

# Potencjał wspomagania informatycznego w monitorowaniu i utrzymaniu kolejowych budowli ziemnych

## The potential of the IT support in monitoring and maintaining of railway earthworks



**Adam Braun**

mgr inż.

BUDIMEX S.A.

adam.braun@budimex.pl

**Streszczenie:** W opracowaniu przedstawiono źródła oraz problemy z pozyskiwaniem dokumentacji archiwalnej badań podłoża budowli kolejowych dla potrzeb aktualnie realizowanych inwestycji. Wskazano wytyczne do prowadzenia monitoringu budowli na etapie jej wznoszenia oraz eksploatacji. Przedstawiono techniczne możliwości prowadzenia ciągłego monitoringu budowli ziemnych i obiektów inżynierskich. Zaproponowano architekturę przepływu danych pomocną w monitorowaniu i utrzymaniu sieci linii kolejowych uwzględniającą nowoczesne technologie informatyczne.

**Słowa kluczowe:** Archiwalna dokumentacja geotechniczna; Monitoring budowli kolejowych; Bazy danych

**Abstract:** This paper addresses the sources and problems with obtaining archival documentation of railway construction research base for ongoing investments. It aims at indication of the guidelines for monitoring of buildings during its erection and operation. The article presents technical possibilities of the continuous monitoring of earthworks and civil engineering facilities. The author offers data flow architecture which is helpful in monitoring and maintaining the rail networks and which takes into account modern IT technologies.

**Keywords:** Archival records Geotechnical; Monitoring the building of railway; Database

### Obieg archiwalnej dokumentacji geotechnicznej

Aktualnie obowiązujące wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej Igo-1 [18] bardzo dokładnie określają wymagania dla potrzeby realizacji badań podłoża budowli kolejowych stosowanych przy projektowaniu, programowaniu oraz wykonywaniu prac geologicznych. Przedstawiają również metody badań, sposoby interpretacji oraz prezentacji ich wyników. Jednym z zasadniczych celów wytycznych Igo-1 jest „właściwe i racjonalne projektowanie, budowa i eksploatacja obiektów liniowych, inżynierskich i towarzyszących infrastruktury kolejowej”.

Aby rzetelnie opracować dokumentację projektową niezbędne jest pozyskanie danych geotechnicznych. Ponieważ aktualne inwestycje charakteryzują się dużym tempem realizacji, to występuje presja na jak najszybsze

dostarczenie projektantom wyników badań gruntów na których realizowana będzie inwestycja. Co pewien czas występują również katastrofy budowli kolejowych wymagające pilnej naprawy. W celu sprostania terminowym oczekiwaniom zleciodawców, opracowujący dokumentację geotechniczną mogą na wczesnym etapie realizacji przekazać własne lub uzyskane z archiwów geologicznych dane dotyczące podłoża gruntowego. Wytyczne Igo-1 [18] określają niżej wymienione źródła geologicznych danych archiwalnych:

1) Archiwalne wyniki badań, będące w posiadaniu Narodowego Archiwum Geologicznego lub Inwestora (w wersji papierowej):

- a) dokumentacje geologiczno – inżynierskie,
- b) dokumentacje geotechniczne,
- c) dokumentacje hydrogeologiczne,
- d) dokumentacje złożowe,
- e) dokumentacje badań geofizycznych,

f) dokumentacje z wierceń badawczych różnego typu.

2) Informacje z banków danych i rejestrów prowadzonych przez instytucje i/lub organy państwowe (głównie w wersji elektronicznej):

- a) Bank danych sieci NATURA 2000 [7],
- b) Bank danych bogactw mineralnych i rejestr obszarów górniczych MIDAS [13],
- c) Centralna Baza Danych Geologicznych (CBDG) [14]
- d) Baza danych geologiczno-inżynierskich (BDGI)[15]
- e) baza danych na temat obszarów bezpośredniego zagrożenia powodzią (OBZP) - aktualnie prowadzona przez Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej jako projekt Informatycznego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK) [19]
- f) baza danych Ośrodka Koordynacyjno - Informacyjnego (OKI)

- aktualnie prowadzona przez Centrum Operacyjne Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie jako Geoportal PLUSK [20]
- g) rejestr bezpośrednich zagrożeń szkodą w środowisku i szkód w środowisku ()
- h) państwowy monitoring środowiska PMS[9],
- i) wykaz danych o środowisku i jego ochronie[7],
- j) dokumentacje mierniczo – geologiczne zlikwidowanych zakładów górniczych (dokumentacja wyłącznie w postaci papierowej)[22],
- k) wojewódzkie banki zanieczyszczeń środowiska,
- l) publicznie dostępne wykazy danych o środowisku i jego ochronie[7],
- m) Baza danych obiektów topograficznych BDOT [10],
- n) Bank danych hydrogeologicznych CBDH [16].

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [24], informacja geologiczna jest własnością Skarbu Państwa. W przypadku opracowań, które nie były finansowane z budżetu Państwa, a miałyby zostać wykorzystane do celów komercyjnych dostęp do uzyskanych informacji geologicznych jest płatny. W związku z koniecznością dokonania opłat przy pozyskiwaniu informacji archiwalnych, firmy realizujące dokumentację geotechniczną dla potrzeb inwestycji kolejowych wykorzystują przede wszystkim posiadane przez siebie dokumentacje lub posiłkują się wynikami badań udostępnionymi przez Inwestora (PKP Polskie Linie Kolejowe lub PKP Centrum Realizacji Inwestycji). Pozyskiwane archiwalne badania geotechniczne ze spółek z grupy PKP charakteryzują się dużą różnorodnością form prezentacji danych. Formy prezentacji uzależnione są głównie od narzędzi informatycznych wykorzystywanych przez firmę realizującą dokumentację oraz od umiejętności geotechników interpretujących wyniki badań. Niestety, dane pozyskiwane w ten sposób są danymi obrobionymi, nie surowymi. Dane obrobione przedstawione w głównie w plikach typu \*.pdf oraz

\*.dwg, występują częstokroć np. bez podania współrzędnych określających dokładną lokalizację wykonanego badania co utrudnia przeprowadzenie weryfikacji. Dane surowe są informacjami uzyskanymi bezpośrednio z urządzenia badającego (np. profil georadarowy, wykres z sondy CPT, lokalizacja GPS zapisana przy pomiarze itp.).

Idea wykorzystywania wyników archiwalnych badań geotechnicznych do realizacji aktualnie prowadzonych inwestycji jest uzasadniona ze względów ekonomicznych i praktycznych. Niestety, do archiwizowania i udostępniania badań gruntów w bardzo małym stopniu wykorzystywane są możliwości wynikające z postępu informatycznego. Jedną z głównych przyczyn doprowadzających do problemów z pozyskiwaniem archiwalnych danych na temat istniejących warunków gruntowych budowli kolejowych są obowiązujące wykonawców badań bardzo ogólnikowe zapisy kontraktowe w aktualnie prowadzonych procesach inwestycyjnych. Przykładem modelowym, jak mogłaby być realizowana archiwizacja badań geotechnicznych, jest analogia do geodezyjnej dokumentacji powykonawczej archiwizowanej przez Kolejowe Ośrodki Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. W aktualnych warunkach zamówienia dla projektów kolejowych występują szczegółowe zapisy określające w jakiej formie i treści Zamawiający przyjmie dane do swoich archiwalnych zasobów geodezyjnych. W przeciwieństwie do wymogów dla dokumentacji geotechnicznych, gdzie w treści brak jest szczegółowego przedstawienia oczekiwanej formy przekazywania Zamawiającemu danych z wykonanych badań. Zapisy przetargowe dysponujące realizację archiwizacji dokumentacji odwołują się do obowiązujących Wytycznych Igo-1, które powołują się na obowiązujące przepisy nakładające obowiązek przekazywania tylko części dokumentacji (np. geologiczno-inżynierskiej oraz hydrogeologicznej) do archiwów geologicznych prowadzonych przez Państwową Służbę Geologiczną. Pozostała część dokumentacji geotechnicz-

nej zrealizowanej w ramach inwestycji przekazywana jest jako dokumentacja powykonawcza i archiwizowana w poszczególnych Zakładach Linii Kolejowych oraz częściowo w Archiwum Dokumentacji Kolejowej PKP S.A.

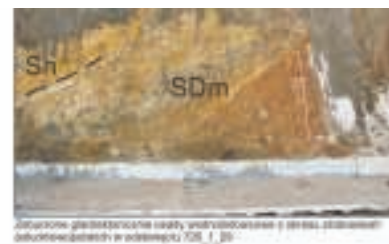
Pozyskanie odpowiednich informacji dla potrzeby zaprojektowania lub szybkiej naprawy budowli kolejowej ze źródeł geologicznych danych archiwalnych wymienionych w wytycznych Igo-1 jest aktualnie bardzo utrudnione. Przykładowo, w elektronicznej bazie danych punktów dokumentacyjnych (CBDG) udostępniono nieliczne wyniki badań wierzchnich warstw gruntów zrealizowanych w ramach budowy autostrad, dróg ekspresowych, kilku kopalń. Na początku września 2016r. na portalu CBDG można było znaleźć tylko kilkadziesiąt wyników badań gruntów wykonanych w ramach ostatnio zakończonych inwestycji związanych z infrastrukturą kolejową. Na rysunku 1 przedstawiono fragment przekopu przy st. Pęgów na linii nr 271 Wrocław Główny – Poznań Główny jako przykład ogólnodostępnych elektronicznych danych geologicznych z portalu CBDG w 2016r.

Ze względu na brak pełnego, szybkiego i taniego dostępu do archiwalnych badań w aktualnie realizowanych kolejowych projektach infrastrukturalnych jest regułą, że wykonawcy opracowujący dokumentację geologiczną wyceniają i samodzielnie realizują badania gruntów. W bardzo małym stopniu wykorzystywane są materiały archiwalne sporządzone w ramach wcześniejszych inwestycji, które znajdują się w tradycyjnych archiwach Zamawiającego. Oprócz kosztów ponoszonych z tytułu realizacji badań ponownie w tych samych lokalizacjach, jakie zostały wykonane w ramach wcześniejszych inwestycji, brak wnikliwego rozpoznania istniejących warunków gruntowo-wodnych w powiązaniu do zabudowanej w ramach wcześniejszej inwestycji infrastruktury technicznej (odwodnienie przekopów, zbrojenie geosyntetykami, palowanie itp.) może doprowadzić do istotnego zwiększenia kosztów w wyniku nie spodziewanej katastrofy budowlanej.

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy realizuje od 2006r. projekt Systemu Osłony PrzeciwOsuwiskowej (SOPO) [12]. Projekt ten jest bardzo cennym źródłem informacji o istniejących zagrożeniach osuwiskowych nie tylko dla właścicieli opisanych w nim terenów, ale także dla projektantów i wykonawców. Dzięki udostępnionych publicznie Kartom Rejestracji Osuwisk i Terenów Zagrożonych zgromadzonych w ogólnodostępnej bazie SOPO, można przeciwdziałać potencjalnym ruchom osuwiskowym. W XIX i XX wieku kolejowe budowle ziemne realizowano bez wyczerpującej analizy istniejących warunków gruntowych. Dlatego w wyniku niszczących procesów egzogenicznych wielokrotnie występowały na liniach kolejowych osuwiska, obrywy, spływy, spęływania itp. mające negatywny wpływ na ekonomiczne aspekty zarządzania siecią PKP. W literaturze technicznej związanej z oddziaływaniami geodynamicznymi występuje bardzo dużo informacji na temat zaistniałych uszkodzeń kolejowych budowli. Niestety, dostęp do materiałów archiwalnych określających lokalizacje i sposoby naprawionych budowli kolejowych jest na tyle utrudniony, że specjaliści realizujący dokumentację projektową oraz prowadzący inwestycje infrastrukturalne częstokroć nie uzyskują odpowiednich danych, wskazanych do celów prawidłowej modernizacji lub rewitalizacji istniejących linii kolejowych.

## Monitoring i eksploatacja budowli kolejowych

Wytyczne Igo-1 wymagają (poprzez zastosowanie przepisów Eurokod'u 7 [25]) prowadzenia monitoringu budowli kolejowych nie tylko na etapie realizacji inwestycji, ale również w fazie eksploatacji. Założeniem jest wykorzystanie uzyskanych danych z etapu rozpoznawania podłoża do prac projektowych, nadzorowania na etapie realizacji inwestycji oraz do kontroli budowli po jej zakończeniu. Celem jest uzyskanie pewności, że zaprojektowana konstrukcja (warstwa ochronna,



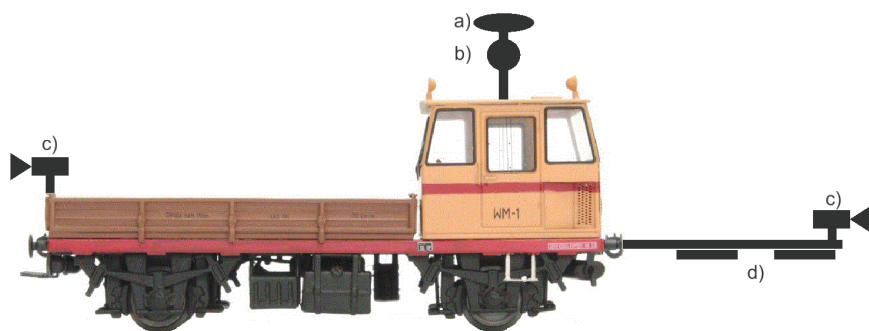
1. Lokalizacja archiwalnych badań punktów dokumentacyjnych PIL wraz z przykładowym profilem odsłonięcia 3 m przekopu. Źródło: PIG-PIB Centralna Baza Danych Geologicznych [14]

skarpa nasypu, przekop, obiekt inżynieryjny) spełnia założenia projektanta odnośnie jej zachowania w czasie eksploatacji.

Aby zapewnić zgodność założeń z wymaganiami ustawionymi przez projektanta, należy prowadzić dokumentację obserwacji zachowania zbudowanej konstrukcji. Dodatkowo wytyczne Igo-1 nakazują nie tylko realizację obserwacji zachowania konstrukcji, ale nakładają również obowiązek dokonania interpretacji wyników obserwacji po upływie czasu wraz z dokonaniem oceny przyjętych założeń. W tym celu na zarządcę infrastruktury kolejowej wytyczne Igo-1 nakładają obowiązek prowadzenia „Programu monitorowania budowli”. Natomiast Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3 [11] nakładają obowiązek prowadzenia „Kart ewidencyjnych słabego (zagrożonego) miejsca w podtorzu”. Obie metody monitoringu wprowadzają konieczność tworzenia papierowej dokumentacji. Jakość tworzonej odręcznej dokumentacji oraz interpretacja uzyskanych wyników zależy głównie od kwalifikacji personelu zaangażowanego do tych celów. Ponieważ zarządca polskich sieci kolejowych ma ograniczone środki finansowe na realizację swoich celów, zmuszony był w ostatnich latach optymalizować stanowiska pracy, ograniczając przez to swój potencjał realizujący dokumentację miejsc zagrożonych. Zdaniem autora niniejszej pracy, takim i efektywnym rozwiązaniem aktualnych problemów finansowych i organizacyjnych by-

łaby cyfryzacja posiadanych danych archiwalnych połączona z nakazem realizacji wybranych elementów dokumentacji geologicznej w postaci cyfrowej (np. na obszarach poddanych wpływom geodynamicznym). Cyfrowe dane mogłyby zostać zagregowane w jednym miejscu prowadzonym przez właściwy zespół specjalistów do spraw geotechnicznych. Dzięki narzędziom informatycznym zostałyby skutecznie zabezpieczone przed ich utratą, udostępnione natychmiastowo poprzez Internet (lub Intranet), zajmowałyby bardzo mało przestrzeni itp.

Wytyczne Igo-1 oraz Warunki Id-3 jako podstawową metodę przeprowadzania diagnostyki konstrukcji budowlanej dysponują prowadzenie obserwacji przemieszczeń. W uzasadnionych przypadkach monitorowany jest również stan wód podziemnych. Eksperti do spraw podtorza słusznie zwracają uwagę, że podczas przeglądów, a nawet monitoringów geodezyjnych mogą zostać wykryte jedynie widoczne oznaki uszkodzeń lub zagrożeń podtorza [2]. Sugerują zarządcy prowadzenie pomiarów stanu toru przy pomocy odpowiednio skonfigurowanych drezyn pomiarowych. Na standardowych drezynach pomiarowych (rysunek 2) można zainstalować nowoczesne urządzenia pomiarowe np. lokalizator typu GPS skonfigurowany z urządzeniem LIDAR skanującym laserowo powstające przemieszczenia (działający na podobnej zasadzie jak radar, ale wykorzystujący światło zamiast fal radiowych), Georadar badający strukturę podsypki i podtorza



2. Drezyna pomiarowa wyposażona w urządzenia GPS (a), LIDAR (b), dwie kamery 180° (c) i Georadar (d)

kolejowego oraz dwóch kamer termowizyjnych z szerokokątnym (180°) nagrywaniem prowadzonej inspekcji. Ponieważ na wyniki badań pochodzące z tak skonfigurowanych drezyn pomiarowych nakładałyby się błędy pomiarów pochodzące np. z imperfekcji nawierzchni kolejowej, to niejednoznaczne wyniki musiałyby zostać zweryfikowane bardziej szczegółowo przez wysłanych specjalistów na zidentyfikowane słabe miejsca w podtorzu lub konstrukcji kolejowej.

Monitorowanie nawierzchni kolejowej i warstwy ochronnej ma na celu rozpoznania dynamiki powstających zmian rozłożonych w czasie. Również osiadania nowych i dobudowywanych nasypów na słabych podłożach powinny być rejestrowane jako funkcja w trakcie zwiększania obciążeń. Kontrola powinna zawierać wykres osiadań dla każdej warstwy nawierzchni i podtorza, tak aby można było ustalić czynniki wpływające na wystąpienie wady. W ostatnich latach nastąpił intensywny rozwój optoelektroniki wykorzystywanej w pracach geodezyjnych. Od kilku

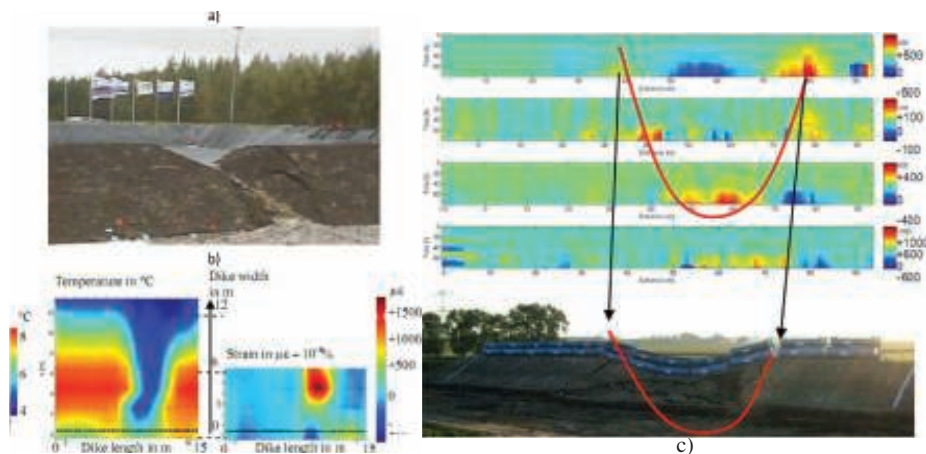
lat dostępne są na rynku geosyntezytyczne maty pomiarowe wyposażone w czujniki światłowodowe [6]. Zasada działania takich czujników bazuje na liniowej zmianie długości odbitej fali Bragga, która jest wprost proporcjonalna do zmian temperatury i naprężenia. Punktowe czujniki (długość pojedynczego czujnika wynosi kilka milimetrów) „wpisane” są w rdzeń światłowodu (szklanego [GOF] lub bardziej elastycznego polimerowego [POF]), umożliwiając wielopunktowy pomiar naprężenia i temperatury w czasie rzeczywistym liniowych konstrukcji geotechnicznych.

Podstawową zaletą kabli sensorycznych jest natychmiastowe identyfikowanie obszarów podlegającym ruchom masowym. Szybka identyfikacja zagrożonej konstrukcji pozwala na niezwłoczne podjęcie reakcji w postaci zintensyfikowania obserwacji. Dodatkowo, przy zastosowaniu systemów sztucznej inteligencji w systemach analitycznych istnieje możliwość „nauczenia” systemu do reagowania wyłącznie na zjawiska występujące

w podtorzu, które istotnie zagrażają wystąpieniem katastrofy budowlanej. Testy prowadzone w ramach projektu Ikdijk w Holandii [3] udowodniły przydatność zastosowania kabli sensorycznych do monitorowania budowli ziemnych.

Eksperymenty prowadzone na doświadczalnych budowlach ziemnych wskazują, że już na kilka dni przed wystąpieniem katastrofy, dzięki zainstalowanym kablom sensorycznym, istnieje możliwość zlokalizowania prekursorów erozji wewnętrznej struktury gruntu (Rysunek 3). Dzięki zlokalizowaniu obszarów narażonych na awarię, służby eksploatacyjne mogą z wyprzedzeniem odpowiednio zareagować poprzez np. ograniczenie lub zamknięcie ruchu kolejowego zapobiegając tym samym kosztownym skutkom awarii. Ponieważ aktualnie jest to najbardziej dokładniejsza metoda prowadzenia obserwacji przemieszczeń budowli ziemnych, warto byłoby zastosować ją na wybranych odcinkach polskich linii kolejowych. Proponowane obiekty kolejowe do prowadzenia zdalnego monitoringu za pomocą sensorycznych kabli światłowodowych (POF):

- obszary podlegające ruchom geodynamicznym (obszary osuwiskowe, krasowe oraz narażone na wpływy eksploatacji górniczej),
- wysokie nasypy, modernizowane dla potrzeb zwiększenia prędkości pociągów,
- nasypy pełniące jednocześnie funkcję hydrotechniczną.



3. Eksperymentalny wał ziemny projektu Ikdijk w momencie jego przerwania (a); wyniki pomiarowe (temperatury i odkształceń) uzyskane na 5 godzin przed katastrofą wału (b); zniszczona eksperymentalnie budowla ziemna oraz wyniki pomiarów odkształceń z rozłożonych 4 kabli sensorycznych z okresu trzech dni przed awarią (c); [3]

## System Wspomagania Utrzymania Budowli Kolejowych

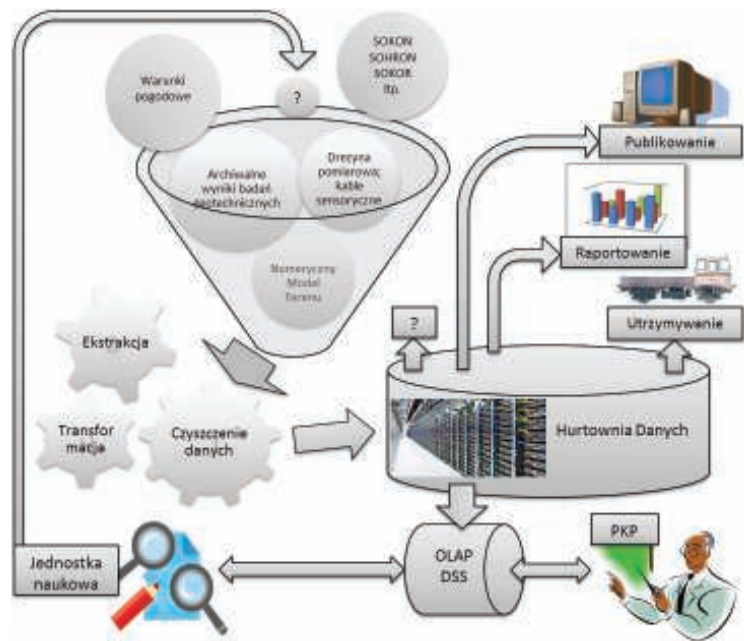
W przypadku skorzystania przez zarządcę polskich sieci kolejowych z cyfrowych narzędzi monitorujących budowle kolejowe (LIDAR, kable sensoryczne, georadar, wideo rejestrowanie itp.) zaistnieje konieczność przetworzenia i zarchiwizowania ogromnej ilości danych. W celu podołania przetworzenia zbieranych danych należałoby stworzyć system zarządzania cyfrową bazą danych, tak zwaną Hurtownię Danych (Rysunek 4). Ze względu na wartość informacji zawartych w

istniejących systemach operacyjnego przetwarzania danych, proponowany system wspomaganie powinien zostać stworzony na bazie występujących w nich danych (np. z bazy SOKON, SOKOR, SOHRON itd. [1]).

W skład cyfrowego systemu wspomagającego utrzymanie budowli kolejowych proponowane jest wykorzystanie następujących narzędzi informatycznych:

a) System przetwarzania analitycznego danych (ang. Online Analytical Processing: OLAP). Jest to nowa technologia informatyczna pomocna w podejmowaniu decyzji zarządczych. System ten wspomaga w planowaniu, podejmowaniu decyzji i kontroli realizacji poprzez możliwość wielowymiarowego i wielowariantowego porównywania danych z przeszłości jak również wykorzystania ich w tworzeniu modeli symulacyjnych. System OLAP mógłby zostać wykorzystany w opracowywaniu i kontroli realizacji strategicznych decyzji np. podjętych w ramach Krajowego Programu Kolejowego.

b) Systemy wspomaganie decyzji (ang. Decision Support System: DSS) oprogramowanie dostarczające kompleksowych informacji wspierających podejmowaniu decyzji na wszystkich szczeblach zarządzania w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Użytkownik systemu DSS posiadałby między innymi zdalny i dynamiczny wgląd w istniejące warunki gruntowe dzięki numerycznej dokumentacji, szczególnie przydatny w przypadku konieczności przeciwdziałania lub naprawy nagłej awarii. System ten mógłby zostać wykorzystany również przez jednostki naukowe. Posiadając dostęp do informacji zebranych w Hurtowni Danych (np. istniejących warunków gruntowych, zabudowanej nawierzchni kolejowej, panujących warunków atmosferycznych, obciążenia ruchem itp.), można byłoby ustalić przyczyny powstającej wady w nawierzchni i/lub w podtorzu. Dzięki



4. Architektura przepływu danych wspomagająca utrzymanie sieci kolejowej.

identyfikacji przyczyny powstającej usterki, można opracować działania naprawcze, które mogą mieć wpływ na konieczność zbierania w Hurtowni Danych nowych, niezbiernych aktualnie informacji z funkcjonującej budowli kolejowej (np. prędkość rozchodzenia się w zmodyfikowanym ośrodku gruntowym fal powierzchniowych Rayleigha).

c) Systemy archiwizacji i profilowanego udostępniania dokumentacji numerycznej. Przykładem takiego systemu jest portal CBDG [14] zarządzany przez Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy. Jego następcą będzie zapewne wprowadzany narzędzie o nazwie GEOINFONET, które będzie udostępniany za pośrednictwem platformy e-PUAP. Dzięki funkcjonowaniu systemom archiwizacyjnym występują następujące korzyści:

- agregacja danych geotechnicznych (często niejednorodnych) pozyskiwanych z różnych źródeł i w różnym czasie,
- możliwość eksploracji danych geotechnicznych w myśl zasady „od ogółu do szczegółu” (poziomy agregacji danych),
- jednorodność archiwizowanych danych geotechnicznych,
- zdalny, dynamiczny dostęp do zdi-

gitalizowanych materiałów archiwalnych.

Opisany powyżej Cyfrowy System Wspomaganie Utrzymania Budowli Kolejowych bazuje na rozwiązaniach systemów przepływu danych funkcjonujących w korporacjach finansowych [4]. Ze względu na specyfikę funkcjonowania zarządcy sieci kolejowej, system przepływu danych został uzupełniony o jednostki naukowe, dzięki którym powstają nowe rozwiązania techniczne bazujące na doświadczeniach z funkcjonowania konstrukcji kolejowych (materiały wibroizolacyjne, mocowania szyn itp.). System ten cechuje się niskimi kosztami funkcjonowania (w odniesieniu do aktualnie funkcjonującego systemu archiwizacji), możliwością prowadzenia dynamicznego monitoringu i natychmiastowej reakcji na powstające zdarzenia, korelacji danych uzyskiwanych z różnych źródeł, natychmiastowego dostępu do informacji archiwalnych itp.

## Podsumowanie

Realizacja monitoringu budowli kolejowej może zostać znacząco zautomatyzowana. Dzięki wykorzystaniu m.in. optotelekomunikacyjnych kabli sensorycznych zbierających online (dynamicznie) informacje o przemieszczeniach, służby eksploatacyjne mogą bardzo szybko przystąpić do działań

naprawczych, jeszcze przed wystąpieniem poważniejszych wad w konstrukcji.

Dzięki rozwojowi technik informatycznych jesteśmy świadkami rewolucji w dziedzinie zarządzania informacją. Funkcjonujące metody bazujące na operacyjnych systemach przetwarzania danych stają się coraz bardziej kosztowne. Funkcjonujące systemy operacyjne ukierunkowane są do tworzenia standardowych raportów obsługujących bieżącą działalność przedsiębiorstw kolejowych. Rozproszone po całym kraju, nieliczne bazy danych, funkcjonujące niejednokrotnie wyłącznie w formie papierowej, utrudniają raportowanie i analizowanie danych historycznych. W przypadku danych elektronicznych zdarza się, że zmiana systemu informatycznego uniemożliwia dostęp do danych archiwalnych zapisanych w odmiennej formie zapisu. Model przetwarzania operacyjnego danych nie wspomaga wystarczająco w ich analizie oraz podejmowaniu na ich podstawie odpowiednich decyzji zarządczych [4]. Systemy przetwarzające analitycznie posiadane dane mogą istotnie wpłynąć na wspomaganie podejmowanych decyzji. Dostęp do danych opisujących funkcjonowanie budowli kolejowej w dłuższej perspektywie czasu pozwala na przeprowadzenie analiz, wyszukiwanie anomalii lub wzorców pracy poszczególnych elementów konstrukcyjnych. System OLAP może wspomóc zarządzanie poprzez dostarczanie właściwych informacji potrzebnych do analizy problemu bądź sytuacji, właściwym ludziom, we właściwym czasie i przy niskim koszcie. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] BAŁUCH Henryk „Problemy monitorowania szyn i ich miejsce w systemie GIS-RAIL”; Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 140; 2008r.
- [2] DAJBROWSKI Adam, OCHOCIŃSKI Krzysztof, SKRZYŃSKI Eugeniusz „Zjawiska osuwiskowe na polskiej sieci kolejowej” Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 162 (2014), Wydawnictwo: Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2014.
- [3] GAŚSIOR Paweł, KALETA Jerzy, POPRAWSKI Lech „Monitorowanie stanu technicznego obiektów hydrotechnicznych z wykorzystaniem systemów SHM”, <https://www.researchgate.net/publication/> 2011.
- [4] KOPCZEWSKI Marian, CIEŚLIK Tomasz, CZAPIK-KOWALEWSKA Ewa, KRAWCZYK Joanna; „Procesy decyzyjne w oparciu o hurtownie danych”, Politechnika Koszalińska 2013r.
- [5] SKRZYŃSKI Eugeniusz „Problemy modernizacji i rewitalizacji podtorza” Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 167 (2015), Wydawnictwo: Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2015.
- [6] WOSNIOK Aleksander, KRYWULT Łukasz, LIEHR Sascha, KREBBER Katerina, WENDT Mario, CHROST Andrzej; „Monitoring konstrukcji ziemnych przy zastosowaniu rozłożonych przestrzennie światłowodowych sensorów optycznych, zintegrowanych w geosyntetykach”, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Zeszyt 2 2011.
- [7] Wykaz danych Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska <http://wykaz.ekoportal.pl/>, wrzesień 2016r.
- [8] Interaktywna mapa obszarów NATURA 2000 <http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>, wrzesień 2016r.
- [9] Państwowy Monitoring Środowiska (PMŚ) <http://inspire.gios.gov.pl/portal/>, wrzesień 2016r.
- [10] Baza danych obiektów topograficznych (BDOT) <http://www.geoportal.gov.pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot#>, wrzesień 2016r.
- [11] Państwowy Instytut Geologiczny. Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno – inżynierskich. Warszawa: Ministerstwo Środowiska i PIG, 1999.
- [12] System Osłony PrzeciwOsuwiskowej (SOPO) <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/aplikacja>, wrzesień 2016r.
- [13] MIDAS <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/MIDASGIS/start>, wrzesień 2016r.
- [14] CBDG <http://bazagis.pgi.gov.pl/website/cbdg/viewer.htm>, wrzesień 2016r.
- [15] BDGI [http://geoportal.pgi.gov.pl/atlas\\_gi/projekt](http://geoportal.pgi.gov.pl/atlas_gi/projekt), wrzesień 2016r.
- [16] Centralny Bank Danych Hydrogeologicznych (CBDH), <http://spdpsh.pgi.gov.pl/PSHv7/>
- [17] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa 2009r.
- [18] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. „Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej lgo-1”. Warszawa: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Centrum Realizacji Inwestycji, 2016.
- [19] Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK) <http://mapy.isok.gov.pl/imap/>
- [20] Geoportal PLUSK <http://mapy.plusk.eu/imap/>, wrzesień 2016r.
- [21] Rejestr bezpośrednich zagrożeń szkodą w środowisku i szkód w środowisku <http://rejstry.gdos.gov.pl/>, wrzesień 2016r.
- [22] SEGI-AT Sp. z o.o.; Instytut Ochrony Środowiska; Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne ProGeo Sp. z o.o. Zasady sporządzania dokumentacji określających warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem dróg krajowych i autostrad. Warszawa: Ministerstwo Środowiska, 2006.
- [23] Archiwum Dokumentacji Mierniczo - Geologicznej [http://www.wug.gov.pl/o\\_nas/archiwum\\_dokumentacji](http://www.wug.gov.pl/o_nas/archiwum_dokumentacji), wrzesień 2016r.
- [24] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania próbek i dokumentacji geologicznych (Dz U z 2001 r., nr 153, poz.1780)
- [25] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod-7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1:Zasady ogólne.