastrofa w Hatfield z października 2000 roku, wykazała poważne uchybienia w zakresie bezpieczeństwa, wynikające z zaniedbań inwestycyjnych i utrzymaniowych.

Projekt prywatyzacji miał charakter polityczny, był prowadzony pośpiesznie aby zdążyć przed wyborami w 1997 roku. Proces utrzymania i odnawiania infrastruktury (maintenance and renewal) podzielono na 10 pakietów i przeprowadzono przetarg. Podstawowym kryterium przetargu była cena. W kontraktach utrzymaniowych brak było bodźców do poprawiania jakości utrzymania. W zarządzie spółki Railtrack nie było żadnego inżyniera. Wspomniany wyżej wypadek kolejowy w Hatfield w 2000 roku (4 ofiary śmiertelne), był spowodowany opóźnieniem w serwisowaniu/brakiem utrzymania infrastruktury (torów), które winno być dokonane w odpowiednim

momencie. Raport z wypadku opisywał też serię błędów w komunikacji pomiędzy Rail-Track i zewnętrzną firmę utrzymującą infrastrukturę.

Majątek bankruta został przejęty przez Network Rail w 2002 roku. W okresie 2002-2014 nowo utworzony zarządca infrastruktury kolejowej działał na zasadach komercyjnych. Ostatecznie we wrześniu 2014 roku Network Rail stał się spółką publiczną non-profit.

Ruch pasażerski obsługiwany jest przez operatorów (TOC) w oparciu o zawierane z Departamentem Transportu kontrakty czasowe. Network Rail – zarządca infrastruktury **nie prowadzi** usług przewozowych.

Po przejęciu infrastruktury kolejowej przez Network Rail znacząco zwiększono inwestycje publiczne na infrastrukturę kolejową w celu podniesienia poziomu bezpieczeństwa i poprawy stanu infrastruktury. Program inwestycyjny zaczyna przynosić wymierne efekty. Po powtórnej nacjonalizacji, koleje brytyjskie notują wyraźną poprawę, czyniąc z Wielkiej Brytanii kraj o jednym z najwyższych poziomów bezpieczeństwa w ruchu kolejowego. Stopień wykorzystania infrastruktury plasuje Wielką Brytanie na drugim miejscu w Europie - po Holandii (Network Rail , 2015). W latach 1995-2011 sprywatyzowane koleje brytyjskie odnotowały wzrost liczby pasażerów. Także wielkość nakładów na linie kolejowe plasuje Wielką Brytanie na pozycji lidera wśród krajów UE (Network Rail , 2015). Network Rail zatrudnia około 35 tysięcy pracowników, z tego większość w obszarach związanych z utrzymaniem infrastruktury kolejowej (Smyrgała , et al., 2016, pp. 34-36).

W następstwie zdarzeń przytoczonych wyżej Network Rail przejął odpowiedzialność za utrzymanie sieci kolejowej, ale odnawianie (renewal) infrastruktury jest wciąż w rękach zewnętrznych (Abbott, 2006). Od nacjonalizacji, pomimo poprawy jakości zarządzania utrzymaniem infrastruktury – struktura systemu utrzymania w Wielkiej Brytanii pozostawała zasadniczo bez zmian. Wydaje się jednak, że model outsourcingu może być rozwijany. Świadczyć o tym mogą kolejne kontrakty z Balfour Beatty (RTM - Rail Technology

Magazine, 2018). Network Rail podpisał w 2018 roku z tą firmą 3 letni kontrakt na utrzymanie linii kolejowych w południowo wschodniej części Anglii. Kontrakt obejmuje utrzymanie oraz naprawę linii.

Z doświadczeń brytyjskich nie można wyciągnąć ostatecznych wniosków czy aktualnie obowiązujący system, głównie „in-house”, jest lepszy niż outsourcing. Co więcej, dzięki doświadczeniom brytyjskim (tragicznym w skutkach) inni zarządcy infrastruktury kolejowej sięgający po outsourcing wyciągnęli wnioski, na podstawie których, podjęli działania służące tamtejszym kolejom w zarządzaniu infrastrukturą – vide Holandia.

Podstawowe zaplecze sprzętowe i organizacyjne utrzymania infrastruktury kolejowej w Wielkiej Brytanii to m.in:

- 24 bazy utrzymania taboru kolejowego,
- pracujące w systemie 24/7 centrum zarządzania,
- baza ok 1000 wagonów oraz flota pociągów specjalistycznych,
- monitoring z wykorzystaniem helikopterów i dronów (NetworkRail , 2017)

Holandia

Długość linii kolejowych to 3058 km, w tym zelektryfikowanych 90%.

Zarządca infrastruktury to ProRail.

Model utrzymania: **całkowity outsourcing**.

HISTORIA NS – NEDERLANDSE SPOORWEGEN

Rozmowy na temat podziału organizacyjnego kolei holenderskich rozpoczęły się w 1992 roku. Bezpośrednią przyczyną były regulacje Unii Europejskiej nt. separacji zarządców infrastruktury od operatorów celem utworzenia konkurencyjnego rynku przewozowego. W 1995 roku NS podzielił się na komercyjną NS Group i trzy grupy zadaniowe: Railinfrabeheer, Railned oraz Railverkeersleiding odpowiedzialne za budowę, utrzymanie i zarządzanie koleją (ProRail, 2019). Od 1995 roku Nederlandse Spoorwegen był skoncentrowany na obniżeniu rządowych subsydiów i zwiększaniu przychodów. W tym czasie planowano prywatyzację Nederlandse Spoorwegen.

W 2003 roku wszystkie grupy zadaniowe zostały połączone w zarządcę infrastruktury – ProRail. W tym samym roku uchwalono The Railway Act determinujący role, odpowiedzialność i obowiązki stron włączonych w transport kolejowy (rząd, zarządca infrastruktury, firmy transportowe oraz organa nadzorcze). Dziś NS jest największą firmą kolejowego transportu pasażerskiego w Holandii z ponad milionem pasażerów dziennie. Zarządza też 380 stacjami kolejowymi w Holandii.

Za granicą NS, poprzez spółkę zależną Abellio, prowadzi przewozy pasażerskie w Wielkiej Brytanii i Niemczech. Lokalne władze w Holandii również organizują ruch pasażerski, który nie odbywa się na głównych liniach. Działalność przewozową prowadzą przewoźnicy tacy jak : Keolis, Arriva, Prignitzer Eisenbahn.

W transporcie towarowym największą firmą jest DB Cargo, ponadto działają Rai-

logix, HGK i inni. Infrastrukturą kolejową od chwili utworzenia w 2005 roku zarządza ProRail (ProRail, 2019) (Strukton Groep NV, 2017). W 1997 roku, NS wydzieliły z NS Infra Services, 2800 pracowników. Podziału dokonano na trzy firmy utrzymaniowe infrastruktury kolejowej. Wszystkie trzy podmioty miały pełną zdolność utrzymania i modernizacji infrastruktury. Udział firmy Strukton wynosił 50%, Volker Stevin 30%, i NBM Rail 20%.

Podobnie jak w Wielkiej Brytanii działania te nie zostały prawidłowo przygotowane – brakowało polityki utrzymaniowej, planów, pojawiły się braki w zarządzaniu. Nie zawarto także właściwych kontraktów utrzymaniowych. W tym okresie to nieformalne kontakty pracowników pomiędzy firmami i zarządcą infrastruktury pomogły uniknąć sytuacji analogicznej do sytuacji z Wysp Brytyjskich – realnej utraty kontroli nad utrzymaniem (Swier, 2012). W odróżnieniu od Wielkiej Brytanii proces przebiegał jednak powoli, a pozostawanie w procesie państwowego zarządcy infrastruktury pozwoliło na wypracowanie metod współpracy, aż do pełnego otwarcia rynku i przetargów w 2007 roku. ProRail wyciągając wnioski z katastrofy w brytyjskim Hatfield, zlecił monitoring utrzymania sieci kolejowej firmie zewnętrznej – Eurorailscout, która zaawansowanym technologicznie sprzętem bada sieć kolejową. Wszystkie linie są monitorowane dwa razy w miesiącu, a linie o dużym obciążeniu ruchem nawet raz na tydzień (Abbott, 2006).

Po wydzieleniu utrzymania, pełne otwarcie rynku utrzymaniowego i ogłoszenie publicznych przetargów nastąpiło po 10-letnim procesie udoskonalania kontraktów w roku 2007. **Zmiana systemu utrzymania nie spowodowała jednak znaczących zmian w strukturze dostawców usług.** Nadal dominują trzy firmy wydzielone w latach 90-tych (z nowymi właścicielami) z jednym nowym graczem – Asset Rail (udziałowcy to Arcadis i Durre Vermer). Każda firma utrzymująca infrastrukturę kolejową w Holandii jest firmą dużą lub bardzo dużą, związaną z koncernem/firmą budowlaną działającą w skali międzynarodowej. Obecnie na rynku usług utrzymaniowych funkcjonują cztery poniższe podmioty.

1. **STRUKTON** (40% rynku) - ilość pracowników – 6581, 4 kontrakty oparte o mpm (ma-

intenance performace management), 5 kontraktów usługowych, 1 kontrakt zarządzania aktywami (Strukton Groep NV, 2017). Utrzymaniem zarządza centrum operacyjne na bazie 5 zmian załóg w systemie 365/24/7.

2. **BAM INFRA** (po przejęciu NBM Rail) - 19720 pracowników, z siedzibą w Bunnik w Holandii, to firma zajmująca się konstrukcjami budowlanymi, nieruchomościami i ochroną środowiska. W 2016 roku miała przychody na poziomie 8,14 mld EUR. Posiada kilkanaście spółek w różnych krajach m.in. Bouw en Vastgoed, BAM Construct UK, BAM Deutschland, BAM Belgium, BAM Contractors, BAM Infra, BAM Nuttall, Wayss & Freytag Ingenieurbau and BAM International. Główne projekty firmy to m.in stadion w Amsterdamie, sąd w Antwerpii oraz linia dużych prędkości HSL-Zuid (Royal BAM Group nv, 2017).
3. **Voelker Rail** – 15785 pracowników (w grupie VoelkerWessel), VolkerRail Nederland B.V. jest zaangażowana w budowę, utrzymanie i zarządzanie liniami kolejowymi, tunelami i mostami w Holandii i Wielkiej Brytanii, firma koncentruje się na budowaniu, zarządzaniu i utrzymywaniu linii kolejowych w Holandii, ma siedzibę w Vianen w Holandii, działa jako Voelker Stevin Rail & Traffic B.V. (VolkerWessels, 2016).
4. **Asset Rail** – 25% udział w rynku (Smale, 2018), 5 kontraktów utrzymaniowych, (udziałowcy 40% Arcadis – 27000 pracowników, 60% Dera Vermeer – 2500 pracowników). Za zbieranie, analizę i wykorzystanie danych odpowiada Arcadis, natomiast za fizyczne wykonywanie kontraktów odpowiada grupa budowlana Dera Vermeer.

Kierunek działania zarządcy infrastruktury ProRail to dalszy rozwój systemu outsourcingu – rodzajów kontraktów, możliwie zaawansowana digitalizacja utrzymania infrastruktury nadążająca za rozwojem informatycznym oraz wydłużenie okresu trwania kontraktów utrzymaniowych do 5-7 lat.

Szwecja

Długość linii kolejowych to 10 822 km, w tym zelektryfikowanych 7 128 km.

Zarządca infrastruktury to Trafikverket,

Model utrzymania infrastruktury: **outsourcing**

HISTORIA PRZEKSZTAŁCENÍ

W Szwecji rozdzielenie infrastruktury od działań operacyjnych w ramach procesu separacji pionowej rozpoczęto w roku 1988. Proces ten został przeprowadzony w kilku etapach. W 1996 roku dokonano liberalizacji przewozów towarowych. Ostatecznie proces zamknięto w latach 2009-2011 dokonując pełnego otwarcia rynku przewozów pasażerskich.

Kolej szwedzka jest przykładem czystego, instytucjonalnego rozdzielania infrastruktury od przewozów. Infrastruktura stanowi niemal w całości własność państwa. Rynek jest w pełni zliberalizowany. Firmy przewozowe mają nieograniczony dostęp do sieci kolejowej pozostającej pod kontrolą państwa. Za regionalne przewozy pasażerskie odpowiedzialnych jest 21 regionalnych agencji transportu publicznego (Smyrgała , et al., 2016, pp. 25-27).

Od 2002 roku utrzymanie infrastruktury kolejowej jest stopniowo wydzielane do firm zewnętrznych. Szwecja, Finlandia, Holandia – wcześniej Wielka Brytania były pionierami we wprowadzaniu konkurencji w utrzymaniu kolei. We wrześniu 2010 roku, 87% kontraktów utrzymaniowych w Szwecji było przydzielanych na podstawie otwartych przetargów, 13% pozostało w utrzymującej infrastrukturę firmie Infranord wydzielonej z kolei państwowych. Trafikverket organizuje kontrakty w formule „*performance based*”, w których aktualny stan infrastruktury jest określony na dzień ogłoszenia przetargu. Wdrożono też system bonusów i zachęt. W Szwecji występuje ok. 35 kontraktów utrzymaniowych o wartości 120 mln EUR rocznie (dane na rok 2010). Wszystkie nowe kontrakty są oparte o „*performace based maintenance*” i 5 letni okres trwania z opcją przedłużenia o kolejne dwa lata. Aktualnie w Szwecji działa 5 przedsiębiorstw zajmujących się utrzymaniem infrastruktury kolejowej (Stenström, 2012).

1. Strukton Rail AB (ten sam, co w Holandii), po zakupie aktywów szwedzkich brytyjskiej firmy budowlanej Balfour Beatty,
2. Infranord AB (wydzielona spółka utrzymaniowa z kolei szwedzkich),
3. VR Track – spółka utrzymaniowa kolei fińskich,
4. Volker Weiss (spółka z udziałowcem Volker Rail – firmą utrzymaniową z Holandii oraz firma budowlaną Leonhard Weiss z Niemiec),
5. Infratek AB (od 2017 roku grupa VINCI – jeden z trzech największych pod względem przychodów koncernów budowlanych w Europie) firma norweska, od 2010 roku na rynku szwedzkim.

Plany Trafikverket związane z utrzymaniem infrastruktury kolejowej to: 6 - 7 kontraktów rocznie. W sumie około 35 kontraktów utrzymaniowych na całej sieci obejmujących od 120 do 1000 km każdy (Ahston, 2015).

Austria

Długość sieci kolejowej to 4.917 km w tym 3.557 km zelektryfikowane.

Zarządcą infrastruktury jest OBB Infrastruktur GmbH.

Model utrzymania infrastruktury: **in-house**

HISTORIA

Austria została członkiem Unii Europejskiej w 1995 roku. Dyrektywę 91/440 wdrożono w 1998 roku wybierając otwarcie rynku pasażerskiego dla przewozów wewnętrznych. Wcześniej, zagraniczne firmy kolejowe, miały ograniczony dostęp do sieci kolejowej, bazujący na bilateralnych umowach z kolejami narodowymi. Tego typu porozumienia obowiązywały do 1998 roku (IRG-Rail, 2017). W 1999 roku w Austrii wydano pierwszą otwartą licencję dla istniejącej firmy kolejowej zintegrowanej z zarządcą infrastruktury na narodowe przewozy towarów koleją. Pierwsza firma przewozowa, nie związana z kolejami narodowymi, otrzymała licencję w marcu 2001 roku i jeszcze w tym roku rozpoczęła działalność. Do roku 2009 istniały dwie firmy infrastrukturalne Kolei Austriackich: Betrieb AG odpowiedzialna za operacje, utrzymanie, inspekcje i naprawy oraz Bau AG, odpowiedzialna za budowę, planowanie i modernizacje. W 2009 roku zostały połączone w jedną firmę Biznes Unit Budowa i Utrzymanie, co jak stwierdziło Ministerstwo Transportu Republiki Austrii, pozytywnie wpłynęło na poprawę jakości infrastruktury kolejowej (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2012). Cechą charakterystyczną grupy OBB jest działalność poprzez wyspecjalizowane spółki. Naprawą, utrzymaniem i wymianą rozjazdów zajmuje się utworzona w 2013 roku spółka WS Service GmbH, gdzie OBB Infrastruktur AG posiada 51% udziałów, pozostałe 49% posiada Voestalpine (ÖBB-Infrastruktur AG, 2018). Utrzymaniem pojazdów kolejowych (ECM), w tym pojazdów do utrzymania infrastruktury zajmuje się spółka Rail Equipment GmbH.

Szwajcaria

Długość linii kolejowych to 3650 km, 100% zelektryfikowane,

Model utrzymania: **in-house**.

Utrzymanie linii kolejowych jest skoncentrowane w SBB INFRA z 10 000 pracowników (ogółem), do utrzymania używane jest 156 pojazdów z własnym napędem, ponad 2000 pojazdów ogółem (SBB, 2019).

HISTORIA

Szwajcarski program reform kolejowych był podzielony na trzy etapy:

Pierwszy etap z 1996 roku tzw. „*Revision of the federal law on railways*” (Railways Act), dotyczył reformy transportu regionalnego, reformy oparte były na trzech pryncypach: które zmieniały relacje pomiędzy przedsiębiorstwami kolejowymi oraz administracją publiczną. Najważniejszą zmianą było wprowadzenie zasady, iż dotację będą płacone z góry, w kwocie określonej w kontrakcie. Nieplanowe deficyty (największa zmora kolei) miały nie być pokrywane z budżetu federalnego. Kolejną zmianą było przekazanie odpowiedzialności za organizację przewozów do władz Kantonów, których decyzje podlegała nadzorowi Federalnego Biura Transportu (FOT). Po trzecie SBB (Schweizerische Bundesbahnen) stracił monopol na przewozy. Niemniej nie pojawili się nowi gracze w sektorze pasażerskim. O wprowadzeniu konkurencji do SBB w ruchu długodystansowym FOT zdecydował dopiero w 2018 roku (RailwayGazette, 2018). Wcześniej działali operatorzy regionalni jak BLS.

Drugi krok liberalizacji w 1999 roku został wprowadzony aby spełnić wymogi europejskiej legislacji. Głównym celem było wdrożenie Dyrektywy 91/440/EEC do prawa szwajcarskiego. Ta reforma zmieniła organizację i biznes model SBB. Aby pozwolić nowo utworzonej firmie kolejowej – SBB - działać, umorzono wszystkie długi. W ramach konsorcjum utrzymaniem infrastruktury zajmuje się SBB Infrastruktur. W 2009 roku wdrożono kolejną

reformę, która dotyczyła m.in. bezpieczeństwa. Reforma jest wprowadzana krok po kroku. W transporcie towarowym nastąpiła pełna liberalizacja. W przeciwieństwie do Unii Europejskiej reformy transportu pasażerskiego nie promują konkurencji. To model, w którym kluczowe jest partnerstwo pomiędzy operatorami, władzami i pasażerami. Hybryda pomiędzy liberalizacją a integracją. Rezultatami jest większa efektywność w wydawaniu pieniędzy publicznych oraz lepszy serwis. Częstotliwość pociągów w ruchu pasażerskim jest najwyższa na świecie. Wzrosła też ich prędkość, a w pociągokilometrach wzrost wyniósł 55.4% od czasów reformy (Desmaris, 2014).

Ocena efektów wprowadzenia outsourcingu w utrzymaniu infrastruktury kolejowej

Wprowadzanie konkurencji na rynku utrzymania infrastruktury poprzez outsourcing miało m.in. obniżyć koszty. Pomimo tego, że w Holandii konkurencja nie uległa gwałtownemu zaostreniu (doszła tylko jedna firma utrzymaniowa - Asset Rail), to koszty udało się obniżyć, na co wskazuje prezentowane poniżej badanie. Outsourcing w Skandynawii oznacza wejście na rynek dużych graczy obecnych w innych krajach – jak Strukton z Holandii, VR Track (spółka utrzymaniowa wywodząca się z kolei fińskich) czy Voelker Weiss z Niemiec, j.v. firmy utrzymaniowej z Holandii i niemieckiej firmy m.in. budownictwa kolejowego.

W 2017 roku w szeroko prowadzonym badaniu ProRail porównał funkcjonowanie m.in. utrzymania infrastruktury kolejowej w wybranych krajach UE (ProRail, 2017). W badanej puli znalazły się: Wielka Brytania, Szwecja, Holandia, Dania, Francja, Belgia i Szwajcaria. Holandia i Szwecja wykorzystują outsourcing, a Dania intensywnie go wdraża osiągając poziom 55% rynku w 2015 roku (Carøe, 2017). Pozostałe kraje opierają się na utrzymaniu typu in-house. Z prezentowanych analiz wynika, iż holenderski zarządca infrastruktury ProRail wypada modelowo – obniżając koszty i utrzymując wysoką jakość przewozów, ale nie obserwujemy już żadnej prawidłowości w zestawieniu pozostałych badanych krajów - patrz niżej BCG Railway Performance Index (Duranton, et al., 2017).

Obrazujące sytuację poniższe tabele zostały wykonane na podstawie badań zleconych przez ProRail, gdzie wszystkie pozostałe sześć krajów znajduje się w „ślepej” próbie – znamy nazwy wszystkich badanych krajów, ale nie wiemy z którego kraju pochodzi dany wynik liczbowy.

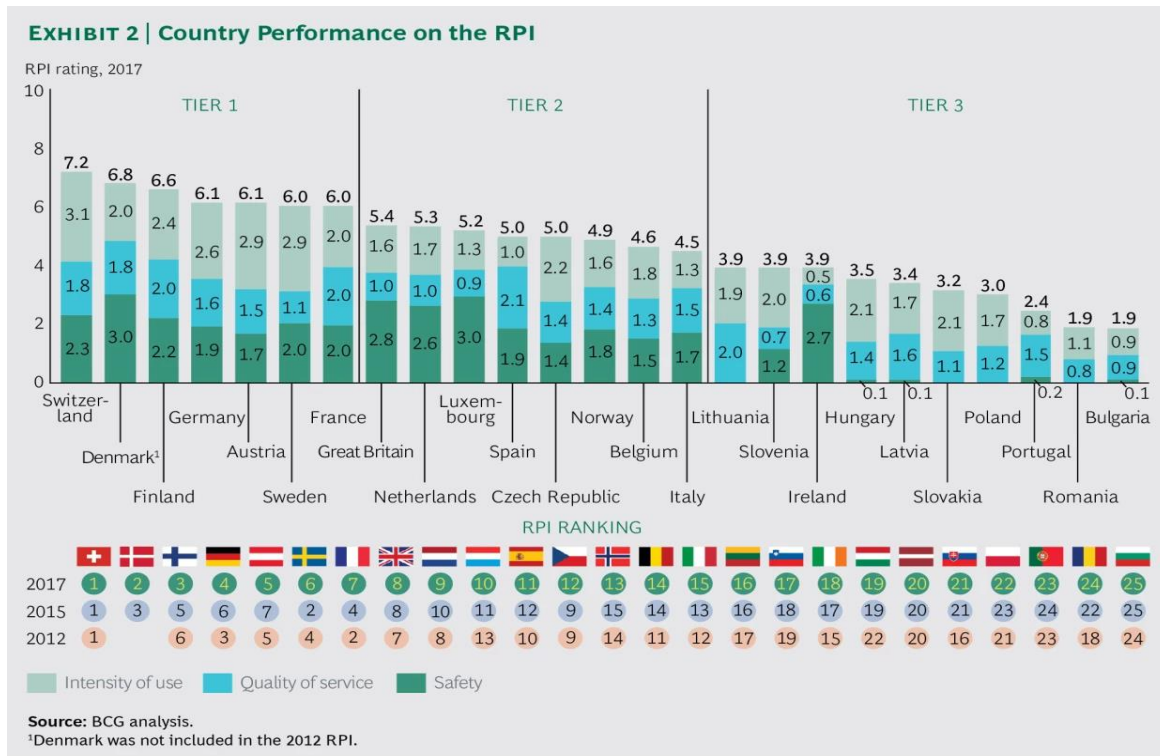
koszt utrzymania na pockm (EUR)	2011	2015	Różnica
PRO RAIL	3,4	2,8	0,82
Szwecja, Belgia, Dania, Szwajcaria, Francja, Wielka Brytania	3,3	3,8	1,15
	1,8	1,9	1,06
	2,0	2,5	1,29
	2,0	2,7	1,32
	4,1	4,7	1,15
	2,6	3,2	1,23

koszty utrzymania/km X 1000 EUR	2011	2015	różnica
PRO RAIL	92	80	87%
Szwecja, Belgia, Dania, Szwajcaria, Francja, Wielka Brytania	51	56	110%
	37	44	119%
	54	74	137%
	37	48	130%
	41	49	120%
	29	37	128%

Tab.2: Koszty utrzymania infrastruktury

Źródło: International Benchmark 2011-2015 ProRail (ProRail, 2017)

Z powyższych tabel nie sposób wyprowadzić jakichkolwiek trendów dla poszczególnych systemów utrzymania. Być może wpływ na wyniki ma zbyt krótki okres badania (4 lata) i/lub wielkość nakładów inwestycyjnych w latach poprzedzających badanie.



Rys.2 BCG railway performance index (Duranton, et al., 2017).

W indexie BCG, system utrzymania infrastruktury kolejowej nie wpływa w żaden sposób na pozycję w rankingu. Wysoki poziom utrzymania i efektywności kolei możliwy jest do uzyskania w obu modelach. Dowodem na to jest pierwsza szóstka najlepszych kolei w Europie. Trzy z nich Szwajcaria, Niemcy i Austria, utrzymują infrastrukturę kolejową w modelu in-house. Finlandia i Szwecja korzystają z outsourcingu, natomiast Dania jest w trakcie jego implementacji.

Pokazuje to jak skomplikowany jest system funkcjonowania kolei, a jego obraz zależy od wielu czynników. O ile trudno określić wpływ systemu utrzymania na efektywność kolei, to pojawia się jeden pewnik, wzrost nakładów skutkujący zaawansowaniem technologicznym.

Zarządcy infrastruktury inwestują w technologie i to właśnie poziom digitalizacji

i inwestycji w technologie wydaje się tym, co może decydować o pozycji w rankingu BCG w przyszłości. Dobrym tego przykładem jest Dania, która jako pierwsza w Europie wdrożyła ETCS poziomu drugiego (RailwayGazette, 2018a). Cyfrowa kolej oznacza, że operator pociągu będzie znał jego miejsce, prędkość, ładunek i awarie. Pociągi będą jeździć częściej, szybciej, będą zużywać mniej energii ze względu na automatyzację i optymalizację parametrów przyspieszenia i hamowania składów.

Utrzymanie będzie oparte na Performance Based Maintenance (PBM). Oznacza to docelową redukcję kosztów zarówno operacji, jak i utrzymania infrastruktury. Jednocześnie umożliwia szybszą reakcję na pojawiające się wyzwania i sytuacje nadzwyczajne. Zasadniczym celem PBM jest efektywniejsze wykorzystanie istniejącej infrastruktury, skutkujące wyższą jakością świadczonych usług (Denniss, 2018). Skutkuje to optymalizacją działań utrzymaniowych i możliwością szerszego zastosowania prewencyjnego modelu utrzymania infrastruktury. Prewencja w tym wypadku oznacza reakcję na zbliżający się defekt, który jeszcze nie wystąpił, ale wkrótce z dużym prawdopodobieństwem może się zdarzyć. Prowadzi to do zmniejszenia ilości występujących awarii, a co za tym idzie obniża częstotliwość zaburzeń i przerw w wykonywaniu operacji przewozowych – zmniejsza koszty.

Przykładem preferowania tego rodzaju rozwiązań jest szwedzki zarządca infrastruktury Trafikverket (TRV), gdzie Condition Based Maintenance (CBM) jest rekomendowany przed utrzymaniem planowym (patrz także schemat str.12).

Wdrożenie utrzymania prewencyjnego ma także miejsce w Niemczech – m.in. w przypadku rozjazdów, gdzie system DIANA daje służbom utrzymaniowym wskazania możliwych awarii, pozwalając wdrożyć działania prewencyjne. Powinno to w przyszłości ograniczyć awarie związane z ruchem o 50%. Do końca 2017 roku ponad 15 000 rozjazdów wyposażono w ten system diagnostyczny (DB Netz AG, 2016).

Krytycznym, z punktu widzenia możliwości wprowadzenia systemu utrzymania Performance Based Maintenance jest implementacja i właściwe wykorzystanie systemu opomiarowania

infrastruktury. Oznacza to potrzebę wprowadzenia pełnej digitalizacji.

Dowodem na istnienie trendu przejścia do Performance Based Maintenance są preferencje europejskich firm kolejowych w zakresie implementowanych działań utrzymaniowych.

condition-based maintenance	71%
predictive maintenance	67%
modular maintenance	36%
interval-based (km, time) maintenance	27%
high degree of outsourcing maintenance	24%
consignment stock/warehouse operated by OEM or independent prov.	4%

Tab.3: Główne trendy w utrzymaniu na kolei.

Źródło: Rail Supply Digitisation, Roland Berger, styczeń 2017

Poniżej przedstawiono krótkie charakterystyki poszczególnych działań.

Condition Based Maintenance (CBM) jest rodzajem **predictive maintenance**, które wykorzystuje czujniki do pomiaru stanu aktywów w określonym czasie oraz podczas normalnych operacji. Zbierane dane mogą być wykorzystane do przewidywania trendów, awarii oraz kalkulacji cyklu życia aktywów. Z CBM utrzymanie jest dokonywane wyłącznie, kiedy dane pokazują jego konieczność – spada jakość danego urządzenia lub wzrasta prawdopodobieństwo awarii.

Predictive maintenance (PdM) jest to rodzaj utrzymania, które monitoruje działanie i stan aktywów podczas normalnych operacji aby zmniejszyć prawdopodobieństwo awarii. W przemyśle wykorzystywane od 1990 roku (Noria, 2019).

Modular maintenance jest rodzajem utrzymania, które pozwala na zastąpienie modułów (zebranych w całość wielu części urządzeń) w minimalnym czasie i przy minimalnych kosztach. Wymieniany moduł może być naprawiany i wykorzystywany ponownie.

Interval-based (km, time, tkm) maintenance jest systemem utrzymania opartym

o interwały wynikające z wykonania określonej pracy, upływu czasu itp.

High degree of outsourcing maintenance zakłada wysoki stopień zlecenia dla podmiotów zewnętrznych utrzymania lub jego części

Consignment stock/warehouse operated by OEM or independent prov zakłada utrzymywanie i dostarczanie części zapasowych do systemów przez producenta lub niezależnego dostawcę.

Digitalizacja

Jak pokazuje powyższe, o ile wskazanie optymalnego modelu utrzymania infrastruktury wydaje się niemożliwe, można wskazać kierunek, w którym obecnie zmierzają wszystkie wiodące firmy kolejowe w Unii Europejskiej. Są to działania zmierzające do podniesienia poziomu funkcjonowania w oparciu o innowacje technologiczne i idącą za tym poprawę jakości. Podniesienie poziomu efektywności infrastruktury kolejowej wymaga digitalizacji i pełnego opomiarowania zarówno stanu jak i procesów mających na niej miejsce. Każdy etap powinien być rozpatrywany w zakresie poprawy technologicznej i jakościowej. Według dostępnych informacji 92% przedsiębiorstw kolejowych planuje inwestować w digitalizację ich biznesu w ciągu następnych 3 lat (Roland Berger, 2017).

Digitalizacja infrastruktury kolejowej rozumiana jest w tym przypadku jako etapowy proces zmierzający do skokowej poprawy efektywności kolei poprzez zastosowanie technologii cyfrowych. Oznacza to w pierwszej kolejności dokonanie opomiarowania infrastruktury kolejowej (w tym majątku sieciowego), paszportyzację aktywów, implementację systemów umożliwiających zarządzanie w czasie rzeczywistym brygadami utrzymaniowymi znajdującymi się na torach, bez potrzeby kierowania ludzi i sprzętu do bazy. Nowoczesne technologie cyfrowe umożliwiają także rozszerzenie systemu szkoleń pracowników w oparciu o rzeczywistość wirtualną. Działania te oznaczają wykorzystanie technologii cyfrowych wspomagających bieżące zarządzanie utrzymaniem

infrastruktury kolejowej. Daje to możliwość przejścia od działań reaktywnych, naprawczych do predyktywnych, których celem jest eliminowanie występowania awarii i optymalne planowanie prac utrzymania ruchu na podstawie ciągłego badania stanu technicznego. Skutkiem będzie ograniczenie liczby awarii i prac naprawczych oraz optymalizacja procesów prac utrzymania ruchu, w oparciu o zbierane i analizowane w czasie rzeczywistym dane nt. rzeczywistego stanu infrastruktury. W następnym etapie digitalizacja oznaczać będzie scalenie i analizę informacji uzyskanej z różnych systemów, w jeden spójny system centralny umożliwiający podejmowanie decyzji w oparciu o pełną świadomość sytuacyjną stanu infrastruktury. Oznaczać to będzie w perspektywie najbliższych kilku lat przejście do w pełni zintegrowanego zarządzania procesem, a nie jedynie infrastrukturą, w oparciu o rzeczywistość rozszerzoną co zwiększy efektywność zarządzania całością, prowadząc do dalszej poprawy jakości świadczonych usług.

W chwili obecnej wszystkie koleje europejskie rozwijają technologie cyfrowe, wprowadzając digitalizację na szeroką skalę.

Przykładem mogą być **Niemcy** gdzie **Deutsche Bahn** wprowadza program DB 4.0

The Digitization Strategy of Deutsche Bahn zawierający Infrastructure 4.0 w tym:

- Click & ride, zamawianie tras poprzez aplikację "click & ride".
- Multicopter - DB Security – projekt wykorzystania dronów m.in. do kontroli bezpieczeństwa i stanu infrastruktury kolejowej w tym stanu budynków, naciągu sieci trakcyjnej etc. W ramach projektu wykorzystuje się obecnie 12 różnych rodzajów platform optymalizowanych do określonych zadań (Deutsche Bahn AG, 2019).
- RIM - Rail in Motion, program który ułatwia pracę pracowników poprzez jej wykonywanie z pomocą urządzeń mobilnych. Zastosowane w programie urządzenia zapewniają dostęp do niezbędnych w wykonywaniu obowiązków informacji i komunikacji, zmniejszając w istotny sposób obciążenie pracowników dokumentacją papierową, co skutkuje oszczęd-

nością czasu i kosztów. W projekcie wykorzystana jest spersonalizowana platforma table-towa (DB Systel GmbH, 2014) (Deutsche Bahn AG, 2015).

Austria OBB infrastruktur AG: program Rail-Tec 4.0 (Petraschek, 2018) w ramach programu RTI (Research Technology and Innovation) koncentruje się na digitalizacji systemu kolejowego. Operacje 4.0, utrzymanie 4.0, bezpieczeństwo systemów, zarządzanie danymi są przedmiotem badań w programie.

W ÖBB-Infrastruktur AG, jednostka biznesowa Track Management and Plant Development jest odpowiedzialna za R&D. Aktualnie wartość realizowanych projektów R&D przekracza 25 milionów EUR. W rezultacie badań wprowadzono systemy sensoryczne dla zbierania mierzalnych danych, które badają zachowanie infrastruktury i ludzi w określonym czasie. Opracowano algorytmy dla analizy danych, wzorce rozpoznania i przewidywania zachowań, zmian stanu infrastruktury oraz inteligentny system wsparcia procesu podejmowania decyzji jako bazę do przyszłego zarządzania aktywami typu „cross-asset” (ÖBB-Infrastruktur AG, 2018).

Francja:SNCF Réseau: Pociąg inspekcyjny TGV Iris 320 jest mobilnym laboratorium ze 150 czujnikami i 20 kamerami. Przemieszcza się z prędkością 320 km/h aby przeanalizować stan torów, systemów sygnalizacyjnych, linii trakcyjnych i komunikacyjnych. Pociąg automatycznie wykrywa problemy z infrastrukturą – torami czy rozjazdami.

Innym przykładem jest implementacja urządzeń mobilnych. Od marca 2015 roku 13 000 pracowników jest stopniowo wyposażanych w urządzenia do kontroli infrastruktury. Celem tych działań realizowanych przez odejście od dokumentacji papierowej na rzecz pełnej digitalizacji, jest poprawa świadomości pracowników kontrolujących, co do stanu infrastruktury w czasie rzeczywistym.

Lasery 3D. Laser skaner ułatwia monitorowanie stanu infrastruktury w miejscach trudnodostępnych jak tunele, bez wpływu na bieżący ruch kolejowy. Ponadto technologia laserowa jest stosowana w pomiarach sieci trakcyjnych.

Drony. W 2013 roku SNCF Reseau testowało drony do monitoringu wiaduktów oraz śledzenia stanu zboczy, wyróconych drzew itp. (SNCF Reseau, 2015).

Na poziomie **Unii Europejskiej** realizowany jest m.in. program **Shift2rail**. Wprowadzane w jego ramach technologie mają zapewnić poprawę procesów projektowych i konstrukcyjnych oraz usprawnić operacje i utrzymanie sieci kolejowej. Jednocześnie podnosić poziom bezpieczeństwa i niezawodności w całym okresie eksploatacji. Rozwiązania te powinny być osiągnięte przy akceptowalnym poziomie kosztów.

Projekt Shift2Rail ma na celu maksymalizację korzyści płynących z liberalizacji rynku kolejowego i jego interoperacyjności. Infrastruktura odpowiada za około 1/3 kosztów operacji kolejowych. Tylko w 2012 roku wydatki państw Unii na infrastrukturę kolejową zamknęły się kwotą między 29 a 34 mld EUR. Znaczna część tych kwot przeznaczana jest na działania utrzymaniowe – zarówno prewencyjne jak i korekcyjne. Przewidywane w prognozach wzrosty przewozów pasażerskich i towarowych oznaczają nieuchronny wzrost nakładów na infrastrukturę. Dlatego program **Shift2Rail** koncentruje się na technologiach, które mają umożliwić redukcję kosztów utrzymania i efektywności wdrożeń.

Inicjatywa rozwijana będzie wokół programów pilotażowych (**Technical Demonstrators – TD**) Należą do nich:

- **Enhanced Switch & Crossing System (TD 3.1)** – celem programu jest poprawa jakości działania istniejących systemów rozjazdów kolejowych, poprzez opracowanie i instalację podsystemów o wyraźnie poprawionych parametrach (m.in. dostępności, kosztów w cyklu życiowym, łatwości konserwacji, samoregulacji i monitorowania).
- **Next-Generation Switch & Crossing System (TD 3.2)** – projekt zakłada opracowanie roz-

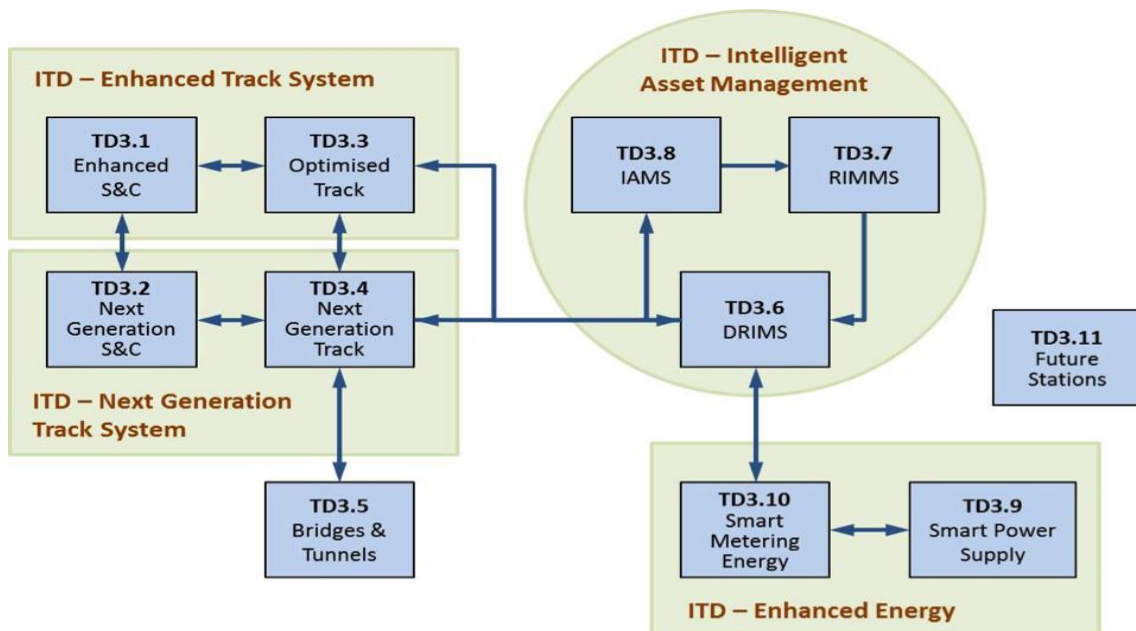
wiązań nowej generacji w zakresie wybranych elementów (rozjazdy) infrastruktury torowej, mające skokowo poprawić jej parametry użytkowe, przy obniżonym poziomie nakładów utrzymaniowych i kosztów w cyklu życiowym.

- **Optimized Track System (TD 3.3)** – celem projektu jest usprawnienie założeń projektowych, rozwoju produktów i procedur, mających zaowocować poprawą dostępności i przepustowości infrastruktury kolejowej przy obniżonych kosztach w cyklu życiowym, które będą możliwe do implementacji w istniejącej infrastrukturze.
- **Next Generation Track System (TD 3.4)** – założeniem projektu jest opracowanie całkowicie nowych rozwiązań przewidzianych do wprowadzenia w infrastrukturze torowej w perspektywie 40 lat.
- **Proactive Bridge and Tunnel Assessment (TD 3.5)** – cel programu to ulepszenie metod inspekcyjnych oraz technik remontowych, mających zaowocować wydłużeniem okresu eksploatacji mostów i tuneli, przy obniżonym poziomie kosztów. Jednym z priorytetów jest obniżenie poziomu wibracji i hałasu.
- **Dynamic Railway Information Management System (DRIMS) (TD 3.6)** – program pilotażowy, którego celem jest zdefiniowanie innowacyjnego systemu zarządzania, obróbki i analizy danych kolejowych. Projekt zakłada silne powiązanie z dwoma innymi programami pilotażowymi z zakresu zbierania danych i zarządzania procesami kolejowymi. Z założenia DRIMS ma służyć zbieraniu informacji z Railway Integrated Measuring and Monitoring System (RIMMS), ich dalszemu przetwarzaniu, umożliwiającemu wykorzystanie w systemie wyższego rzędu jakim ma być Intelligent Asset Management Strategies.
- **The 'Railway Integrated Measuring and Monitoring System (RIMMS) (TD 3.7)** - celem programu jest opracowanie innowacyjnych narzędzi i technik gromadzenia informacji na temat stanu infrastruktury kolejowej, z wykorzystaniem technologii nieinwazyjnych i w pełni zintegrowanych.
- **Intelligent Asset Management Strategies (IAMS) (TD 3.8)** – jest programem mającym na

celu stworzenie całościowego systemu zarządzania infrastrukturą w oparciu o dane zebrane i przetworzone przez systemy DRIMS i RIMMS.

- **Smart Power Supply (TD 3.9)** – program zakłada rozwój sieci trakcyjnej w całości zintegrowany i skomunikowany system.
- **Smart Metering for Railway Distributed Energy Resource Management System (TD 3.10)** – celem programu jest kompleksowe zmapowanie przepływów energii w całym systemie kolejowy, jako podstawy efektywnej strategii zarządzania energią.
- **Future Stations (TD 3.11)** – celem projektu jest poprawa jakości usług, zwiększenie przepustowości, poziomu bezpieczeństwa na stacjach kolejowych w połączeniu z obniżeniem kosztów w cyklu życia infrastruktury i zwiększenia poziomu dostępności.

Wszystkie programy pilotażowe, ze względu na wysoki poziom powiązania, rozwijane są w ramach zintegrowanych demonstratorów technologii (ITDs) ukazanych na poniższym schemacie (shift2rail.org, 2019).



Rys.3: Schemat zintegrowanych demonstratorów technologii (ITDs)

Źródło: Innovation Programme 3, url: <https://shift2rail.org/research-development/ip3>

Digitalizacja oznacza m.in.:

- Redukcja kosztów napraw i utrzymania poprzez skrócenie czasów napraw, poprawę dostępności i podniesienie jakości usług transportowych poprzez optymalizację częstotliwości kontroli.
- Brak ryzyka utraty danych poprzez archiwizowanie danych w całym cyklu życia aktywów, łatwa dostępność, w każdym czasie, która wspiera proces decyzyjny.
- Cyfrowy i automatyczny proces weryfikacji danych, który unika wad związanych z manualną kontrolą.
- Poprawa jakości wizualizacji i jakości dostępu do danych poprzez urządzenia mobilne.
- Możliwość integracji danych z różnymi systemami – np.: pantograf zbiera informacje o stanie infrastruktury OCL, lub odwrotnie jak w przypadku systemu SICAT PMS Siemens (Siemens AG, 2012).
- Możliwość prowadzenia szkoleń w świecie cyfrowym pozwala na szybszy trening pracowników.

Polska - Outsourcing czy in-house?

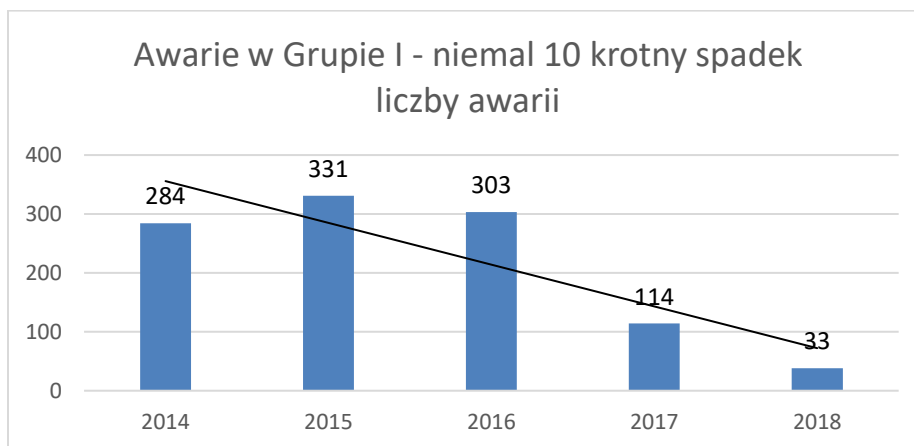
W Polsce model utrzymania infrastruktury jest hybrydą w porównaniu do rozwiązań europejskich i ma dwojaki charakter: in-house w zakresie infrastruktury torowej z outsourcingiem niektórych usług, np. szlifowania (PKP PLK S.A., 2008) oraz całkowity outsourcing w zakresie utrzymania sieci trakcyjnej. Proces outsourcingu utrzymania sieci trakcyjnej został przeprowadzony w Polsce, podobnie jak w Holandii czy Szwecji. Był to długi proces oparty o prawie 15-letnią współpracę pomiędzy zlecającym i zleceniobiorcą. Etapem finalnym była przeprowadzona w 2015 roku prywatyzacja, która zaowocowała przyspieszeniem modernizacji technologicznej. W okresie

ostatnich trzech lat zaobserwowano skokową poprawę jakości utrzymania sieci trakcyjnej. Podobny proces miał miejsce w Holandii po zmianie firmy utrzymującej infrastrukturę, co miało bezpośredni związek, z zaawansowaniem technologicznym nowego usługodawcy (Asset Rail). W odróżnieniu od Holandii czy Szwecji, utrzymaniem sieci trakcyjnej zajmuje się jeden (nie kilka) podmiot prywatny.

Dodatkowo – wielkość firmy, która zajmuje się utrzymaniem sieci trakcyjnej jest zbliżona do wielkości firm utrzymujących infrastrukturę w Holandii czy Szwecji. PKP Energetyka S.A. zatrudnia 2500 specjalistów do świadczenia usługi utrzymaniowej, co jest wielkością porównywalną do wiodących firm europejskich. Wyraźna różnica polega jedynie na długości kontraktu – w Polsce 4 lata – na innych rynkach 5 do 7 lat.

W skutek rozpoczęcia wdrażania przez PKP Energetyka S.A. projektu digitalizacji w okresie po 2015 roku, liczba awarii związanych z utrzymaniem sieci trakcyjnej spadła blisko dziesięciokrotnie – do poziomu 33 zdarzeń rocznie. Opóźnienia pociągów z tym związane zmniejszyły się o 20 tyś. minut rocznie (2017/2016).

Wskazany wyżej, obserwowany w ostatnich latach trend w poprawie efektywności ilustruje poniższy wykres.



Wykres 1: Utrzymanie sieci trakcyjnej. Awarie w grupie I.

Źródło: Statystyki awaryjności PKP Energetyka S.A.

Sytuacja ta jest wynikiem wdrożenia przez nowego właściciela w PKP Energetyka programu głębokiej digitalizacji infrastruktury i realizowanych procesów oraz zmian w zarządzaniu (m.in. implementacją mobilnego systemu zarządzania personelem technicznym oraz systemu utrzymania taboru). Do najważniejszych zrealizowanych w ostatnich latach projektów należą.:

- Mobilny System „Planer” umożliwiający sprawne zarządzanie personelem pracującym w terenie m.in. poprzez precyzyjne lokalizowanie niemal 3 000 pracowników.
- E-Tabor – system zarządzania utrzymaniem pojazdów kolejowych.
- Sytuacja24 : system dyspozytorski.
- Portal PKP EN24: reklamacje online i zgłaszanie usterek z dokumentacją zdjęciową.
- Integracja terytorialna (jak w modelu in-house), dopasowanie geograficzne do zasobów.

Obecnie realizowane jest wdrażanie kilku kluczowych projektów modernizacyjnych.:

- SCADA – zintegrowany, ogólnopolski system zarządzania zasileniem sieci trakcyjnej.
- Predyktywny System Zarządzania Majątkiem Sieciowym.
- Poligon szkoleniowy dla elektromonterów.
- Innowacyjne metody diagnostyki sieci trakcyjnej.

Działania te służą poprawie efektywności zarządzania, poprzez digitalizację oraz ciągłą poprawę kwalifikacji specjalistów zatrudnionych w spółce. Projekty te mają istotne znaczenie dla poprawy jakości świadczonych usług i efektywności działań utrzymaniowych sieci trakcyjnej.

Przyjęte rozwiązania zostały efektywnie przetestowane w czasie Orkanu Ksawery, który uderzył w Polskę w dniach 5-6 października 2017 roku. Na znacznych obszarach kraju porywy wiatru przekraczały 100 – 110 km powodując rozległe zniszczenia. W przypadku kolei skutkowało to

zatrzymaniem 102 pociągów, zerwaniami sieci trakcyjnej i znaczącymi utrudnieniami na trasach kolejowych szczególnie na Dolnym Śląsku i w Wielkopolsce oraz w ruchu międzynarodowym z Niemcami (Kutek, et al., 2018). W sprawnym usuwaniu skutków Orkanu Ksawery, wykorzystano m.in. mobilny system zarządzania personelem „Planer”, który przyczynił się do skrócenia czasu usuwania awarii. Zintegrowany system zarządzania, umożliwił sprawną relokację zasobów niezbędnych do minimalizacji strat. W dniach 5-6 października odnotowano 71 interwencji związanych z orkanem, które wymagały między innymi przemieszczenia z innych regionów kraju 7 pociągów sieciowych².

Przyjęty w Polsce model utrzymania infrastruktury łączy w sobie nowoczesność, mierzalność i poprawę jakości związaną z outsourcingiem wraz z zachowaniem spójności utrzymania infrastruktury sieci trakcyjnych w ramach całej Polski. Jedyna zauważalna różnica to brak konkurencyjności w ramach outsourcingu.

Główne firmy zajmujące się utrzymaniem infrastruktury kolejowej – PKP PLK i PKP Energetyka S.A., są pod względem wielkości w pełni porównywalne z analogicznymi firmami w krajach Zachodniej Europy, działającymi zarówno w systemie in-house, jak i w outsourcingu. W PKP PLK 10008 pracowników zajmuje się utrzymaniem, w PKP Energetyka S.A. w utrzymanie sieci trakcyjnej zaangażowanych jest 2500 pracowników. Co za tym idzie, mają odpowiedni potencjał do implementacji dużych, zaawansowanych technologicznie projektów utrzymania infrastruktury. Powyższy przykład wskazuje, że w zakresie wybranych elementów utrzymania infrastruktury kolejowej, Polska wpisuje się w najlepszy trend europejski.

² Na podstawie materiałów PKP Energetyka S.A.

Podsumowując, analiza rozwiązań implementowanych w wybranych krajach europejskich **wskazuje na brak bezpośredniego związku między sposobem zarządzania infrastrukturą kolejową a jakością i bezpieczeństwem świadczonych usług**. Generalnie wyróżnić można (z pewnymi wyjątkami) dwa rozwiązania systemowe **in – house i outsourcing**. Spośród analizowanych przypadków rozwiązanie in - house jest stosowane m.in. w Austrii i Szwajcarii. Model drugi jest od lat stosowany w m.in. w Szwecji i Holandii. Inwestycja w każdy z tych systemów jest kosztowna i czasochłonna, a podejmowane działania mają charakter działań długoterminowych – rozłożonych na dekady. Sam proces przekształcenia wymaga długiego okresu przejściowego. Przytoczony w tekście przypadek Wielkiej Brytanii, wskazuje na ryzyko podejmowania źle przygotowanych decyzji. W żadnym z krajów, które zdecydował się na outsourcing nie rozważa się obecnie powrotu do modelu in-house.

Zarządcy infrastruktury kolejowej, po decyzji o wyborze systemu, skupiają się obecnie na poprawie efektywności przy współpracy głównie z aktualnymi dostawcami. Zakładany początkowo (w modelu outsourcingu) element dużej konkurencyjności przy podaży usług utrzymania infrastruktury kolejowej (taki jak występuje np. w przemyśle budowlanym) nie znajduje potwierdzenia w faktach. W przypadku Holandii w ciągu kilkunastu lat doszedł jeden dostawca (do trzech wywodzących się z dawnej kolei narodowej). W Szwecji zwiększyła się liczba dostawców poprzez wejście dużych firm zagranicznych z Holandii. W Finlandii (przypadek nie przytaczany w tekście), dostawcami usług są firmy wydzielone z kolei narodowych oraz jedna firma norweska. **We wszystkich analizowanych przypadkach realizowane są obecnie projekty zmierzające do digitalizacji aktywów oraz procesów zarządzania infrastrukturą kolejową.** Oznacza to wprowadzanie nowych technologii takich jak np. paszportyzacja, big data collection, wykorzystanie dronów na liniach kolejowych w monitoringu stanu infrastruktury etc.

W każdym badanym kraju utrzymaniem infrastruktury kolejowej zajmują się **firmy dysponujące odpowiednim potencjałem**, często należące do światowych koncernów. Są to zarówno krajowi zarządcy infrastruktury (w modelu in-house) jak również firmy takie jak Strukton, Voelker Rail, Arcadis, Bahnbau AG w Niemczech czy WS Serwis w Austrii. Każda z tych firm dysponuje

wyspecjalizowanym wyposażeniem i dostępem do najnowszych technologii zarządzania. Krytycznym zasobem jest także wyspecjalizowana kadra posiadająca wiedzę i doświadczenie - w przypadku wskazywanych w poszczególnych krajach podmiotów, to tysiące często bardzo wysoko wykwalifikowanych pracowników. W kontekście realizowanych obecnie długookresowych projektów „digitalizacji” zmierzających do podniesienia jakości usług i poprawy bezpieczeństwa, **problem zasobów i dostępu do odpowiedniej liczby specjalistów wydaje się krytyczny.**

Zmiany klimatyczne a wzrost ryzyk dla infrastruktury kolejowej w związku ze wzrostem ilości zjawisk ekstremalnych

Zmiany klimatyczne – wymiar globalny

Problem zmian klimatycznych należy do najistotniejszych wyzwań globalnych. W chwili obecnej nie ma już żadnych wątpliwości co do faktu ocieplania się klimatu i konsekwencji z tym związanych. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w ponad 97% publikacji naukowych ogłaszanych w tym zakresie (Popkiewicz, 2013). W ostatnich latach obserwujemy także wzmożony dialog polityczny, którego celem jest ograniczenie poziomu zmian jakie prognozuje się w związku ze wzrostem ilości CO₂ w atmosferze, a co za tym idzie podniesieniem temperatury.

Podstawą wszelkich negocjacji klimatycznych jest tzw. Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu z 1992 roku (Organizacja Narodów Zjednoczonych, 1992). Na poziomie globalnym emanacją wysiłków wspólnoty międzynarodowej jest dialog polityczny prowadzony w ramach corocznych konferencji klimatycznych. W roku 2019 roku konferencja klimatyczna (COP24) odbyła się w Katowicach, a jej głównym celem było wypracowanie reguł realizacji Porozumienia Paryskiego osiągniętego na konferencji klimatycznej w Paryżu w 2015 roku (COP21, 2015).

Wiodącymi dokumentami, stanowiącymi naukowy punkt odniesienia w dialogu politycznym są raporty przygotowywane przez Międzynarodową Grupę Ekspertów ds. Zmian Klimatu (ang. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) – tzw. Assessment Reports. Stanowią one zazwyczaj syntezę obecnego stanu wiedzy nt. zmian klimatycznych i są przygotowywane w sposób periodyczny. Zgodnie ze scenariuszami prezentowanymi w Assessment Reports⁵ z 2014 roku, większość symulacji przyjmuje, w zależności od m.in. poziomu emisji, że do końca bieżącego stulecia temperatura globalna wzrośnie w przedziale między od 1,5 a 4,8°C (z wysokim poziomem prawdopodobieństwa) (Pachauri, et al., 2014). Do chwili obecnej temperatura wzrosła o około

1°C (0,8-1,2°C), a prognozowane anomalie będą wraz ze wzrostem temperatury ulegać dalszemu pogłębieniu (IPCC, 2018).

Także w Polsce obserwuje się zmiany klimatyczne. W oparciu o dane historyczne, dostępne źródła wskazują, że okres 1981 – 2010 był najcieplejszym w historii instrumentalnych pomiarów prowadzonych w naszym kraju. Dane wskazują na istotny wzrost, po 1981 roku, ilości dni z temperaturami ekstremalnymi. Nie odnotowano istotnej różnicy w sumie opadów atmosferycznych. Pogłębiać się będzie jednak proces zmiany ich struktury, ze zwiększeniem ilości opadów intensywnych oraz wydłużania okresów suchych, szczególnie we wschodniej i południowo-wschodniej Polsce (Klimada , 2013). Odnotowano wzrost liczby dni z opadami od dużym natężeniu (opad dobowy powyżej 50 mm). Obserwacje meteorologiczne wskazują na wzrost długości okresów bezopadowych (we wschodniej Polsce), skutkującymi zwiększaniem się ilości susz. W XX wieku susze odnotowano 24 razy, a w pierwszej dekadzie XXI wieku (2001-2011) już dziewięciokrotnie (Ministerstwo Środowiska, 2013).

Wpływ zmian klimatycznych i wzrostu ilości zjawisk ekstremalnych na infrastrukturę kolejową

Wskazany powyżej, obserwowany obecnie i przewidywany proces zmian klimatycznych, ze względu na wzrost ilości energii w atmosferze, prowadzi do zwiększenia częstotliwości zjawisk ekstremalnych. Część z nich może mieć istotny wpływ na funkcjonowanie kolei, a w szczególności wybranych elementów infrastruktury kolejowej. Wystąpienie określonych zjawisk pogodowych może doprowadzić do utrudnień w funkcjonowaniu elementów infrastruktury kolejowej. W wypadku wystąpienia zjawisk ekstremalnych, uniemożliwić nawet jej funkcjonowanie, powodując istotne zaburzenia w ruchu kolejowym i obniżenie poziomu bezpieczeństwa. Może to powodować także poważne straty finansowe, czego przykładem są powodzie mające miejsce w 2001 i 2010 roku. W skali całej gospodarki spowodowały one straty obliczane na odpowiednio 0,5 i 0,9% PKB (Ministerstwo Środowiska, 2013, p. 14).

Problem ten znalazł swoje odzwierciedlenie m.in. w **„Strategicznym planie adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 - z perspektywą do roku 2030”**, przygotowanym przez Ministerstwo Środowiska w październiku 2013 roku. Zgodnie z tym dokumentem: *„Transport kolejowy jest [...] wrażliwy, szczególnie na incydentalne zjawiska klimatyczne. Silne wiatry i huragany oraz ulewne deszcze, które powodują podtopienia i osuwiska, których częstotliwość występowania będzie się nasilać mogą uszkadzać elementy infrastruktury kolejowej. Wraz z postępującym procesem ocieplania wzrosnąć mogą przypadki deformacji torów oraz pożarów zaplecza kolejowego, a jednocześnie pogorszą się warunki pracy oraz komfort podróżowania”* (Ministerstwo Środowiska, 2013, p. 30). Podobnie, w przygotowywanym obecnie przez Ministerstwo Środowiska projekcie **„Polityki ekologicznej państwa 2030”** wskazuje się na wzrost ryzyka. *„W najbliższych latach skutki zmian klimatu w Polsce mogą stać się coraz bardziej odczuwalne. Najważniejsze prognozowane oddziaływanie dla obszaru Europy Środkowo-Wschodniej obejmuje: częstsze ekstrema temperatury, większą intensywność opadów mogącą powodować powodzie o każdej porze roku, wzrost częstotliwości i intensywności huraganów, a także częstsze występowanie susz...”* i dalej *„...Coraz częściej będzie można zaobserwować silne wiatry, a nawet towarzyszące im incydentalne trąby powietrzne i wyładowania atmosferyczne, które mogą znacząco wpłynąć m.in. na rolnictwo, budownictwo oraz infrastrukturę energetyczną i transportową”* (Ministerstwo Środowiska, 2019, pp. 34,36)

Warto zwrócić uwagę na fakt, że oba cytowane powyżej dokumenty, prezentują dość konserwatywne stanowisko w kwestii skali możliwych zmian klimatycznych. Badania naukowe z ostatnich lat wskazują na większą dynamikę i zakres zmian ekstremalnych jakie mogą występować zarówno w skali globalnej jak i Europie (Komitet Geofizyki PAN, 2018). O ile w przypadku *„Strategicznego planu adaptacji...”* z 2013 roku stanowisko takie wydaje się w pełni uzasadnione, o tyle oparcie projektu *„Polityki ekologicznej państwa 2030”* na literaturze i modelach klimatycznych sprzed dekady należy uznać za istotną słabość prognostyczną.

W odniesieniu do infrastruktury kolejowej katalog zagrożeń jest znany i dobrze opisany

w literaturze naukowej jak i dokumentach rządowych. Do najistotniejszych ekstremalnych czynników klimatycznych, których występowanie może skutkować poważnymi zakłóceniami i całkowitym uniemożliwieniem funkcjonowania infrastruktury kolejowej należą:

1. Bardzo silne wiatry, huragany i trąby powietrzne, skutkujące m.in. uszkodzeniami sieci trakcyjnych i linii energetycznych oraz tarasowaniem dróg kolejowych przez zwalone drzewa i elementy infrastruktury. Czynniki te prowadzą do poważnych zakłóceń w ruchu kolejowym, a także całkowitego uniemożliwienia funkcjonowania taboru i infrastruktury kolejowej.
2. Bardzo silne i nietypowe opady śniegu, skutkujące m.in. powstawaniem zasp śnieżnych, oblodzeniami sieci trakcyjnych i energetycznych, zaśnieżeniem torowisk.
3. Bardzo duże opady deszczu, deszcze nawalne, powodzie, podtopienia, skutkujące ryzykiem wystąpienia osuwisk ziemnych, podtopień i miejscowych zalań dróg kolejowych czy też uszkodzeniami elementów infrastruktury kolejowej
4. Burze i wyładowania atmosferyczne, których skutkiem mogą być uszkodzenia i zakłócenia pracy urządzeń sterowania ruchem kolejowym, zakłócenia pracy urządzeń elektrycznych i łączności, uszkodzenia sieci trakcyjnej.
5. Długotrwałe upały i ryzyko występowania skrajnie wysokich temperatur skutkujących deformacjami torów kolejowych i ryzykiem wystąpienia pożarów prowadzących do uszkodzeń infrastruktury kolejowej.
6. Silne mrozy powodujące m.in. pękanie szyn, zamarzanie rozjazdów, oblodzenia przewodów jezdnych, wysadziny (Rymsza , 2010).

Należy zwrócić uwagę na fakt występowania wszystkich wskazanych wyżej ekstremalnych zjawisk pogodowych w przeszłości. Stanowią one nieodłączne elementy klimatu zarówno Polski jak i Europy. Analiza aktualnych źródeł, danych firm ubezpieczeniowych i literatury naukowej wskazuje jednak na wzrost ryzyka występowania zjawisk ekstremalnych, zarówno w kategoriach ilościowych jak i siły ich oddziaływania. Diagnoza ta wynika zarówno z aktualnej wiedzy naukowej, ulepszania modeli klimatycznych (szczególnie globalnych), jak i analizy danych meteorologicznych

zgrupowanych w ostatnich trzydziestu latach. Co istotne proces wzrostu ryzyka wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych, odnosi się do całego, wskazanego powyżej katalogu czynników stanowiących zagrożenie dla infrastruktury kolejowej i jej bezpiecznej eksploatacji.

Poniżej przedstawiono przykłady wystąpienia najbardziej znanych przypadków ekstremalnych zdarzeń pogodowych, wpływających na funkcjonowanie i bezpieczeństwo infrastruktury kolejowej.

Zgodnie z danymi Europejskiej Agencji Środowiska, pomimo poważnego zróżnicowania w częstotliwości i obszarze oddziaływania huraganów w Europie, ostatnie badania dają podstawy do ustalenia istotnych z punktu widzenia potencjalnych zagrożeń trendów. Pomimo ciągle zróżnicowanych wyników huraganowych modeli pogodowych, najnowsze analizy dotyczące tras przebiegu jesienno – zimowych huraganów w Europie wskazują na przesuwanie się tych zjawisk ekstremalnych w kierunku wschodnim. Widoczny jest postępujący wzrost ryzyka występowania sztormów (orkanów) na obszarze Północnego Atlantyku, Północnej, Północno – Zachodniej i Centralnej Europy. Obserwowane zmiany obejmują swym zasięgiem wschodnie Niemcy, Polskę, część Morza Bałtyckiego, a nawet południową i środkową Skandynawię. Prognozowany wzrost ryzyka występowania orkanów w ich najsilniejszej formie, wskazuje także na wyraźne niebezpieczeństwo wzrostu strat ekonomicznych wywołanych ich oddziaływaniem w Europie – w przypadku Niemiec nawet o 25% (European Environment Agency, 2017).

W XXI wieku przykładami wystąpienia huraganów/orkanów były np. huragan Xynthia, który między 26 lutego a 7 marca 2010 roku uderzył w Europę. Huragan objął swoim zasięgiem obszar od Portugalii po południową Skandynawię (w tym Niemcy i Polskę). Największe zniszczenia wywołał we Francji, gdzie prędkość wiatru dochodziła do około 240 km/h. Wskutek huraganowego wiatru, intensywnych opadów oraz podtopień linii kolejowych, poważnemu zakłóceniu uległ ruch kolejowy na obszarze północnej Hiszpanii i zachodniej Francji (BBC News, 2010). Straty, materialne spowodowane sztormem wyniosły między 1,5 a 3 mld Euro (Claims Journal, 2010). Innym przy-

kładem orkanu, który spowodował paraliż sieci kolejowej był Ksawery, który w dniach 4 - 10 grudnia 2013 roku uderzył w Europę Północną (także Polskę). Ze względu na zniszczenia spowodowane huraganem (m.in. opady śniegu), zakłóceniu uległy ruch kolejowy w Szkocji, Anglii, Dani, południowej Szwecji i północnych Niemczech. Ewakuowano m.in. dworzec kolejowy w Glasgow i zawieszono tymczasowo ruch kolejowy na obszarze całej Szkocji (STV News, 2013). Na skutek poważnych uszkodzeń infrastruktury zawieszono czasowo ruch kolejowy w szwedzkiej Skanii. Poważne zakłócenia odnotowano w Danii i północnych Niemczech. W Polsce bez prądu pozostawało 400 tyś gospodarstw domowych (BBC News, 2013). W ostatnich latach najbardziej spektakularnymi przykładami orkanów, które uderzyły w Polskę były Ksawery (4-6 października 2017 roku) (Orłowski, 2017), oraz Frederika (17-22 stycznia 2018 roku) (Gazeta.pl, 2018).

Obok huraganów jesienno – zimowych, istotnymi ryzykami dla infrastruktury kolejowej są fronty burzowe, połączone często z silnym wiatrem i opadami nawalnymi w tym gradu. Według dostępnych danych burze stanowią największy odsetek zdarzeń dotyczących infrastruktury kolejowej wynikających z czynników klimatycznych. W ostatnich latach jednym z najbardziej znanych zdarzeń burzowych na terenie Polski była burza wielokomórkowa tzw. bow echo o długości około 300 km, która w dniach 11-12 sierpnia 2017 roku przeszła od Dolnego Śląska po Bory Tucholskie. Burza spowodowała całkowite straty na poziomie 2,7 mld złotych (Gałązka, 2017) i istotne zaburzenia w funkcjonowaniu infrastruktury kolejowej (Kutek, et al., 2018).

Pomimo wyraźnej tendencji do skracania okresu mrozów w Europie, możliwość wystąpienia ekstremalnych opadów śniegu oraz obniżenia temperatur poniżej średniej wieloletniej nie może zostać wykluczona. Ocieplanie się okolic okołobiegunowych skutkować może zaburzeniami Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO), która ma istotny wpływ na kształtowanie pogody w Europie Północnej. W ostatnich kilkunastu latach przykładem tzw. ujemnej fazy NAO była zima 2009/2010 roku, która była zdecydowanie chłodniejsza od

średniej wieloletniej z dużą ilością opadów (Sierpińska, 2018). Badania naukowe, dotyczące wpływu ciężkiej zimy 2009/2010 na transportowe firmy kolejowe wykazały, że w przypadku Polski, największym zagrożeniem dla sprawnego funkcjonowania kolei, okazały się temperatury w przedziale $-1/+1\text{C}$, w połączeniu z wysoką wilgotnością, powodujące problemy techniczne, a nie bardzo silne mrozy (Ludvigsen & Klæboe, 2014).

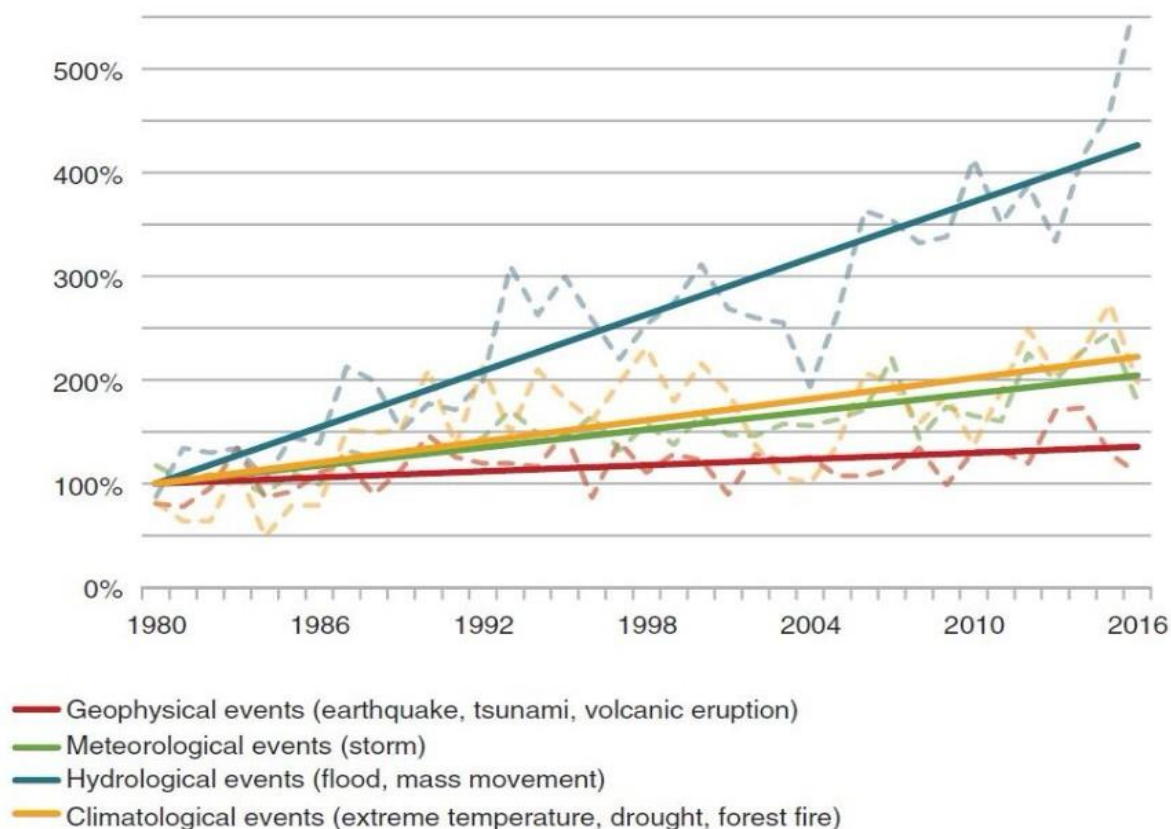
Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej wskazują, że na terenie Polski od końca lat 90-tych XX wieku obserwuje się także istotny wzrost występowania trąb powietrznych, które pomimo punktowego występowania, mogą powodować poważne straty w infrastrukturze. Zjawiska te obserwowane są w okresie letnim – głównie sierpniu. O ile dwadzieścia lat temu ilość tych zjawisk w skali roku nie przekraczała 5, o tyle pod koniec poprzedniej dekady ilość trąb powietrznych obserwowanych w skali roku sięgnęła od 7 do nawet 20 (w 2010). Przy porywach wiatru sięgających 120 m/s trąby powietrzne stanowią poważne zagrożenie dla infrastruktury, mogą powodować ogromne zniszczenia w skali lokalnej (Klimada, 2013a). W latach 1998 – 2013 odnotowano w naszym kraju 102 przypadki tornad z których około 9% stanowiły tornada o sile F3 w skali Fujity (prędkość wiatru 254-332 km/h) (Wieczorek & Podstawczyńska, 2018).

Ogólny, oczekiwany wzrost temperatury na naszym kontynencie, skutkować będzie zwiększeniem częstotliwości występowania długotrwałych okresów ekstremalnych upałów, podobnych do słynnej fali z roku 2003, która w Europie spowodowała zgon dziesiątek tysięcy osób. Przy prognozowanym wzroście średniej temperatury w granicach 2C , ekstremalne upały mogą stać się normą okresu letniego na obszarze całej Europy. W 2018 roku fala upałów, która dotknęła Europę Zachodnią i Skandynawię, przyniosła także poważne zaburzenia w funkcjonowaniu infrastruktury kolejowej. Odształcenia torów w Szwecji zaowocowały czasowym zamykaniem linii kolejowych dla ruchu – dotyczyło to także ruchu pasażerskiego, co nie zdarzało się w przeszłości. Ilość zaobserwowanych przypadków uszkodzenia torów okazała się rekordowa (thelocal.se, 2018). W sierpniu 2018 roku temperatury torowisk w Szkocji przekroczyły 50C powodując odształcanie torów i problemy z sygnalizacją (Railway News, 2018).

Globalne dane wskazują jednoznacznie na tendencje wzrostową w zakresie występowania zjawisk ekstremalnych. Opublikowany w marcu 2018 roku przez The European Academies Science Advisory Council – EASAC – skupiającej przedstawicieli 27 Europejskich Akademii Nauk – raport dotyczący dynamiki zjawisk ekstremalnych nie pozostawia wątpliwości. Najnowsza aktualizacja raportu z 2013 roku wskazuje na istotny wzrost ilości zjawisk ekstremalnych w najistotniejszych kategoriach od 1980 roku. Zgodnie z treścią opracowania, ilość zdarzeń związanych z opadami – powodzie, osunięcia gruntu - wzrosła w porównaniu z rokiem 1980 o ponad 300%. Najwyższy wzrost w tym zakresie notuje się po 2004 roku. Fale ekstremalnych temperatur, susze i pożary lasów podwoiły swoją liczbę w porównaniu z 1980 rokiem. Podobnie sytuacja kształtuje się w przypadku burz. Wzrost ilości burz spowodował także podwojenie strat związanych z usuwaniem zniszczeń. W dokumencie wskazano również na obserwowane osłabienie Gólsztromu, które może skutkować dalszą destabilizacją pogody na półkuli północnej – w Europie (EASAC, 2018).

Zjawiska te, znajdują swoje potwierdzenie w raportach firm ubezpieczeniowych zajmujących się reasekuracją infrastruktury i przemysłu. Z danych MunichRE wynika, że rok 2017 był w skali globalnej rekordowy jeżeli chodzi o wielkość strat spowodowanych przez ekstremalne zjawiska pogodowe (Munich RE, 2017).

Problem ten został już zauważony w krajach UE oraz Stanach Zjednoczonych. Świadczą o tym dostępne analizy oraz działania przystosowawcze implementowane przez właścicieli i operatorów infrastruktury kolejowej, prowadzone często we współpracy z ośrodkami naukowymi. Dobrym przykładem są badania prowadzone przez UIC (International Union of Railways) i University of Birmingham, skupiające się m.in. na analizie ryzyk oraz niezbędnych działań dostosowawczych, których celem jest minimalizacja skutków zdarzeń ekstremalnych (Quinn, et al., 2017).



Wykres 2: Dynamika zmian wydarzeń ekstremalnych w skali globalnej w latach 1980 -2016.

Według MunichRE NatCatSERVICE. Podane za EASAC.

Źródło: https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Extreme_Weather/EASAC_Statement_Extreme_Weather_Events_March_2018_FINAL.pdf

W przypadku zmian klimatycznych i ich prognozowania, należy mieć świadomość ograniczeń wynikających z metodologii i stosowanych w klimatologii narzędzi badawczych. W odróżnieniu od prognoz meteorologicznych, badania dotyczące zmian klimatycznych mają charakter analizy trendów i nie mogą być podstawą do prognozowania pojedynczych zdarzeń pogodowych. W związku z powyższym nie mogą być traktowane w kategoriach prognozy meteorologicznej.

Pomimo tych zastrzeżeń, przedstawione powyżej prognozy (jak i analizy historycznych trendów) nie pozostawiają żadnych wątpliwości co do realnego kierunku zmian. Zarówno w skali

globalnej jak i regionalnej (Europa/Polska), jesteśmy świadkami bardzo szybkiego ocieplania klimatu, mającego antropogeniczne źródła (przynajmniej w stopniu znaczącym). Społeczność naukowa oraz uznane instytucje krajowe i międzynarodowe nie mają już co do tego żadnych wątpliwości (Komitet Geofizyki PAN, 2018).

Podsumowując, stwierdzić należy, że prognozowane trendy, jak i przytoczone przypadki zjawisk ekstremalnych wskazują jednoznacznie na wysokie ryzyko wzrostu presji klimatycznej na infrastrukturę kolejową w Europie i Polsce (w tym sieci trakcyjne i elektroenergetykę), wynikającej ze wzrostu ilości i siły zdarzeń.

Infrastruktura ta, ze względu na specyfikę (długi okres użytkowania, ograniczone możliwości szybkiej modernizacji i przebudowy oraz wysoki stopień zaawansowania technicznego) jest szczególnie podatna na wspomnianą presję i wymaga odpowiednio zaplanowanych działań przystosowawczych oraz gotowości do szybkiej reakcji na pojawiające się zagrożenia. Oznacza to potrzebę uwzględnienia czynników ekstremalnych zdarzeń klimatycznych w procesach modernizacji i utrzymania infrastruktury kolejowej, dla zachowania najwyższych standardów jakości i bezpieczeństwa.

Wnioski

W oparciu o zgromadzony materiał i przeprowadzoną analizę można sformułować następujące wnioski:

1. W Europie nie występuje idealny model utrzymania infrastruktury kolejowej. Zarówno model in-house jak i outsourcing, dają możliwość osiągnięcia w poszczególnych krajach wysokiego poziomu efektywności działania kolei.
2. To co stanowi obecnie warunek sine qua non osiągnięcia wysokiego poziomu usług i bezpieczeństwa, to digitalizacja infrastruktury i realizowanych procesów. Nowoczesne technologie dają możliwość zwiększenia szybkości i elastyczność reakcji na nieprzewidziane zdarzenia, ułatwiają planowanie działań utrzymaniowych i docelowo obniżają koszty jak w przypadku kontraktów Asset Rail w Holandii, gdzie ilość awarii technicznych spadła o 64%, a koszty utrzymania o 40% dzięki metodologii FMECA (Smale, 2018). W przypadku Polski digitalizacja utrzymania sieci trakcyjnej przyniosła niemal dziesięciokrotny spadek liczby awarii w grupie I. Należy mieć świadomość, że digitalizacja kolei jest procesem wieloletnim wymagającym stabilnego planowania.
3. Ze względu na skalę projektów digitalizacyjnych i poziom ich komplikacji, działania takie, co pokazują analizowane przykłady europejskie, mogą być realizowane z sukcesem jedynie przez duże firmy mające odpowiedni potencjał. Przez potencjał ten należy rozumieć odpowiednią ilość wysoko wykwalifikowanej kadry technicznej, nowoczesny tabor utrzymaniowy i zdolność do rozwoju, absorpcji i wdrożenia nowoczesnych technologii.
4. Ekstremalne zjawiska pogodowe, spowodowane obserwowanymi zmianami klimatu, będą stanowiły w najbliższej przyszłości rosnące zagrożenie dla bezpieczeństwa i sprawnego funkcjonowania infrastruktury kolejowej. Presja ta wymaga odpowiednich działań przystosowawczych oraz reakcji na pojawiające się zagrożenia. W tym kontekście działania modernizacyjne, zmierzające do pełnej digitalizacji infrastruktury stanowią jedną z pożądanych odpowiedzi na wyzwanie – umożliwiając

szybką reakcją na pojawiające się zdarzenia.

5. Presja pogodowa, podobnie jak w przypadku modernizacji technologicznej, premiuje i będzie premiowała duże podmioty utrzymaniowe, które dysponują odpowiednim potencjałem umożliwiającym sprawne usunięcie awarii zakłócających bądź uniemożliwiających funkcjonowanie infrastruktury kolejowej. Jest to szczególnie widoczne w przypadku silnych zagrożeń obszarowych, takich jak orkany czy burze, generujących dużą ilość zniszczeń i uszkodzeń infrastruktury na znacznych obszarach (nawet całych państw). Przykłady orkanów, które spowodowały wyłączenia infrastruktury kolejowej na przestrzeni setek kilometrów są Xyntia z 2010 roku (Hiszpania i Francja), czy też orkan Ksawery z 2013 roku (całkowite zawieszenie ruchu kolejowego w szwedzkiej Skanii)³. W przypadkach zjawisk ekstremalnych o takiej skali, jedynie podmioty dysponujące odpowiednim poziomem specjalistycznego taboru oraz wyspecjalizowaną kadrą, w oparciu o zaawansowane rozwiązania technologiczne, są w stanie reagować elastycznie na zaistniałe zagrożenia – usuwając skutki w możliwie krótkim czasie. Oznacza to maksymalne skrócenie zakłóceń funkcjonowania infrastruktury kolejowej, a co za tym idzie wymierne oszczędności zarówno dla kolei jak i gospodarki.
6. Polska z hybrydowym modelem utrzymania infrastruktury kolejowej posiada dwa duże przedsiębiorstwa w tym segmencie, które razem są w stanie odpowiedzieć na największe zagrożenia jak i wyzwania związane z digitalizacją utrzymania infrastruktury. Osiągnięte efekty poprawy jakości utrzymania sieci trakcyjnej (dziesięciokrotny spadek liczby awarii) w połączeniu z zaletami systemu in-house związanych z koncentracją zasobów i łatwością komunikacji, to dobrze działający model utrzymania. Potwierdzeniem tego faktu były działania podejmowane przez PKP PLK i PKP Energetyka S.A. w ramach usuwania skutków Orkanu Ksawery w 2017 roku.

³ Patrz wyżej.

Bibliografia

Abbott, J., 2006. The ProRail outsourcing way. *Global Railway Review*, 14 luty.

Ahston, C., 2015. *Procurement at The Swedish Transport Administration*. [Online]
<https://www.trafikverket.se/contentassets/ef3ea233caed4aa7b3c3987f4e632a6c/camilla-ahston-international-strategist-3-dec.pdf>
[Dostęp 22 luty 2019].

BBC News, 2010. *At least 50 dead in western Europe storms*. [Online]
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/8540762.stm>
[Dostęp 22 luty 2019].

BBC News, 2013. *Deadly storm and tidal surge batter northern Europe*. [Online]
<https://www.bbc.com/news/world-europe-25243460>
[Dostęp 22 luty 2019].

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2012. *Rail Transport Policy Strategy in Austria*. [Online]
<https://www.ft.dk/samling/20121/almdel/TRU/bilag/133/1209680.pdf>
[Dostęp 22 luty 2019].

Campbell, J. D., 1995. Outsourcing in maintenance management: A valid alternative to self-provision. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(3), str. 18-24.

Carøe, C., 2017. *Procurement, tenders, and upcoming projects in Banedanmark*. [Online]
<https://www.bane.dk/-/media/Bane/Leverandoer/Nyheder/Presentation-of-Banedanmark-04102017-Caroe.pdf>
[Dostęp 22 luty 2019].

Claims Journal, 2010. *AIR Estimates Windstorm Xynthia Insured Losses at \$2 to \$4.1 Billion*. [Online]
<https://www.claimsjournal.com/news/international/2010/03/03/107818.htm>
[Dostęp 22 luty 2019].

COP24, 2018. *COP24 Katowice 2018*. [Online]
<https://cop24.gov.pl/>

DB Netz AG, 2016. *DB Netz AG Geschäftsbericht 2016..* [Online]
https://www1.deutschebahn.com/resource/blob/1047464/906e513d92453c43e93a1749af7a5f7f/2016_gb_dbnetz_de-data.pdf

[Dostęp 22 luty 2019].

DB System GmbH, 2014. *Overview Rail-in-Motion (RiM) Information and communication platform for mobile employees.* [Online]

<http://www.camara-alemana.org.pe/downloads/170324-DB-SYSTEM.pdf>

[Dostęp 22 luty 2019].

Denniss, S., 2018. *Tipping the balance towards a digital future.* [Online]

<https://www.railengineer.co.uk/2018/03/12/tipping-the-balance-towards-a-digital-future/>

[Dostęp 22 luty 2019].

Desmaris, C., 2014. The reform of passenger rail in Switzerland: more performance without competition?. *Network Industries quarterly*, 16(2), str. 3-6.

Deutsche Bahn AG, 2015. *This is how Rail in Motion works in practice.* [Online]

<https://digitalspirit.dbsystem.de/en/this-is-how-rail-in-motion-works-in-practice/>

[Dostęp 22 luty 2019].

Deutsche Bahn AG, 2019. *Multicopter.* [Online]

https://www.deutschebahn.com/en/Digitalization/DB_Digital/productworld/multicopter_en-1214698

[Dostęp 22 luty 2019].

Durant, S. et al., 2017. *The 2017 European Railway Performance Index*, s.l.: Boston Consulting Group.

EASAC, 2018. *Extreme weather events in Europe.* [Online]

<https://easac.eu/publications/details/extreme-weather-events-in-europe/>

[Dostęp 22 luty 2019].

European Environment Agency, 2017. *Wind storms. What is the trend in extreme wind speeds across Europe?.* [Online]

<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/storms-2/assessment>

[Dostęp 22 luty 2019].

Gałązka, D., 2017. Prawie 3 mld zł strat po nawałnicy. Marszałek woj. pomorskiego: "Unijna pomoc jest niezbędna". *Gazeta Wyborcza*, 19 października.

Gazeta.pl, 2018. *Orkan Fryderyka zaatakował Europę. W Polsce blisko 700 interwencji straży pożarnej.* [Online]

<http://wiadomosci.gazeta.pl/wiadomosci/56,114883,22917426,okran-friederike-wkracza-do-polski-wichura-zmiotla-autokar.html>

[Dostęp 22 luty 2019].

IPCC, 2018. *Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C.* , Geneva: IPCC.

IRG-Rail, 2017. *Fifth Annual Market Monitoring Report*, s.l.: Independent Regulators' Group - Rail.

Klimada , 2013. *Przyszłe zmiany klimatu.* [Online]

<http://klimada.mos.gov.pl/zmiany-klimatu-w-polsce/przyszle-zmiany-klimatu/>

[Dostęp 22 luty 2019].

Klimada, 2013a. *Tendencje zmian klimatu.* [Online]

<http://klimada.mos.gov.pl/zmiany-klimatu-w-polsce/tendencje-zmian-klimatu/>

[Dostęp 22 luty 2019].

Komitet Geofizyki PAN, 2018. *Stanowisko Komitetu Geofizyki PAN w sprawie postępującej zmiany klimatu.* [Online]

http://www.kgeof.pan.pl/images/stories/pliki_2018/Stanowisko_Komitetu_2018.pdf

[Dostęp 22 luty 2019].

Kutek, K. et al., 2018. *EKSPERTYZA DOTYCZĄCA ADAPTACJI INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ DO ZMIAN KLIMATU - UTRZYMANIE LINII KOLEJOWYCH I PROJEKTY INWESTYCYJNE FINANSOWANE Z PERSPEKTYWY FINANSOWEJ 2014-2020 cz.15*, Warszawa: s.n.

Ludvigsen, J. & Klæboe, R., 2014. Extreme weather impacts on freight railways in Europe. *Natural Hazards*, 70(1), str. 767–787.

Mielczarek, A., 2012. Otwarcie polskiego rynku kolejowego przewozów towarowych i pasażerskich : szanse i zagrożenia. *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, Issue 27, str. 101-123.

Ministerstwo Środowiska, 2013. *Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 - z perspektywą do roku 2030*, Warszawa: Ministerstwo Środowiska.

Ministerstwo Środowiska, 2019. *Polityka ekologiczna państwa 2030 - projekt*, Warszawa: Ministerstwo Środowiska.

Munich RE, 2017. *A stormy year. TOPICS GeoNatural catastrophes 2017* , München: Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft.

Network Rail , 2015. *Network Rail leading Europe - Challenging assumptions about our relative performance*. [Online]

<https://www.raildeliverygroup.com/component/arkhive/?task=file.download&id=633>

[Dostęp 22 luty 2019].

NetworkRail , 2017. *Whether measuring and repairing rail faults, surveying the railway from above, clearing snow, or transporting materials, we have machines for the job.* [Online]

<https://www.networkrail.co.uk/running-the-railway/looking-after-the-railway/fleet-machines-vehicles/>

[Dostęp 22 luty 2019].

Noria, 2019. *Predictive Maintenance Explained*. [Online]

<https://www.reliableplant.com/Read/12495/preventive-predictive-maintenance>

[Dostęp 26 luty 2019].

ÖBB-Infrastruktur AG, 2018. *ANNUAL REPORT 2017 ÖBB-INFRASTRUKTUR AG*, Wiedeń: ÖBB-Infrastruktur AG.

Organizacja Narodów Zjednoczonych , 1992. *Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu*. [Online]

<http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU19960530238/O/D19960238.pdf>

Orłowski, M., 2017. Orkan "Ksawery" przeszedł przez Polskę. Wciąż 360 tys. ludzi nie ma prądu. *Gazeta Wyborcza*, 5 października.

Pachauri, R. K., Meyer, L. & Team, C. W., 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva: IPCC.

Petraschek, T., 2018. *Die ÖBB-Infrastruktur als InnovationstreiberEin Ausblick zu neuen Innovationsfeldern in der Bahninfrastruktur*. [Online]

http://ovn.at/fileadmin/downloads/GetTogether/OVN_NGT_20180621_Petraschek_Abgabe.pdf

[Dostęp 22 luty 2019].

PKP PLK S.A., 2008. *Utrzymanie infrastruktury kolejowej*, s.l.: PKP PLK.

Popkiewicz, M., 2013. *Mit: Nauka nie jest zgodna w temacie globalnego ocieplenia*. [Online]

<http://naukaoklimacie.pl/fakty-i-mity/mit-nauka-nie-jest-zgodna-w-temacie-globalnego-ocieplenia-7>

ProRail, 2017. *International Benchmark 2011-2015 ProRail/NS*. [Online]

Available at: <https://www.prorail.nl/sites/default/files/benchmark.pdf>

[Dostęp 22 luty 2019].

ProRail, 2019. *Geschiedenis*. [Online]

<https://www.prorail.nl/wie-zijn-we/geschiedenis>

[Dostęp 22 luty 2019].

Quinn, A. et al., 2017. *RAIL ADAPT - Adapting the railway for the future*, Paris: International Union of Railways.

Railway News, 2018. *ScotRail Services Affected by Extreme Rail Temperatures*. [Online]

<https://railway-news.com/scotrail-services-affected-by-extreme-rail-temperatures/>

[Dostęp 22 luty 2019].

RailwayGazette, 2018a. *Danish ETCS pilot route goes live*. [Online]

<https://www.railwaygazette.com/news/infrastructure/single-view/view/danish-etcs-pilot-route-goes-live.html>

[Dostęp 22 luty 2019].

RailwayGazette, 2018. *Competition comes to Swiss long-distance network*. [Online]

<https://www.railwaygazette.com/news/passenger/single-view/view/competition-comes-to-swiss-long-distance-network.html>

[Dostęp 22 luty 2019].

Roland Berger, 2017. *Rail supply digitization*. [Online]

https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_rail_supply_digitization_20170118.pdf

[Dostęp 22 luty 2019].

Royal BAM Group nv, 2017. *Integrated Report 2017*, Bunnik: Royal BAM Group nv.

RTM - Rail Technology Magazine, 2018. *Balfour Beatty awarded £50m contract for Great Western line maintenance*. [Online]

<http://www.railtechnologymagazine.com/HS2/balfour-beatty-awarded-50m-contract-for-great-western-lines-maintenance/199441>

[Dostęp 22 luty 2019].

Rymsza, B., 2010. *Opracowanie wskaźników wrażliwości sektora transportu na zmiany klimatu. Wybór kluczowych elementów systemu transportu (infrastruktura, środki transportu, warunki ruchu) szczególnie wrażliwych na zjawiska klimatyczne wraz z oceną wpływu*, Warszawa: Instytut Badawczy Dróg i Mostów.

SBB, 2019. *Rolling stock*. [Online]

<https://reporting.sbb.ch/en/rolling-stock?rows=2,6,8,12,18,23,29,32,33,36,38,41,44,45,46,47,52,53&years=0,1,4,5,6,7&scroll=0>

[Dostęp 22 luty 2019].

shift2rail.org , 2019. *Innovation Programme 3*. [Online]
<https://shift2rail.org/research-development/ip3/>
[Dostęp 22 luty 2019].

Siemens AG, 2012. *Sicat PMS Pantograph monitoring system for overhead contact line systems*. [Online]
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiltZyowrTgAhWwqlsKHWfSCggQFjAAegQICRAB&url=https%3A%2F%2Fwww.downloads.siemens.com%2Fdownload-center%2FDownload.aspx%3Fpos%3Ddownload%26fct%3Dgetasset%26id1%3DDLA14_29&usg=AOvVaw16S
[Dostęp 22 luty 2019].

Sierpińska, A., 2018. *Drzewka pomarańczowe? Raczej susze i grad..* [Online]
<http://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/drzewka-pomaranczowe-raczej-susze-i-grad-310>
[Dostęp 22 luty 2019].

Smale, K., 2018. *Predictive maintenance for Dutch rail*. [Online]
<https://www.newcivilengineer.com/tech-excellence/predictive-maintenance-for-dutch-rail/10037208.article>
[Dostęp 22 luty 2019].

Smyrgała , D. et al., 2016. *PKP Energetyka po prywatyzacji - bezpieczeństwo dostaw energii i przewozów kolejowych*. Warszawa: Collegium Civitas Press.

SNFC Reseau, 2015. *New technologies*. [Online]
<https://www.sncf-reseau.fr/en/about/strategy/modernising-maintenance/new-technologies>
[Dostęp 22 luty 2019].

Stenström, C., 2012. *Maintenance Performance Measurement of Railway Infrastructure with Focus on the Swedish Network*, Luleå: Luleå University of Technology.

Stenström, C., 2014. *Operation and Maintenance Performance of Rail Infrastructure - Model and Methods*. Lulea: Luleå University of Technology.

Strukton Groep NV, 2017. *Annual Report 2017*, Utrecht: Strukton Groep NV.

STV News, 2013. *Storm with gales of up to 142mph hits Scotland causing major disruption*. [Online]
<https://stv.tv/news/scotland/251681-storm-with-gales-of-up-to-142mph-batter-scotland-causing-disruption/>
[Dostęp 22 luty 2019].

Swier, J. S., 2012. *THE HISTORY OF OUTSOURCING RAIL INFRASTRUCTURE MAINTENANCE IN THE NETHERLANDS*. Praga, s.n.

thelocal.se, 2018. *Heatwave could cause further rail closures in Sweden*. [Online]
<https://www.thelocal.se/20180730/heatwave-could-cause-more-rail-closures-in-sweden>
[Dostęp 22 luty 2019].

UTK, 2018. *Nowy pakiet rozporządzeń Komisji Europejskiej*. [Online]
Available at: <https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/14246,Nowy-pakiet-rozporzadzen-Komisji-Europejskiej.html>
[Dostęp 25 luty 2019].

VolkerWessels, 2016. *Annual report 2016*, Amersfoort: VolkerWessels.

Wieczorek, L. & Podstawczyńska, A., 2018. WYBRANE UWARUNKOWANIA SYNOPTYCZNE INTENSYWNEJ
TORNADOGENEZY W EUROPIE W LATACH 1998-2013. *PRZEGLĄD GEOFIZYCZNY*, 63(1-2), str. 69-87.