

Fot. Artur Lewandowski/PKP PLK

Automatyczny monitoring geodezyjny stacji Warszawa Zachodnia

# Pomiary torów w ciągłym ruchu

Przebudowa stacji Warszawa Zachodnia to spore wyzwanie nie tylko ze względu na rozległy zakres prac, ale także realizację bez zamykania ruchu kolejowego. Kluczem do zachowania bezpieczeństwa jest zatem odpowiednio zaprojektowany monitoring geodezyjny.

**Tomasz Ziętkowski**

**W**arszawa Zachodnia jest jedną z największych i najbardziej ruchliwych stacji kolejowych w Polsce. Każdego dnia korzysta z niej średnio tysiąc pociągów (to rekord w skali kraju) i 60 tys. pasażerów (miejsce VI). Decydując się na przebudowę, inwestor uznał, że przy tak dużej randze obiektu trzeba uniknąć jego całkowitego zamknięcia na

długie miesiące. Z tego względu prace podzielono na kilka etapów. Północna część stacji to obecnie jeden wielki plac budowy, natomiast po południowej stronie, gdzie znajdują się istniejące torowiska, nadal poruszają się pociągi podmiejskie i dalekobieżne. Tuż obok powstaje zupełnie nowy Dworzec Zachodni z nowoczesnym zadaszeniem oraz innowacyjną instalacją fotowoltaiczną, która pozwoli na pozyskiwanie wprost ze słońca około 30% energii potrzebnej do zasila-

nia obiektów dworca, tj. hali, przejścia podziemnego oraz budynku wielofunkcyjnego. Od 19 grudnia 2021 r. pasażerowie mogą korzystać już z nowego peronu 6, z którego odjeżdżają m.in. pociągi pendolino.

Taka organizacja placu budowy stanowi nie lada wyzwanie dla inżynierów związanych z przebudową. By zapewnić bezpieczeństwo zarówno podróżnym, jak i ekipom budowlanym, firma Budimex jako generalny wykonawca kon-

traktu zdecydowała się na prowadzenie stałego monitoringu geodezyjnego. Wyzwania związanego z jego wdrożeniem i bieżącą obsługą podjęła się firma GEO-Instruments należąca do globalnej Grupy Keller – światowego lidera w geotechnice. Spółka posiada oddziały w Stanach Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii, Francji oraz Niemczech, a w Polsce ma biura w Bielsku-Białej, Jędrzejowie oraz Ożarowie Mazowieckim. Swoim klientom oferuje rozwiązania z zakresu monitoringu konstrukcji, próbnych obciążeń oraz badań fundamentów głębokich, kładąc nacisk na wykorzystanie systemów automatycznych.

Globalny charakter firmy sprawia, że posiada ona bogate doświadczenie. Razem z pozostałymi oddziałami obsługuje kilkadziesiąt stacji monitorujących bazujących na tachimetrach (AMTS – Automated Motorized Total Stations) działających m.in. na znanych i skomplikowanych inwestycjach kolejowych. Za przykład mogą posłużyć projekty Cross Rail w Wielkiej Brytanii czy California High Speed Rail w Stanach Zjednoczonych. Ale na ich tle Warszawa Zachodnia wcale nie jest „płatką”. Dla GEO-Instruments to obecnie jeden z największych geodezyjnych projektów monitoringowych. Do krajowych przedsięwzięć o podobnej skali zaliczyć można również budowę obejścia Węgierskiej Górki w ciągu

drogi ekspresowej S1, gdzie firma nadzoruje geodezyjny monitoring skarp, konstrukcji oporowych oraz obiektów mostowych.

## • Nie tylko tachimetr

Podstawą systemu wdrożonego na stacji Warszawa Zachodnia jest zmotoryzowany tachimetr Topcon MS1AXII zamontowany poza strefą oddziaływania robót budowlanych. Urządzenie posiada dokładność kątową 1" oraz dokładność pomiaru odległości rzędu 0,5 mm. Serce systemu stanowi skrzynka komunikacyjna Delta Link. Jest ona odpowiedzialna za proces sterowania instrumentem, gromadzenie danych pomiarowych oraz komunikację pomiędzy serwerem a tachimetrem za pomocą wi-fi, sieci komórkowej bądź tradycyjnego połączenia kablowego. Urządzenie posiada wbudowany sensor meteorologiczny, który na bieżąco pozyskuje aktualne dane (temperatura, ciśnienie oraz wilgotność) – na ich podstawie wyznaczane są następnie poprawki dla pomiarów odległości.

Cały system charakteryzuje się wysoką odpornością na trudne warunki zewnętrzne, jak deszcz czy niskie temperatury. Projektując go, pod uwagę wzięto nawet ewentualną utratę zasilania. Zarówno tachimetr, jak i cały osprzęt zasilany jest prądem 230 V z sieci budowy. Jeśli to źródło ulegnie awarii, SMS-em

wysyłany jest stosowny alert, tachimetr przechodzi zaś na zasilanie rezerwowe z akumulatora, podczas gdy pracownicy GEO-Instruments usuwają przyczynę braku zasilania.

Software'owym sercem całego układu jest oprogramowanie Topcon Delta Watch. Jako że zainstalowano je na zewnętrznym serwerze FTP, system pracuje niezawodnie przez 24 godziny, 7 dni w tygodniu. Program odpowiada za konfigurację wstępną, a następnie na podstawie założonych parametrów przetwarza i wyrównuje pozyskiwane dane pomiarowe w celu wyznaczenia całkowitych przemieszczeń punktów w każdej sesji pomiarowej.

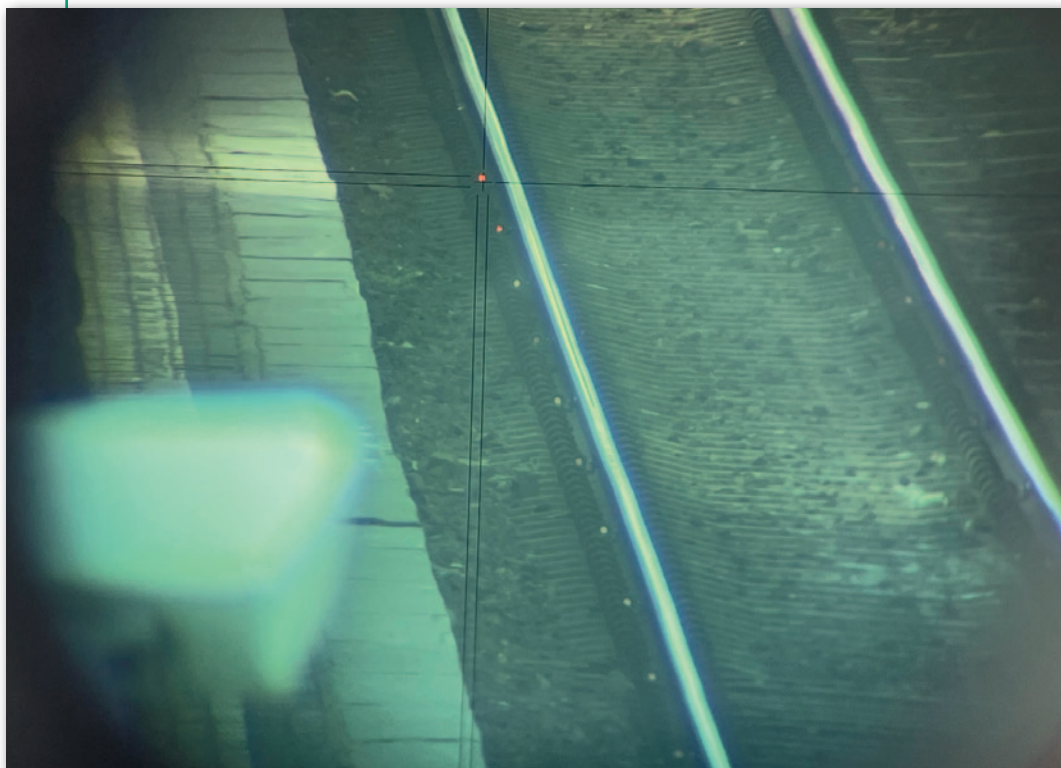
## • Sprawnie i precyzyjnie

Instalację systemu rozpoczęto wiosną 2021 r., co pechowo zbiegło się z kolejną falą pandemii w Polsce. Początkowo montaż oraz konfigurację rozwiązania wykonano przy wsparciu geodetów firmy Budimex. Po zainstalowaniu przyrządów na torowisku, jeszcze przed rozpoczęciem robót budowlanych, ruszyło zbieranie danych. W porozumieniu z generalnym wykonawcą cały system pracował w trybie testowym, aby przy tak złożonym projekcie oraz intensyfikacji prac towarzyszących zawczasu zidentyfikować ewentualne problemy w jego pracy.



Fot. Geo-Instruments

Stanowisko pomiarowe AMTS – widok w kierunku zachodnim



Fot. Geo-Instruments

Widok przez lunetę tachimetru Topcon MS1AXII na pryzmat zamontowany na torowisku

Docelowy monitoring ruszył wraz z rozpoczęciem wykopu podstropowego pod przyszły tunel, a więc latem 2021 r. Od tego momentu system pracuje nieprzerwanie, pozwalając na kontrolę i określanie parametrów torowiska w czasie rzeczywistym. Zgodnie z wymaganiami zamawiającego oraz generalnego wykonawcy monitoring obejmuje najbardziej niewralgiczną część torowiska – fragment toru nad przyszłym tunelem zlokalizowanym pod stacją. W tym celu zamontowano 50 pryzmatów (25 na każdy tok) na odcinku 120 metrów w przekrojach co 5 metrów. W przypadku punktów na torach najdłuższe celowe wynoszą 200 metrów, ale dla całego systemu sięgają nawet 300 metrów. Dotyczy to punktów zamontowanych na stałe na okolicznych budynkach, już poza strefą oddziaływania robót. Do ich montażu wykorzystano specjalne pryzmaty, które charakteryzują się dużą średnicą oraz wysokim współczynnikiem odbicia.

Czas pomiaru wszystkich punktów (nawiązania oraz monitorowanych) uzależniony jest od panujących warunków, jednak średnio trwa około 15 minut. W zależności od potrzeb pozwala to wykonać maksymalnie 3 sesje pomiarowe w ciągu godziny.

W celu zapewnienia najwyższej dokładności oraz precyzji wszystkie punkty referencyjne wyrównane zostały razem z osnową realizacyjną budowy. Następnie wyrównano sieć złożoną już ze wszystkich punktów wchodzących

do procesu pomiarowego deformacji i przemieszczeń. Po uwzględnieniu wyznaczanych na bieżąco poprawek meteorologicznych oraz odczytów z libelli instrumentu możliwe jest osiągnięcie dokładności pomiaru przemieszczeń nawet poniżej 1 mm.

Zgodnie z harmonogramem prace przy przebudowie stacji potrwać do przyszłego roku. W oczywisty sposób będą one wymuszały modyfikacje systemu monitoringu. Obecnie zainstalowane urządzenie z powodzeniem realizuje pomiary pryzmatów zamontowanych na torze 4 przy peronie 5. Ale w dalszych fazach budowy monitoringiem objęte będą dwa odległe torowiska w tym samym czasie, konieczne więc będzie wykorzystanie drugiego instrumentu.

### • Złożone dane w przystępnej formie

Przy tak dużej częstotliwości pomiarów oraz ilości zbieranych danych próba ich manualnego przetworzenia skończyłaby się niepowodzeniem – człowiek po prostu nie jest w stanie od razu skorelować ze sobą otrzymywanych surowych obserwacji. W celu szybkiego i intuicyjnego przeglądania danych firma GEO-Instruments wdrożyła na potrzeby tego kontraktu platformę monitoringową DeltaLive. Pozwala ona na interaktywne i zaawansowane przeglądanie wyrównanych już pomiarów. Ponadto powiadamia użytkownika przez SMS lub/i e-mail o przekroczeniu progów alarmowych.

Dane prezentowane na platformie są zabezpieczone przed dostępem osób trzecich, a klient otrzymuje możliwość tworzenia dowolnej liczby kont dostępowych. Atutem takiego rozwiązania jest to, że wyniki trafiają na platformę niezwłocznie po przetworzeniu w oprogramowaniu Delta Watch. Klient może więc analizować dane w czasie rzeczywistym i podglądać poszczególne punkty na mapie. Dostępna jest również opcja generowania własnych zestawień w formie wykresów, pobierania danych tabelarycznych czy tworzenia raportów i zestawień. Program umożliwia zarządzanie wieloma kontraktami jednocześnie – nie ma znaczenia, gdzie w danym momencie znajdują się urządzenia pomiarowe. W czasach pandemii funkcja ta stała się szczególnie cenna.

Na potrzeby kontraktów kolejowych firma GEO-Instruments implementuje również moduł Delta Rail, który pozwala na wyświetlanie bieżących parametrów torowiska, takich jak: profil toru, rozstaw, przechyłka czy skrzywienie, a więc danych pozyskiwanych dotąd manualnie przy wykorzystaniu np. toromierzy. Poszczególne wartości są przeliczane na podstawie zdefiniowanych wcześniej parametrów torowiska i na bieżąco aktualizowane. Oprogramowanie działa w modelu SaaS (*Software as a service*), pozwalającym na szybką i stabilną pracę usługi. Obsługa platformy odbywa się przez dedykowaną stronę WWW z dowolnego miejsca z dostępem do internetu.

### • Spory ruch, spore wyzwania

Rozmach projektu sprawa, że nie brak na nim wyzwań. Te pojawiły się już na początkowym etapie prac firmy GEO-Instruments. Tereny kolejowe mają bowiem to do siebie, że występuje na nich dużo infrastruktury towarzyszącej (semaforów, bramownic, słupów trakcyjnych itp.), którą trzeba uwzględnić podczas projektowania systemu monitoringu. Dobre odpowiedniego stanowiska oraz rozmieszczenie poszczególnych pryzmatów są kluczowe dla nieprzerwanego monitoringu w trakcie budowy.

Dodatkowych komplikacji dostarcza konieczność pracy na czynnym torowisku. Ze względu na wyłączenie części północnej stacji, poddawanej obecnie przebudowie, zwiększyła się częstotli-



Fot. Geo-Instruments

Widok z Warszawy Zachodniej w stronę centrum

wość kursowania pociągów na pozostałych torowiskach. Montaż przyzmatów na szynach trzeba więc było wykonywać pod presją czasu oraz okiem sygnalistów. Wymagało to dużej precyzji i koordynacji, stanowiąc nie lada wyzwanie pod kątem BHP.

Ruch pociągów komplikuje również bieżącą pracę systemu, czasowo ograniczając widoczność niektórych przyzmatów. Firma GEO-Instruments stosuje jednak kilka usprawnień, które pozwalają

zachować ciągłość prac. Po pierwsze, analizuje rozkład jazdy pociągów w celu wybrania jak najdłuższego „okienka” dla sesji pomiarowych, aby w miarę możliwości wykluczyć wjazd pociągu na stację w trakcie sesji. Po drugie, określany jest najdogodniejszy sposób pomiaru oraz liczba powtórzeń w momencie, gdy brak jest wizury do danego punktu. W przypadku czasowego zasłonięcia punktu system przechodzi do kolejnego, a po wykonaniu pełnego cyklu po-

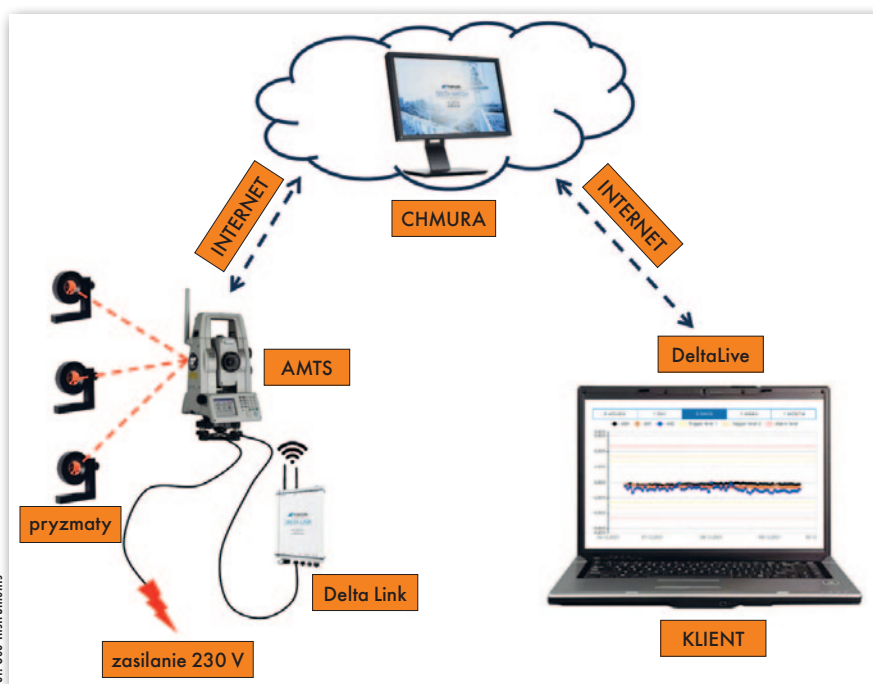
nawia pomiar niepomierzonych przyzmatów. Pociągi z reguły zatrzymują się na stacji na kilka minut, a więc zasłonięcie przyzmatów jest chwilowe. Wszystko to pozwala zminimalizować wpływ ruchu kolejowego na pomiary.

## ● Cenne doświadczenie dla użytkownika i producenta

Kolejne projekty monitoringowe z wykorzystaniem AMTS pozwalają firmie GEO-Instruments zbierać cenne doświadczenie. Na tej podstawie wprowadzane są coraz nowsze rozwiązania przy ścisłej współpracy z producentem systemu – firmą Topcon. Ta wzajemna współpraca nie skupia się jedynie na rozwoju oprzyrządowania, ale także oprogramowania, owocując pełnym wsparciem oraz rozwojem Delta Watch na naszym rynku. Każdy projekt dostarcza cennych wskazówek, pozwalając na wprowadzenie nowych niezawodnych funkcji, dzięki czemu pomiary deformacji konstrukcji stają się szybsze i dokładniejsze. Dodatkową zaletą rozwiązań z serii Delta jest możliwość zarządzania pomiarami wykonywanymi przez inne sensory, np. czujniki geotechniczne, odbiorniki GNSS czy niwelatory precyzyjne. Pozwala to oferować szeroką gamę usług pomiarowych na różnych kontraktach infrastrukturalnych zarówno w naszym kraju, jak i za granicą.

**Tomasz Ziętkowski**

kierownik projektów monitoringowych w GEO-Instruments Polska



Fot. Geo-Instruments

Schemat ogólny systemu monitoringowego AMTS firmy GEO-Instruments