

**POMIARY DRÓG KOLEJOWYCH I OBIEKTÓW Z NIMI ZWIĄZANYCH ORAZ  
OPRACOWANIE WYNIKÓW NA POTRZEBY MODERNIZACJI KOLEI  
KONWENCJONALNYCH**

**SURVEYING OF RAILROADS AND RELATED FACILITIES AND DEVELOPING  
RESULTS FOR THE CONVENTIONAL RAILWAY MODERNIZATION**

**Michał Strach**

Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa, Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie

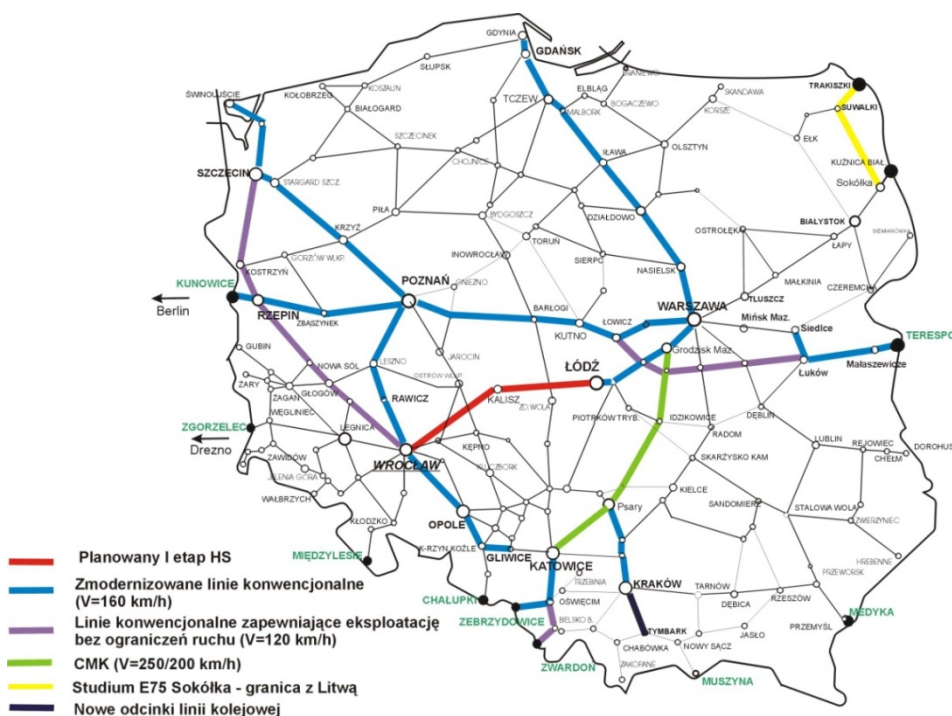
**SŁOWA KLUCZOWE:** pomiary geodezyjne dróg kolejowych, modernizacja kolei konwencjonalnych, oprogramowanie Bentley Rail Track.

**STRESZCZENIE:** Artykuł zawiera najważniejsze informacje dotyczące geodezyjnej obsługi modernizacji kolei konwencjonalnych. Charakteryzuje prace umożliwiające zmianę warunków użytkowania linii kolejowych poprzez przystosowanie ich do wyższych parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Opisuje zasady pomiaru elementów infrastruktury technicznej wraz z technologią precyzyjnych pomiarów inwentaryzacyjnych. Artykuł zawiera opis specjalistycznego wózka pomiarowego, zbudowanego w AGH na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, pracującego w oparciu o technikę RTK-GPS i metodę biegunową 3D. Przedstawia także opis możliwości zastosowania nowoczesnego oprogramowania firmy Bentley Systems Inc. Wykorzystywane jest ono do sporządzenia: map cyfrowych, projektu regulacji osi toru kolejowego, a także przygotowania danych do wytyczenia projektu w terenie. Oprogramowanie umożliwia również wygenerowanie plików wsadowych do komputerów pokładowych podbijarek torowych, realizujących projekt modernizacji dróg szynowych.

## **1. WSTĘP**

Stan polskiej infrastruktury kolejowej ulegał w ostatnich latach systematycznemu pogarszaniu. Powodem był brak wystarczających środków kierowanych na jej naprawy. Porównanie zmian prędkości rozkładowych oraz długości torów eksploatowanych z ograniczeniami prędkości świadczy o dekapitalizacji infrastruktury drogowej. W ciągu ostatnich 16 lat wyłączono z eksploatacji ponad 22% linii kolejowych. Aktualnie w zarządzie Spółki akcyjnej PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. znajduje się niespełna 19 tys. km tych linii. Tylko w okresie pomiędzy rokiem 2000 a 2007, prędkość kursowania pociągów została obniżona na 31,5% długości torów szlakowych i głównych zasadniczych. Prędkości większe od 160 km/h są możliwe do osiągnięcia zaledwie na 4,7% długości torów szlakowych. Odcinki, na których można rozwijać prędkość zaledwie do 80 km/h stanowią aż 40% długości dróg szynowych (Raport Roczny PKP PLK S.A., 2007).

Przyznanie Polsce dużych środków unijnych na rozwój infrastruktury transportowej jest wielką szansą dla kolei. Po latach niedoinwestowania możliwa jest modernizacja istniejących już linii, a także przeprowadzenie restrukturyzacji polskiej sieci kolejowej poprzez budowę nowych linii dużych prędkości między głównymi aglomeracjami (rys. 1). Prace mają służyć integracji polskiej infrastruktury z siecią transeuropejską (TEN *Trans-European Network*). Inwestycje są zlokalizowane głównie w tzw. pan-europejskich korytarzach transportowych, których przebieg został ustalony na konferencjach międzynarodowych na Krecie i w Helsinkach. Na konieczność modernizacji dotychczasowych linii oraz budowy nowych odcinków szybkiej kolei wpływa kilka czynników. Są to przede wszystkim umowy międzynarodowe: Traktat Akcesyjny, Europejska Umowa o Głównych Międzynarodowych Liniach Kolejowych (AGC) i Europejska Umowa o Ważniejszych Międzynarodowych Liniach Transportu Kombinowanego i Obiektach Towarzyszących (AGTC). Kolejnym istotnym elementem motywującym do prac na rzecz poprawy stanu infrastruktury kolejowej są względy ekologiczne, a tym samym potrzeba poprawy konkurencyjności kolei w stosunku do innych środków transportu.



Rys. 1. Projekty kolejowe planowane do realizacji w latach 2007–2011  
(Źródło PKP PLK S.A.)

Aby zapewnić sprawny i bezpieczny przewóz pasażerów i towarów, linie te muszą spełniać określone wymagania techniczne. Wymagania te zostały wymienione

w dyrektywie 2004/50/EC. Na ich podstawie opracowywane są techniczne specyfikacje interoperacyjności (TSI – *Technical Specifications for Interoperability*), określające szczegółowe parametry techniczne różnych podsystemów kolejowych o podstawowym znaczeniu dla sprawnego i bezpiecznego transportu pasażerów i towarów. Przedsiębiorstwo odpowiedzialne za infrastrukturę kolejową, chcąc realizować założone cele, musi transferować nową wiedzę, technikę i technologię na wszystkich poziomach swojej działalności.

Spółka PKP PLK S.A. zobowiązana jest do prowadzenia bieżącej kontroli stanu infrastruktury, przeprowadzając m.in. przeglądy oraz pomiary geodezyjne i diagnostyczne. Dokonuje także rejestracji wszelkich awarii i usterek, prowadzi konserwacje, naprawy bieżące i główne. W pracach związanych z utrzymaniem linii kolejowych, ich modernizacją, a także działaniami inwestycyjnymi uczestniczą zespoły geodezyjne spółki. Wśród nich znajdują się Zespoły Diagnostyczno – Pomiarowe, odpowiedzialne za pomiary dróg kolejowych i obiektów z nimi związanych. Zarówno geodeci zatrudnieni w spółce PKP PLK S.A. jak i zatrudnieni w firmach zewnętrznych i realizujący pomiary dróg szynowych winni zdobywać aktualną wiedzę na temat nowoczesnych technik pomiarowych i opracowania wyników w zakresie geodezji inżynieryjno – przemysłowej dotyczącej szczególnie geodezji kolejowej.

Artykuł zawiera informacje dotyczące geodezyjnej obsługi modernizacji kolei konwencjonalnych. Opisuje zasady pomiaru elementów infrastruktury technicznej wraz z technologią precyzyjnych pomiarów inwentaryzacyjnych. Zawiera także opis specjalistycznego wózka pomiarowego, pracującego w oparciu o technikę RTK-GPS i metodę biegunową 3D. Prezentuje również możliwości nowoczesnego oprogramowania firmy Bentley Systems Inc. w zakresie tworzenia map cyfrowych, projektu regulacji osi toru kolejowego, a także przygotowania danych do wytyczenia projektu w terenie. Opisuje także możliwości oprogramowania w generowaniu plików wsadowych do wysokowydajnych maszyn torowych.

## **2. MODERNIZACJA I ZASADY PROWADZENIA POMIARÓW NA OBSZARACH KOLEJOWYCH**

Modernizacja nawierzchni kolejowej umożliwia zmianę warunków użytkowania linii kolejowej poprzez przystosowanie jej do wyższych, założonych w projekcie, parametrów techniczno-eksploatacyjnych. W jej ramach wymianie podlegają podstawowe elementy konstrukcyjne nawierzchni, takie jak szyny, podkłady, podsypka i rozjazdy. Zmianie może ulec także układ geometryczny toru, urządzenia sterowania ruchem kolejowym, a także zasilanie elektroenergetyczne i sieć trakcyjna (rys. 2). Modernizację, podobnie jak remont, zalicza się do robót utrzymania nawierzchni. W Polsce do budowy i modernizacji nawierzchni kolejowej o parametrach  $V_p \max = 160 \text{ km/h}$  oraz nacisk 22,5 tony na oś wykorzystywane są następujące elementy: szyny, podkłady, podrozdajdnice, mostownice, podsypka, maty wibroizolacyjne, systemy odwodnienia oraz obiekty inżynieryjne, takie jak: przepusty, mosty i wiadukty (Grobelny M., 2009).

Geodeci, podobnie jak wszyscy pracownicy jednostek organizacyjnych zarządcy infrastruktury kolejowej oraz pracownicy przedsiębiorstw wykonujących prace torowe związane z utrzymaniem nawierzchni na zlecenie zarządcy, zobowiązani są do znajomości „*Warunków technicznych utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1*” (D-1).

Poszczególne rozdziały tego dokumentu wprowadzają m.in. klasyfikację linii i torów, określają wymagania techniczne utrzymania nawierzchni, warunki techniczne układu geometrycznego toru. Przedstawiają także sposoby utrzymania toru bezстыkowego, wykonywania robót torowych, bezpieczeństwa przy utrzymaniu nawierzchni oraz poruszają zagadnienia związane z diagnostyką nawierzchni.



Rys. 2. Fragment torowiska stacji Poznań Główny przed i po modernizacji z nowymi przytorowymi urządzeniami sterowania ruchem kolejowym (Gawroński J., 2008)

Osoby wykonujące prace geodezyjne i kartograficzne na obszarach kolejowych realizują je według metod i zasad technicznych podanych w powszechnie znanych geodezyjnych instrukcjach i wytycznych technicznych. Niezwykle istotnym uzupełnieniem jest *Instrukcja D-19 „Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej”*, wydana jako zarządzenie Nr 144 Zarządu PKP z dnia 23 października 2000 r. Jej przepisy obejmują ten rodzaj robót geodezyjnych, których technologia odbiega od pomiarów przedstawionych w instrukcji Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, a dotyczących głównie zasad pomiarów na obszarze kolejowym.

Przedmiotem pomiarów sytuacyjno – wysokościowych są szczegóły stanowiące treść mapy zasadniczej oraz dodatkowo szczegóły niezbędne do opracowania mapy dla celów projektowych, określonych w przepisach ustawy „*Prawo geodezyjne i kartograficzne*”. Dodatkowo pomiarem należy objąć szereg specyficznych dla obszaru kolejowego obiektów. Należą do nich:

- urządzenia techniczno-kolejowe takie jak: osie torów, rozjazdy, ukresy, sygnalizatory (semafony, tarcze), wskaźniki drogowe, urządzenia automatyki kolejowej, uzbrojenie podziemne kolejowych urządzeń eksploatacyjnych;
- szerokość międzytorzy na wysokości słupów hektometrowych i słupów trakcyjnych;
- początek i koniec rozjazdów, długość oraz skos rozjazdów;
- szerokość i długość peronów;
- skrajnie słupów i bramek trakcyjnych, semaforów, tarcz i innych trwałych obiektów występujących w układzie torowym;

- nazwa siedziby jednostek organizacyjnych PKP i komórek wykonawczych, nazwy posterunków ruchowych, nazwy jednostek podziału administracyjnego, obrębów ewidencyjnych, rodzaj i charakter obiektów budowlanych oraz numery porządkowe budynków lub nieruchomości.

Wykonując pomiary mostów, wiaduktów, przepustów i tuneli należy określić ich długość i światło. W przypadku pomiaru słupów trakcyjnych systemu wieżowego, kotwowego lub bramowego należy oprócz osi tego słupa pomierzyć głowice betonowe i obrysy zewnętrzne fundamentów o ile są widoczne.

Pomiary osi torów wykonuje się osiowo. Na odcinkach prostoliniowych, co 50 m. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na łukach uzależnione jest od długości ich promieni. Przy promieniu większym od 400 m, punkty odległe są co 20 m, przy promieniach mniejszych, tor mierzy się co 10 m. Dopuszcza się zwiększenie zagęszczenia punktów pomiarowych w zależności od wymogów zlecniodawcy.

W przypadku inwentaryzacji rozjazdów prostych (np. rozjazdów zwyczajnych) mierzy się punkt początkowy rozjazdu tzw. styki przedigliczne, punkty końcowe rozjazdu - styki za krzyżownicą, zarówno w kierunku zasadniczym (prostym), jak i w kierunku zwrotnym jazdy (krzywym). Należy także określić: skos, długość i typ rozjazdu. Inwentaryzacja skrzyżowań i rozjazdów krzyżowych polega na pomiarze 4 punktów, będących stykami szyn za krzyżownicami, dla rozjazdów krzyżowych wyznacza się również położenie środka tego rozjazdu.

W trakcie prowadzenia pomiarów sporządza się szkice polowe. Szczegóły przedstawia się na nich znakami umownymi w oparciu o instrukcję K-1. W przypadku prezentacji urządzeń technicznych kolejowych stosuje się „*Katalog kolejowych znaków branżowych*” stanowiący załącznik nr 1 do instrukcji D-19.

Wysokości punktów układu torowego i armatury naziemnej uzbrojenia podziemnego należy wyznaczyć metodą tachymetryczną i dodatkowo metodą niwelacji geometrycznej. Odchyłka między rzędnymi z pomiaru obiema metodami nie może przekroczyć  $\pm 1$  cm. Odchylenia większe od podanej wartości kwalifikują pomiar tych punktów do powtórzenia.

Osobnym zagadnieniem jest niwelacja profilu podłużnego linii kolejowej (niwelacja profilowa). Do jej opracowania wykonuje się najpierw niwelację reperów. W celu określenia wysokości wszystkich punktów potrzebnych do sporządzenia profilu podłużnego niwelację profilową należy nawiązać do wszystkich reperów znajdujących się na danej linii. Sposób prowadzenia niwelacji uzależniony jest od liczby torów i ich geometrii. Na linii dwutorowej pomiarowi podlegają toki skrajne na prostych, zaś na łukach toki wewnętrzne. Dla linii jednotorowej niwelację prowadzi się na toku prawym na prostych i na toku wewnętrznym na łukach. Na przejazdach w łuku pomiarem obejmuje się główki szyny wszystkich toków (wewnętrznych i zewnętrznych) oraz obszar na długości 50 m od osi toru lub międzytorza, w celu wykorzystania tych danych przy projektowaniu niwelety. Dodatkowym pomiarem należy objąć punkty charakterystyczne terenu, u podnóża nasypu lub na krawędzi wykopu, z obydwu osi toru w kierunkach do niej prostopadłych z dokładnością do 10 cm. Niwelację tą można prowadzić oddzielnie, w nawiązaniu jednak do główki szyny i bieżącego kilometrażu.

### 3. ZASTOSOWANIE NOWOCZESNYCH URZĄDZEŃ W POMIARACH NAWIERZCHNI KOLEJOWEJ.

Zgodnie z Instrukcją D-19 do pomiaru osi torów i rozjazdów należy zastosować poziomą łąkę z pryzmatem dalmierczym wyznaczającym tę oś. Ta sama instrukcja podaje, że położenie toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej w stosunku do toru sąsiedniego i obiektów infrastruktury kolejowej nie może być większe niż +2 cm od wielkości normatywnych. Mając na względzie wskazane kryterium dokładności, można zastosować nowoczesne urządzenia w pomiarach dróg kolejowych. Umożliwiają one zdecydowane przyspieszenie pomiarów. Szwajcarska Komisja Technologii i Innowacji (Swiss Commission for Technology and Innovation) zaproponowała podział systemów pomiarowych na trzy grupy w zależności od efektywności i szybkości prowadzenia prac (Glaus R., 2006). Do pierwszej grupy należą urządzenia o wydajności pomiaru ok. 0,5 km trasy na godzinę. W drugiej, najliczniejszej grupie, znajdują się systemy o szybkości pomiaru w granicach 0,5÷5 km drogi szynowej na godzinę. W ostatniej grupie znajdują się urządzenia pozwalające zmierzyć nawet ponad 250 km trasy w ciągu godziny.

Do systemów z pierwszej grupy można zaliczyć m.in. poziomą łąkę z pryzmatem dalmierczym, wskazywaną przez Instrukcję D-19. Ustępuje ona jednak miejsca systemom z pozostałych grup, opisanych obszerniej w pracy (Strach M., Piekarczyk M., 2009). Urządzenia sklasyfikowane w drugiej grupie umożliwiają pomiar i wyznaczenie parametrów reprezentujących geometrię wewnętrzną toru: prześwit, gradient szerokości, przechyłkę, wichrowatość, nierówności toków szynowych w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Dzięki wyposażeniu systemów w urządzenia geodezyjne można nimi wyznaczyć także geometrię i położenie trasy kolejowej.

Pierwszy polski system, należący do drugiej grupy pomiarowej został opracowany w Katedrze Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie (Strach M., 2003) (rys. 3). Jego budowę oparto o toromierz elektroniczny TEB-1435. Urządzenie umożliwia pomiar podstawowych parametrów geometrii wewnętrznej toru co 0,5 m. Realizuje pomiar szerokości torów w granicach 1420÷1485 mm i przechyłki o maksymalnej wartości  $\pm 200$  mm. Nierówności pionowe toromierz wyznacza w zakresie  $\pm 4$  mm/1 m, zaś nierówności poziome w zakresie  $\pm 5$  mm/1 m. Urządzenie wyznacza wszystkie wymienione parametry geometryczne z rozdzielczością 0,1 mm. Wszystkie wielkości rejestrowane przez toromierz służą do wprowadzania odpowiednich korekt do wyznaczonych położenia punktów osi toru. Korekty te, wynikają z wysokiego usytuowania punktów obserwowanych, które są sygnalizowane anteną satelitarną GPS lub reflektorem pryzmatycznym.



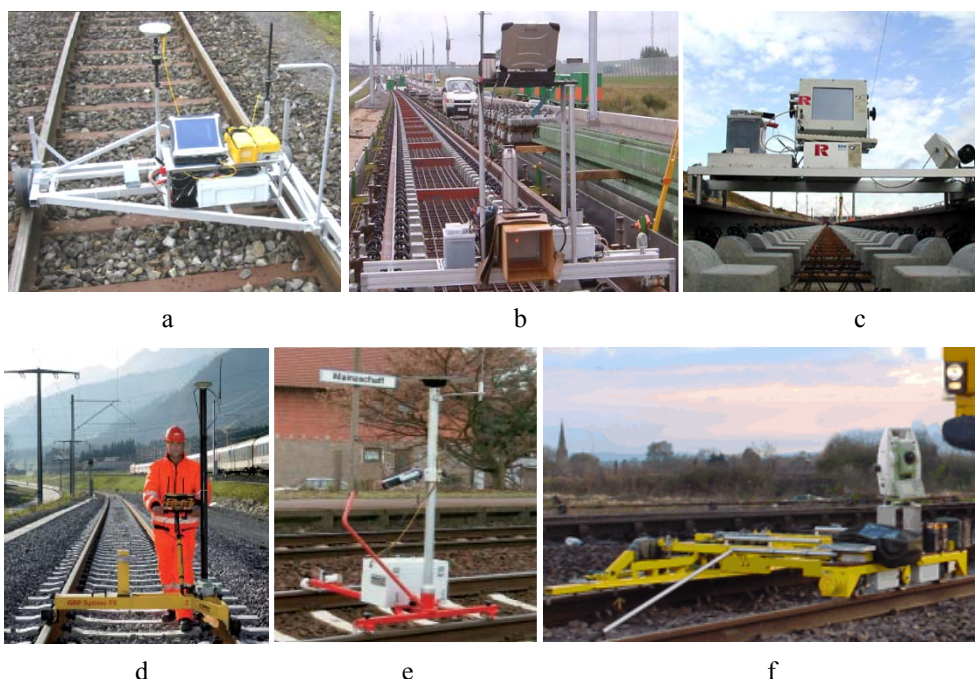
Rys. 3. Wózek pomiarowy zbudowany w AGH na bazie toromierza elektronicznego

Na ramieniu toromierza zamontowano specjalną kolumnę, na której umieszcza się antenę GPS umożliwiającą pomiar RTK GPS. Praca tą metodą możliwa jest w oparciu o system ASG/EUPOS lub stacje referencyjne zakładane na punktach osnów geodezyjnych. W przypadku inwentaryzacji torów położonych w pobliżu wysokich przeszkód terenowych na kolumnie umieszcza się wymiennie reflektor pryzmatyczny. Takie rozwiązanie umożliwia prowadzenie precyzyjnych pomiarów z wykorzystaniem tachymetru. Uzyskane w pomiarach inwentaryzacyjnych współrzędne punktów reprezentujących rzeczywistą oś toru stanowią podstawę do opracowania projektu regulacji. Dodatkowo istnieje możliwość instalacji dalmierza bezreflektorowego DISTO, przeznaczonego do pomiaru odległości pomiędzy osią toru, a obiektami usytuowanymi wzdłuż toru. Pomierzone odległości wykorzystuje się do kontrolowania skrajni budowli w trakcie przygotowywania projektu regulacji toru. System wykorzystuje urządzenia firmy Leica. Są to: odbiorniki satelitarne GPS serii 500, tachymetr TC 2002 lub TCA 2003. Możliwe jest jednak zastosowanie w pomiarach tachymetrów i odbiorników GPS innych firm.

W tej samej grupie urządzeń pomiarowych znajdują się m.in. następujące systemy:

- *Swiss Trolley* Instytutu Geodezji i Fotogrametrii w Zurychu (rys. 4a),
- *Intermetric Gleismesswagen* firmy Intermetric (rys. 4b),
- *Hergie* firmy Rhomberg Bahntechnik (rys. 4c),
- *GRP FX* zbudowany przez firmę Amberg (rys. 4d),
- *Geo++® GNBAHN* skonstruowany przez firmę Geo++ (rys. 4e),
- *TQM* (Track Quality Measuring) zbudowany przez Polaka Edwarda Lena (rys. 4f).

Do trzeciej grupy systemów zaliczane są specjalne jednostki wykonujące pomiar 250 kilometrów trasy na godzinę. Są one przeznaczone do obsługi kolei dużych prędkości, które muszą gwarantować nie tylko wysoki komfort jazdy, ale również bezpieczeństwo. Jednym z takich urządzeń jest specjalna jednostka IRIS 320, która została zbudowana na bazie istniejącego składu TGV Réseau 4530.



Rys. 4. Wózki pomiarowe systemów: a) *Swiss Trolley*, b) *Intermetric Gleissmesswagen*, c) *Hergie*, d) *GRP FX*, e) *Geo++® GNBAHN*, f) *TQM*

#### 4. ZASTOSOWANIE OPROGRAMOWANIA BENTLEY SYSTEM INC. W MODERNIZACJI KOLEI KONWENCJONALNYCH.

Podniesienie funkcjonalności sieci linii kolejowych odbywa się poprzez utrzymywanie wysokich konstrukcyjnych standardów technicznych, ale i poprawę układów torowych poszczególnych linii i węzłów. W procesie modernizacji tras szynowych stosuje się aktualnie specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające pełną automatyzację prac projektowych i synergię w zarządzaniu projektami poszczególnych branż. Wśród najbardziej znanych, komercyjnych aplikacji kolejowych prym wiodą: *Bentley Rail Track*, *VESTRA* z modułem *Bahn* oraz *CARD/1*.

Jednym z najpopularniejszych programów do projektowania tras kolei konwencjonalnych i dużych prędkości jest oprogramowanie *Bentley Rail Track* firmy Bentley Systems Inc. Zastąpił on dostępne poprzednio programy *InRail* i *MXRAIL* (dawny *MOSS*) łącząc ich najlepsze cechy w jeden produkt (rys. 5). Program wchodzi w skład pakietu *Bentley InRoads*, stosowanego w inżynierii lądowej i wodnej. Pakiet zawiera sześć programów: *InRoads*, *Bentley Rail Track*, *InRoads Site*, *InRoads Bridge*, *InRoads Storm&Sanitary* i *InRoads Survey*. Aplikacje stanowią kompletne rozwiązania automatyzujące prace projektowe. Znajdują zastosowanie przy wspomaganie projektowania, przebudowy i modernizacji dróg i tuneli, projektowaniu węzłów drogowych, rurociągów, lotnisk, linii kolejowych i trakcji transportu szynowego, modelowaniu konstrukcji mostowych, pracach ziemnych i odwadniających, w hydrologii oraz w zarządzaniu i utrzymaniu sieci



infrastruktury drogowej. Aplikacje umożliwiają opracowanie: map warstwicznych, przestrzennego modelu terenu, przekrojów podłużnych i poprzecznych, a także planowanie przebiegu inwestycji, czy sporządzenie niezbędnej dokumentacji.

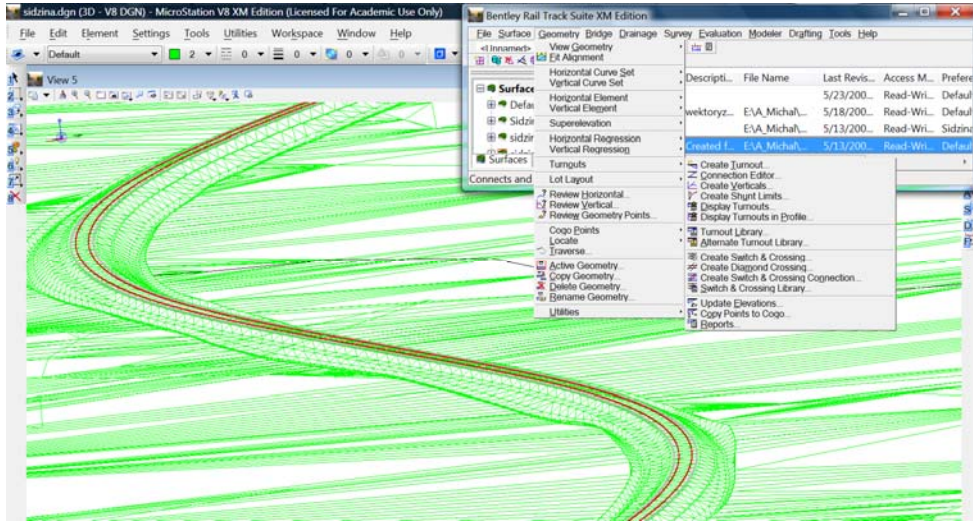
Rodzina programów *Bentley InRoads* nie ma własnego interfejsu graficznego i korzysta z najpopularniejszych na rynku platformach CAD. Użytkownik ma do wyboru program *AutoCAD* lub *Microstation*. Obecnie firma Bentley Systems, Inc. oferuje wersję *InRoads Suite V8i* współpracującą zarówno z programem *AutoCAD* (w wersji 2008 i 2009), jak i programem *Microstation V8i*. Program w najnowszej wersji pozwala na importowanie danych z wielu źródeł. Możliwe jest wczytanie plików utworzonych w oprogramowaniu konkurencyjnych firm, wczytanie i obróbkę danych pochodzących z geodezyjnych urządzeń pomiarowych takich jak: tachymetry, niwelatory, odbiorniki GPS. Program pozwala na pracę na danych pochodzących z naziemnych skanerów laserowych, z lotniczych skanerów laserowych typu LIDAR (ang. Light Detection and Ranging), a także z każdego pliku ASCII, zawierającego jakiejkolwiek informacje tekstowe. Scentralizowana baza stanowi wspólne źródło danych dla wszystkich produktów z rodziny *InRoads*. Takie rozwiązanie umożliwia płynną współpracę pomiędzy wszystkimi aplikacjami należącymi do pakietu. Dzięki wspólnemu dostępowi do bazy danych nad projektem może pracować wielu użytkowników.

Oprogramowanie *Bentley Rail Track V8i* to aktualnie najnowsza wersja. Posiada ona zestaw narzędzi do trójwymiarowego projektowania nowej traktacji, regulacji istniejącej osi toru (rys. 6), a także zarządzania i nadzorowania budowy elementów linii kolejowej. Interaktywne generowanie geometrii trasy jest możliwe dzięki narzędziom rysującym elementy według metod typowych dla projektowania linii kolejowych. Możliwe jest przeprowadzenie regulacji osi torów z wykorzystaniem analizy regresji dla pojedynczych lub zgrupowanych elementów. Projektant ma do wyboru odcinki prostoliniowe, łuki kołowe oraz szereg zdefiniowanych krzywych przejściowych: kłotoide, krzywą Blossa, parabolę sześcienną i czwartego stopnia, sinusoidę, kosinusoidę itp. Szersze omówienie możliwości tej aplikacji można znaleźć m.in. w pracy (Strach M., 2006).

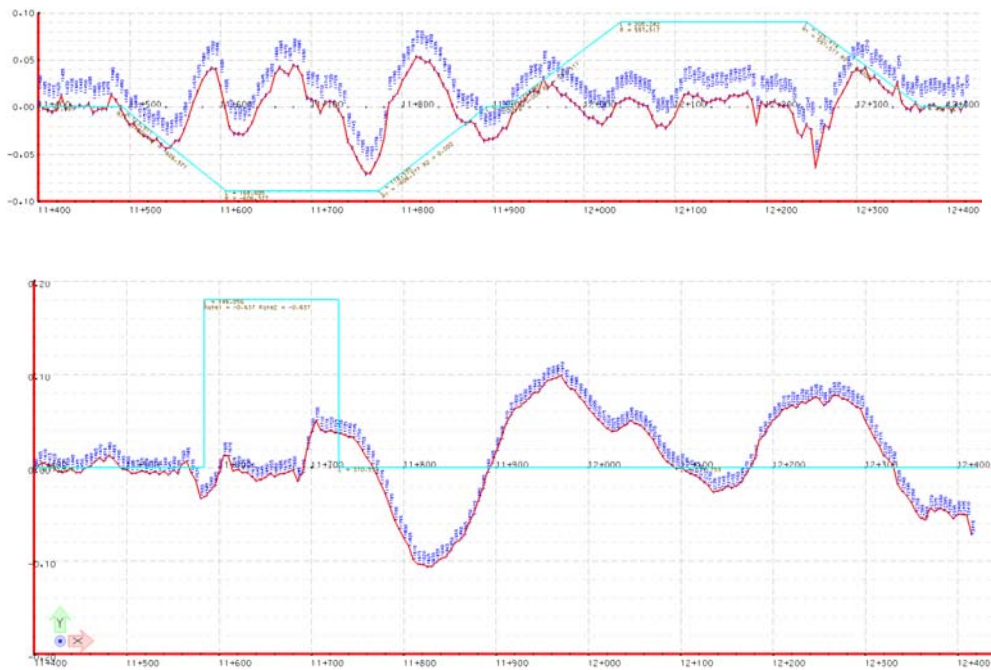
Program umożliwia projektowanie rozjazdów i połączeń torów. Efektywność pracy projektanta zwiększa się dzięki dołączonej do programu biblioteki rozjazdów i skrzyżowań. Istnieje także możliwość modyfikacji istniejących rozjazdów zgodnie ze standardami obowiązującymi w danym kraju.

Bardzo przydatną funkcją *Bentley Rail Track* jest opcja umożliwiająca wygenerowanie plików zawierających projekt geometrii toru wraz z informacją o przechyłkach i znakach regulacji toru do wysokowydajnych maszyn torowych. Dostępne są translatory tworzące pliki *WinALC* do podbijarek firmy Plasser&Theurer oraz pliki w systemie *PALAS* do podbijarek Matisa.

Oprogramowanie umożliwia także przygotowanie danych dla geodetów realizujących tyczenie linii kolejowej oraz wszystkich obiektów z nią związanych. Program generuje raporty i pliki ze współrzędnymi tycznych punktów, a także z wielkościami do odłożenia w terenie z wykorzystaniem tachymetrów. Dodatkowym narzędziem jest translator przygotowujący pliki z geometrią i numerycznym modelem terenu do instrumentów Trimbla oraz w formacie DBX 1200 do instrumentów Leica.



Rys. 5. Ogólny widok interfejsu graficznego *MicroStation* wraz z oknami programu *Bentley Rail Track*



Rys. 6. Wygenerowane wykresy z wartościami do nasunięcia toru (powyżej) i podbicia toru (poniżej)

## 5. PODSUMOWANIE

Modernizacja dróg kolejowych wraz z wymianą urządzeń automatyki realizowana jest w Polsce od wielu lat. Niestety ze względu na brak wystarczających środków finansowych zwykle realizowano ją na pojedynczych odcinkach. Dzięki zaangażowaniu środków publicznych (funduszy Unii Europejskiej oraz budżetu państwa) możliwa jest kompleksowa modernizacja infrastruktury kolejowej na większą skalę. Wśród korzyści wynikających z modernizacji szlaków kolejowych można wymienić:

- krótszy czas przejazdu pomiędzy stacjami,
- zwiększenie liczby pociągów kursujących na danej linii (większa przepustowość linii),
- odciążenie innych środków komunikacji miejskiej,
- umożliwienie bezpośredniego dojazdu z lotnisk do centrów miast,
- utworzenie węzłów przesiadkowych (kolej, tramwaj, autobus, samochody osobowe)
- zwiększenie estetyki infrastruktury kolejowej.

Pożytki z modernizacji będzie można czerpać jedynie dzięki pełnej współpracy pomiędzy branżami realizującymi wspólny cel. Wśród nich istotną rolę odgrywa także branża geodezyjna. Geodeci mają świadomość, że w ostatnich latach nastąpił ogromny postęp zarówno w technologii pomiarowej jak i dostępie do programów graficznych i obliczeniowych. Nie sposób z tego korzystać bez zdobywania nowej wiedzy. Artykuł przybliży geodetom wykonującym prace na terenach kolejowych nowoczesne techniki pomiarów i obliczeń związane z obsługą budowy i modernizacji dróg szynowych.

## 6. LITERATURA

- Gawroński J., 2008. Modernizacje węzłów kolejowych. *Infrastruktura Transportu* nr 3/2008. Wydawnictwo ELAMED.
- Glaus R., 2006. *The Swiss Trolley - A Modular System for Track Surveying*, Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz; Akademie der Naturwissenschaften Schweiz,
- Grobelny M., 2009. Budowa, modernizacja, naprawa i remonty nawierzchni kolejowej - urządzenia i elementy. [www.rynek-kolejowy.pl/](http://www.rynek-kolejowy.pl/); marzec 2009.
- Strach M., 2006. Wykorzystanie aplikacji firmy Bentley do projektowania transportu kolejowego. *Geodezja*: półrocznik AGH.
- Strach M., Piekarczyk M., 2009. Nowoczesne urządzenia w pomiarach dróg kolejowych. *Problemy kolejnictwa*, z. 147. Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Warszawa. Praca w druku.
- Strach M., 2003. Ocena możliwości wykorzystania techniki satelitarnej RTK GPS do regulacji osi torów kolejowych- praca doktorska, Kraków
- Raport Roczny PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. 2007, *Kolejowa Oficyna Wydawnicza Sp. z o. o.*, Warszawa, 2008.

Praca została wykonana w ramach zadania badawczego AGH o nr 11.11.150.005

**SURVEYING OF RAILROADS AND RELATED FACILITIES AND DEVELOPING  
RESULTS FOR THE CONVENTIONAL RAILWAY MODERNIZATION**

KEYWORDS: surveying of railroads, conventional railway modernization, Bentley Rail Track software

SUMMARY: This article contains the most important information about surveying services for the modernization of the conventional railway. It describes works enabling the change of railway line operation conditions by adjusting them to higher technical and operating parameters. It features the principles of measurement of the technical infrastructure elements together with precise survey measurements. This article contains a description of a specialized measuring cart, built in the AGH Department of Mining, Surveying and Environmental Engineering, working on the basis of RTK-GPS technique and the 3D polar method. It also presents a description of the potential use of modern software by Bentley Systems Inc. The software is used for making digital maps, preparing designs for railway track axis adjustments, as well as preparing data for setting out of the design on site. Bentley Rail Track software also enables generating batch files for on-board computers of tamping machines, which perform railway track modernization works.

Dr inż. Michał Strach  
e-mail: strach@agh.edu.pl  
tel. +12 6172314