

System SENSONiC - rewolucja w monitorowaniu dobrostanu linii kolejowej

Yannick Maier SENSONIC GmbH Austria,
Andrzej Bartnik FRAUSCHER POLSKA Sp. z o.o.

Na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat technologie czujników, opierające się na technice światłowodowej, stanowią ważny punkt zainteresowania właścicieli i zarządców infrastruktury transportowej na świecie.

Firma Frauscher jako czołowy producent rozwiązań z zakresu technologii czujników dla specjalizowanych zastosowań kolejowych od lat śledziła te trendy prowadząc badania w zakresie innowacyjnych technologii światłowodowych i możliwości ich wykorzystania dla sprawniejszego, bezpieczniejszego i tańszego funkcjonowania transportu kolejowego.

Technologia FOS (Fiber Optic Sensing), pierwotnie zastosowana w przemyśle naftowym i gazowym została w ciągu ostatniej dekady powszechnie przyjęta jako interesująca i najnowocześniejsza koncepcja monitorowania infrastruktury w branży kolejowej.

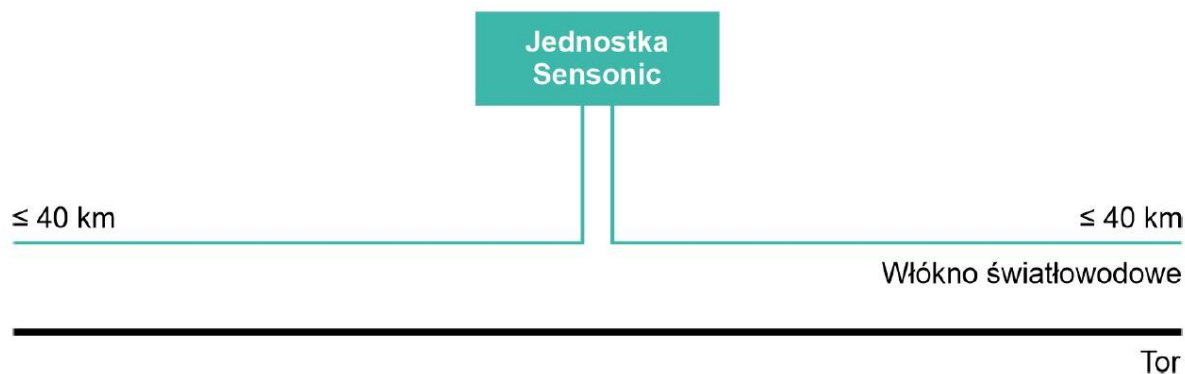
Od roku 2011 firma Frauscher zainwestowała znaczne środki w opracowanie innowacyjnego rozwiązania wykorzystującego potencjał technologii FOS w sektorze kolejowym. Uznając znaczenie opracowania otwartej platformy bazującej na technologii FOS, w 2019 roku została z niej wydzielona firma Sensonic specjalizująca się tylko w opracowaniu rozwiązań dedykowanych transportowi szynowemu.

System SENSONiC generuje w czasie rzeczywistym wartościowe informacje na temat przejazdów pociągów oraz stanu infrastruktury – wszystko w oparciu o jedną technologię i bez potrzeby stosowania dodatkowych komponentów pokładowych lub przytorowych. Otwarta platforma umożliwia zarządcom infrastruktury i przewoźnikom kolejowym wykorzystywać te dane w celu zwiększenia dostępności i optymalizacji podejmowanych działań.

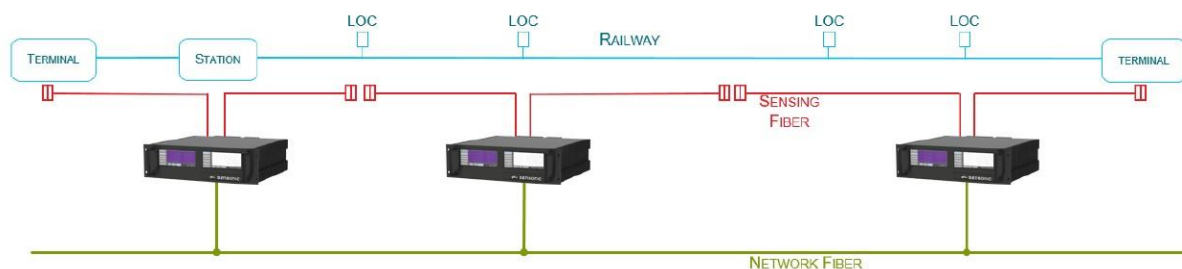
1. Budowa i działanie systemu SENSONiC

System SENSONiC składa się z jednej jednostki centralnej SENSONiC, dwóch odcinków światłowodu (jako czujników) oraz dodatkowego osprzętu teletechnicznego i zasilania (nie pokazanego na rys. 1). Pozwala to na objęcie nadzorem obszaru torów o maksymalnej długości 80 km. Dla monitorowania dłuższych odcinków linii kolejowych możliwe jest połączenie ze sobą kilku jednostek centralnych (rys. 2).

Jednostka centralna (rys.3) powinna zostać zlokalizowana w środku monitorowanego obszaru linii kolejowej. Jej zadaniem jest przetwarzanie odebranych sygnałów, wstępna klasyfikacja zdarzeń oraz przesłanie ich do chmury obliczeniowej.



Rys. 1. Typowa struktura systemu SENSONiC



Rys. 2. Układ systemu SENSONiC dla monitorowania odcinków linii kolejowych o większych długościach



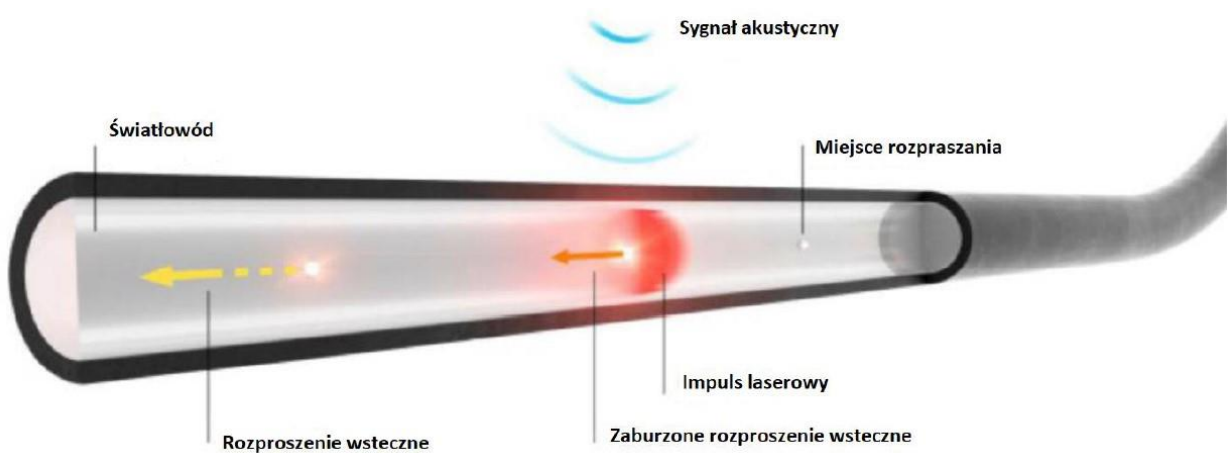
Rys. 3. Jednostka centralna systemu SENSONiC

Jednostka centralna systemu SENSONiC zawiera nadajnik laserowy, który wysyła w światłowód impulsy świetlne z określoną częstotliwością próbkowania. Ponieważ przemieszczają się one wzdłuż światłowodu, naturalnie występujące w nim zanieczyszczenia powodują, że część światła jest odbijana (tzw. rozpraszanie wsteczne) i powraca z powrotem do układów odbiorczych jednostki centralnej. System SENSONiC wykorzystuje jedno wolne „ciemne” włókno w kablu światłowodowym i ze względu na charakter technologii detekcji światłowodowej nie emituje żadnych zakłóceń w postaci pól elektromagnetycznych (EMC) będąc jednocześnie całkowicie odpornym na wpływ zewnętrznych źródeł EMC.

Drgania przenoszone przez grunt powodują niewielkie odkształcenia światłowodu, które z kolei wpływają na właściwości światła odbitego. System SENSONiC może wykrywać drgania występujące wzdłuż światłowodu i lokalizować je z dokładnością do 6,4 m na podstawie analizy różnicy czasu pomiędzy momentem wysłaniem impulsu a otrzymaniem odbicia (rys. 4 i rys.5)



Rys. 4. Drgania powodowane przejazdem pociągu są poprzez warstwy ziemi przekazywane do światłowodu

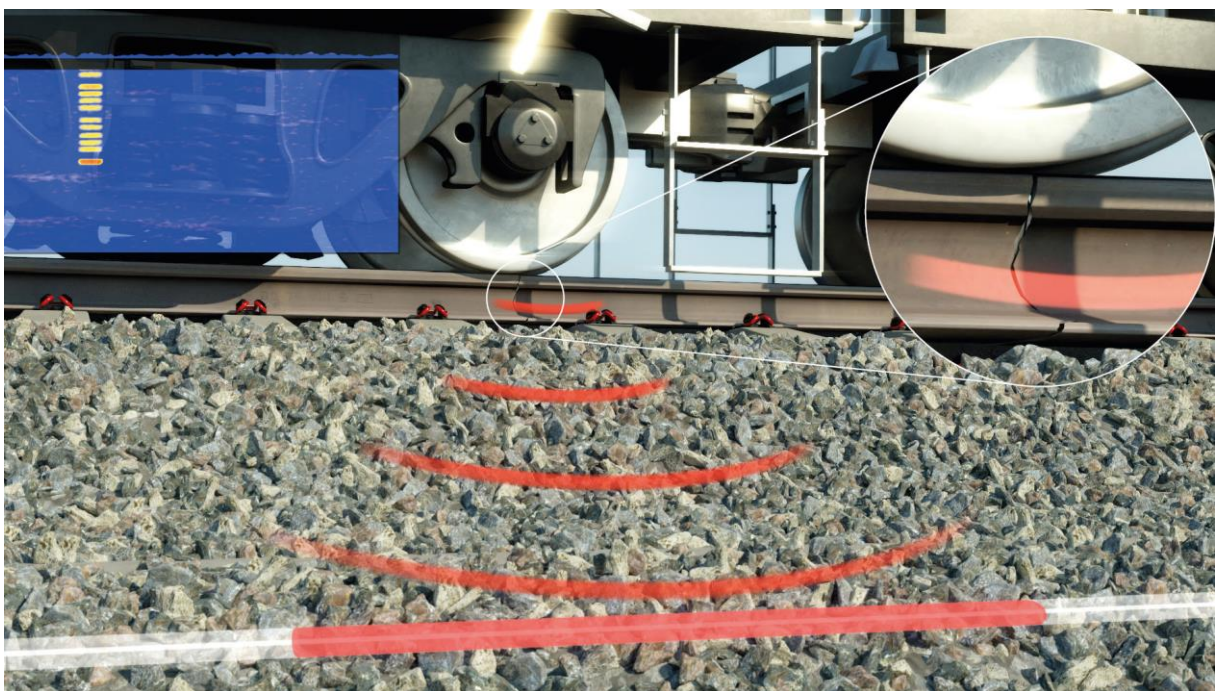


Rys. 5. Zasada działania technologii FOS: dźwięk i wibracje zmieniają intensywność odbijanego światła.

Intensywność rozpraszania wstecznego znajduje się w korelacji z czasem, który przeminął od momentu wysłania impulsu. Ta funkcja pozwala wyciągnąć wnioski na temat fizycznych zmian zachodzących na określonych odcinkach światłowodów. Mogą je spowodować sygnały akustyczne lub wibracje w otoczeniu światłowodu. Specjalnie opracowane algorytmy umożliwiają na podstawie parametrów rozpraszania wstecznego kategoryzację przyczyn tych zmian. Mierzalne sygnatury zostają w ten sposób przekształcone na wartościowe informacje, dotyczące poruszających się pojazdów, osób lub innych działań, takie jak próby kopania w

okolicach kabli. Dzięki przedstawionym możliwościom technicznym zastosowanie systemów bezpieczeństwa i monitoringu na bazie technologii FOS zostało szeroko rozpowszechnione na przykład w branży naftowej i gazowej oraz przy ochronie granic i obiektów infrastruktury krytycznej.

Wymienione zastosowania można w szerokim zakresie realizować w infrastrukturze kolejowej, korzystając przy tym z istniejących zasobów przy instalacjach torowych. Przy uwzględnieniu indywidualnych wymagań branżowych można w ten sposób z dużą dokładnością wykrywać na przykład pociągi, pojazdy serwisowe, grupy robocze, ludzi lub oddziaływanie środowiska. Wynikające z tego możliwości pozwalają na śledzeniu ruchu pociągów, monitorowanie stanu infrastruktury torowej (rys. 6), przejeżdżających pociągów jak również przy zabezpieczeniu infrastruktury (rys. 7).



Rys. 6. Przykład monitorowania stanu infrastruktury: rozpoznawane i lokalizowanie pęknięcia szyn

Podstawowe wymagania zastosowania technologii FOS w transporcie kolejowym są podobne do tych już zastosowanych w innych branżach. Jednak branża kolejowa ma swoje własne wymagania, które wymagają dalszego rozwoju dotychczasowych koncepcji. Na przykład w segmencie śledzenia pociągów tworzą się całkiem nowe wymagania dla rozwiązań opartych na FOS. Konsekwentne śledzenie pociągu przez długie odcinki tras wymaga filtrowania różnych zakłóceń, a co za tym idzie szeregu dodatkowych sygnałów. Poza tym w branży kolejowej należy uwzględnić standardy, które mogą się różnić między poszczególnymi krajami a nawet w obrębie jednego państwa. Żaden aktualnie dostępny system w technologii FOS nie jest w stanie sprostać w sposób uniwersalny tym bardzo specyficznym wymaganiom.



Rys. 7. Przykład ochrony infrastruktury krytycznej: wykrywanie i klasyfikowanie nieuprawnionego wejście do chronionego obszaru

Niemniej ograniczenia te są systematycznie pokonywane, dzięki czemu technologia FOS otwiera nieznane dotąd możliwości i korzyści dla przemysłu kolejowego. A nawet więcej: według ustaleń firmy Sensonic technologia ta ma potencjał stać się podstawową technologią wykorzystywaną w kolejnictwie.

W chwili obecnej system SENSONiC dysponuje czterema aplikacjami wykorzystującymi dane otrzymywane z czujników światłowodowych.

Są to:

- Monitorowanie stanu torów
- Zabezpieczenie infrastruktury
- Monitorowanie zagrożeń naturalnych
- Lokalizowanie wylądowań elektrycznych w sieci trakcyjnej

W dalszym tekście zostanie przykładowo opisana pierwsza aplikacja, a druga dotycząca zabezpieczenia infrastruktury krytycznej jest tematem oddzielnego artykułu w materiałach konferencyjnych. Wszystkie aplikacje zostały przedstawione w prezentacji multimedialnej, która znajdzie się w pakiecie materiałów pokonferencyjnych udostępnionych na życzenie przez organizatorów konferencji.

Z przedstawionych powyżej czterech aplikacji jedna, bezpośrednio związana z zabezpieczeniem infrastruktury jest wykonywana w całości w jednostce centralnej SENSONiC, a pozostałe trzy dla otrzymania wyników wykorzystują dedykowaną chmurę obliczeniową.

2. Monitorowania stanu infrastruktury torowej

Stale rosnące zagęszczenie ruchu, wzrost prędkości pociągów oraz coraz większe naciski na naciski oś doprowadziły do powstania całkiem nowych wymagań dotyczących wydajności infrastruktury torowej. Stworzyło to bezprecedensowe wyzwania dla pracowników odpowiedzialnych za utrzymanie torów, którzy muszą przeprowadzać intensywne inspekcje i prace konserwacyjne, zmagając się jednocześnie z kurczącymi się zasobami i krótkimi terminami wykonywania niezbędnych robót. .

Aplikacja TCM (Track Condition Monitoring) firmy Sensonic dostarcza na bieżąco pracownikom służby drogowej zagregowanej informacji o stanie torowiska, co poprzez ukierunkowane i zapobiegawcze utrzymanie torów, pozwalające na wydłużenie okresów przeglądowych oraz możliwie wczesne wykrywanie stanów awaryjnych powinno pomóc w:

- optymalizacji budżetu przewidzianego na utrzymanie torowiska
- realizacji planu utrzymania bazującego na wiarygodnych informacjach o stanie torowiska i i pozwalającego na oszczędności w kosztach utrzymania
- szybkiej ocenie skuteczności podjętych działań serwisowych i naprawczych
- podniesieniu ogólnego stanu technicznego torowiska
- podwyższeniu bezpieczeństwa i przewozowej dostępności operacyjnej linii kolejowej.

Aplikacja TCM firmy Sensonic to rozwiązanie oparte na technologii FOS (Fiber Optic Sensing), które w sposób ciągły w trybie 24h x 7dni, monitoruje zmiany drgań podtorza w stosunku do określonej wartości referencyjnej odnoszącej się do każdego punktu pomiarowego toru monitorowanej trasy i dla każdego przejeżdżającego pociągu. Oznacza to, że każdy przejazd każdego pociągu jest praktycznie przekształcony w przejazd pociągu pomiarowego.

Drgania są wywoływane w torowisku w wyniku rozpraszania nadmiaru energii z ruchu pociągów. Ta energia drgań ma charakter destrukcyjny, przyczyniając się do pogorszenia stanu toru. Zmiany odpowiedzi toru poprzez zmianę drgań wyraża zagregowany wskaźnik Sonic Track Index (STI), który jest wiarygodnym wskaźnikiem stanu mechanicznego torowiska.

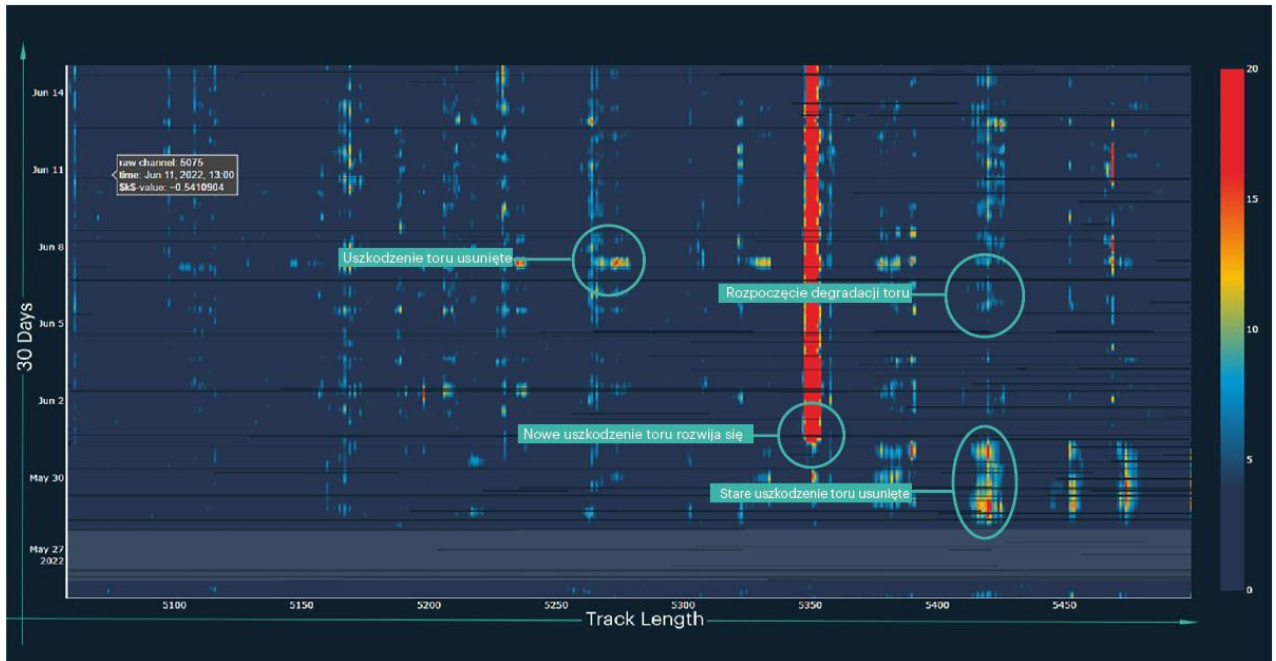
Redukcja drgań toru powodowana przejazdem taboru jest ważnym czynnikiem dla pracowników służby utrzymania torów w celu poprawy ogólnego stanu toru. Innymi słowy, cichszy tor to zdrowszy tor. A cichy to to zdrowy tor. Z perspektywą na „długie życie”.

Dlatego aplikacja TCM firmy Sensonic wspiera osoby odpowiedzialne za utrzymanie torowiska w podejmowaniu optymalnych decyzji dotyczących obniżenia poziomu drgań w torowisku, dostarczając informacji o ewolucji parametru STI w dłuższym okresie czasu. Pomaga to zarządom infrastruktury torowej w sprawnej i wiarygodnej identyfikacji podstawowych problemów ze stanem torowiska, powodujących znaczne poziomy drgań. Tak zidentyfikowane problemy można następnie usunąć. Kolejne raporty z aplikacji TCM umożliwiają powtarzanie cyklu „identyfikacja – reakcja”, dzięki czemu tor staje się cichszy.

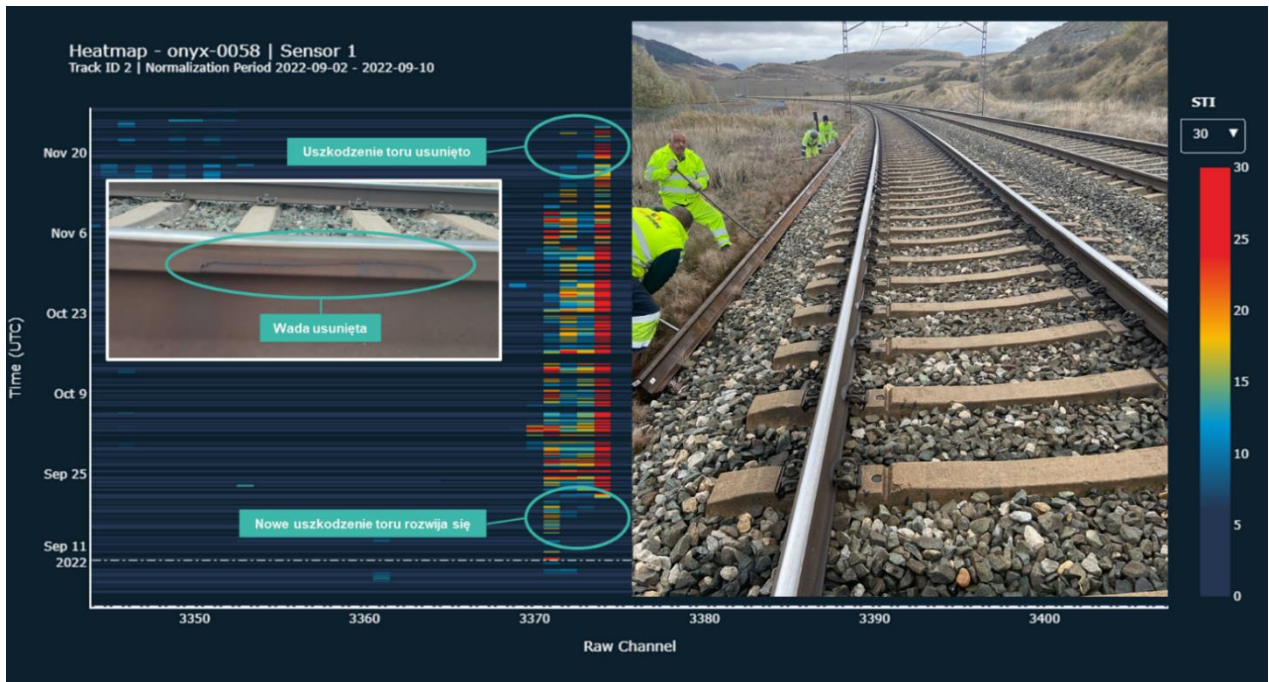
Raporty okresowe zawierające wskaźnik STI wyliczone na podstawie analizy zarejestrowanych drgań torowiska zapewniają służbom utrzymania kompleksowe informacje pozwalające określić rzeczywisty stan torowiska. Firma Sensonic oferuje pełne wsparcie w

interpretacji wskaźnika STI w celu jego skorelowania z zarejestrowanymi zmianami stanu torów.

Raporty te zostały wykonane w formie graficznej, postaci „map ciepłych” pokazujących zmianę koloru miejsca wykrytej degradacji wymagającej interwencji służ utrzymania (rys.8 i 9).



Rys. 8. Przykładowa mapa cieplna STI pokazująca proces zmian w wykrytym uszkodzeniu oraz efekt późniejszej naprawy.



Rys. 9. Lokalizacja uszkodzeń zidentyfikowanych za pomocą mapy termicznej indeksu STI

Korzyści wynikające z zastosowania aplikacji TCM w utrzymaniu infrastruktury torowej

Zwiększona efektywność utrzymania ruchu pociągów oraz zdrowie torów

1. Stałe monitorowanie stanu infrastruktury torowej:
 - a) Pozwala na wczesne wykrycie STI Hotspots (gorących punktów wibracji) i ich usunięcie pomiędzy cyklami kontroli torów (działanie zapobiegawcze).
 - b) Ułatwia lepszą organizację planowych prac utrzymaniowych dzięki informacjom o STI Hotspots.
 - c) Daje umiejętność oceny jakości prac związanych z utrzymaniem i naprawą infrastruktury torowej.
 - d) Ułatwia lepsze planowanie łańcucha dostaw dzięki wczesnej wiedzy o szybkości pogarszania się stanu infrastruktury torowej (analiza zmian wskaźnika STI)
 - e) Umożliwia lepsze planowanie i harmonogram planowanych przeglądów i napraw dzięki bardziej szczegółowym i dokładnym informacjom dotyczącym konieczności ich wykonania.
 - f) Ułatwia ustalanie priorytetów realizacji prac utrzymaniowych, aby uniknąć kosztownych napraw spowodowanych zbyt późnym wykryciem usterki.
 - g) Ułatwia zrozumienie porównawczej skuteczności prac utrzymaniowych.
2. Można zająć się usterekami często pomijanymi podczas doraźnych kontroli wizualnych.
3. TCM jako uzupełnienie istniejących metod kontroli infrastruktury torowej, a tym samym przyczynienie się do uzyskania całościowego obrazu jej stanu technicznego.
4. Otrzymywane są informacje o stanie całej konstrukcji torowiska (od szyny do gruntu) w warunkach rzeczywistego obciążenia ruchem pociągów.

Wzrost wydajności operacyjnej i bezpieczeństwa

1. Inteligentne czujniki przydrożne - minimalna obsługa, pasywne, nieinwazyjne, minimalne wyposażenie
2. Zmniejszenie kosztów niedostępności torów dzięki wczesnej wiedzy o rozwijających się punktach zapalnych STI
3. Poprawa bezpieczeństwa personelu odpowiedzialnego za utrzymanie torów poprzez poprawę warunków pracy, np. zmniejszenie narażenia na ekstremalne warunki pogodowe.
4. Dywidenda z bezpieczeństwa pasażerów i pociągów dzięki unikaniu krytycznych uszkodzeń torów

3. Podsumowanie

Podstawową zaletą systemu SENSONiC jest jego prosta budowa wykorzystująca istniejącą infrastrukturę światłowodową oraz otwarta struktura, polegająca na tym, że gromadzone w banku danych informacje mogą być przetwarzane w celu przedstawienia ich wielu różnym użytkownikom zgodnie ze zgłoszonymi potrzebami. Już teraz służba utrzymania infrastruktury torowej może korzystać z aplikacji TCM oraz aplikacji monitorującej wystąpienie zagrożeń środowiskowych (osuwiska gruntu, spadające kamienie etc.), Służba

Ochrony Kolei SOK z aplikacji dotyczącej bezpieczeństwa infrastruktury kolejowej a służba energetyki kolejowej z aplikacji pozwalającej na lokalizację miejsc w sieci trakcyjnej szczególnie narażonej na wyładowania atmosferyczne. Niedaleka przyszłość to precyzyjne monitorowanie jazdy pociągów z identyfikacją problemów związanych z ich jazdą (zatrzymanie na szlaku) oraz pracą elementów jezdnych (płaskie miejsca, uszkodzone łożyska). Już dzisiaj system SENSONiC może być źródłem informacji o nadjeżdżających pociągach dla systemu ochrony zwierząt UOZ-1 jak również dla systemów dynamicznej informacji podróży i ostrzegania pracowników wykonujących roboty torowe. Do dopracowania pozostaje tylko odpowiednio oprogramowany interfejs międzysystemowy. Lista zastosowań wydaje się być prawie nieograniczona a zastosowanie coraz skuteczniejszych algorytmów SI pozwala optymistycznie oceniać czas w którym zostanie to osiągnięte.

4. Bibliografia

1. Frauscher Sensonic. Opis techniczny systemu, D7199-PL, Sensonic GmbH, 2021
2. TRACK CONDITION MONITORING. A SENSONIC SOLUTION. Sensonic GmbH 2022
3. Track Condition Monitoring Solution. Sensonic GmbH 2022
4. Frauscher Sensonic Unit Specification, Sensonic GmbH 2021
5. Sensonic Solution System Installation Requirements, Sensonic GmbH 2021
6. Distributed Acoustic Sensing as a base technology for railway applications, Martin Rosenberger Frauscher Sensortechnik GmbH, Andrew Hall Frauscher UK Ltd, SIGNAL+DRAHT 9/2016 str. 73-84