

Maciej Jamka, Sergiusz Lisowski, Michał Strach

# Zastosowanie nowoczesnych technik pomiaru i oprogramowania do regulacji osi torów

**Optymalizacja geometrii osi toru, kojarzona jest powszechnie z pojęciem regulacji osi toru. Projekty regulacji osi toru kolejowego na sieci PKP wykonuje się obecnie metodą analityczną. Powszechnie stosowane są programy do projektowania prostoliniowych odcinków toru w oparciu o dane zawierające rzędne i odcięte punktów osiowych w stosunku do przyjętej prostej lub ciągu poligonowego, a regulację osi toru na odcinkach krzywoliniowych toru opracowuje się stosując programy bazujące na danych z pomiaru strzałek nierówności poziomych.**

W artykule przedstawiono wyniki optymalizacji geometrii osi toru opracowane dwiema niezależnymi metodami obliczeń: metodą bazującą na względnym układzie współrzędnych związanych z osią toru, tzw. metodą ewolwent, oraz metodą wykorzystującą bezwzględny układ współrzędnych w jakim wyznaczono położenie punktów osi toru.

Oba wymienione programy zastosowano do opracowania projektu regulacji osi torów przyperonowych nr 9 i 11 w stacji Kraków Główny.

## Pomiary terenowe

### Charakterystyka odcinków torów poddanych regulacji

Regulacji w płaszczyźnie poziomej poddano dwa odcinki torów stacyjnych o numerach 9 i 11, położonych po obu stronach peronu nr 1 w stacji Kraków Główny (rys. 1).

Pomiary w torze nr 9 przeprowadzono na długości 271 m w km 70.5+73,05÷70.8+44,16, a w torze nr 11 na długości 212 m w km 70.5+00÷70.7+12,19. Analizowane odcinki toru składają się z elementów prostoliniowych i wyokrąglających je łuków kołowych. W torze nr 9 na krótkim odcinku prostej położony jest rozjazd zwyczajny o promieniu  $R = 300$  m, z którego odgałęzia się tor nr 11.

### Opis technologii pomiaru

Pomiary w układzie względnym [2], przeprowadzono metodą poligonową na prostych odcinkach toru

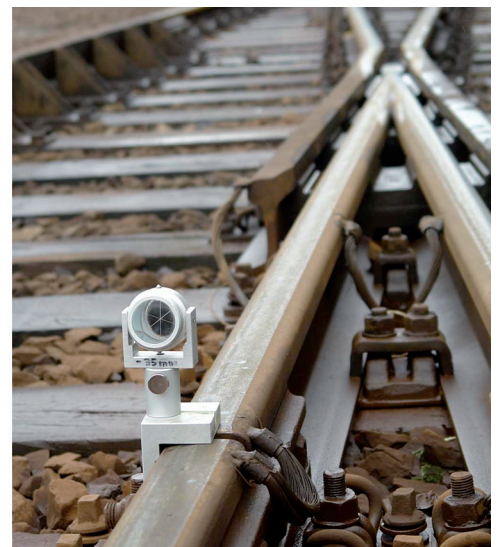
oraz poprzez pomiar strzałek na odcinkach krzywoliniowych torów. Pomiar strzałek wykonano do cięciwy o długości 40 m, realizowanej przez oś celową teodolitu stawianego w osi toru. Na cięciwy, rzutowano również – podobnie jak w przypadku prostych, znaki regulacji osi toru oraz obrysy krawędzi peronu.

W pomiarach w układzie bezwzględnym [3, 4], wykorzystano tachymetr TOPCON GPT 9000A, stosując metodę biegunową 3D. Oba odcinki toru zinwentaryzowano w odstępach co 10 m, zaś łączący je rozjazd w punktach charakterystycznych – w punkcie początkowym rozjazdu i na końcach rozjazdu. Podczas opracowania projektu regulacji wzięto pod uwagę skrajnię budowli [7]. Elementami, które uwzględniono w projekcie regulacji były krawędzie peronu oraz semafony i słupy trakcyjne. W analizowanym przykładzie na wszystkich słupach założono nowego rodzaju znaki regulacyjne osi toru. Podczas pomiaru na znakach mocowano w specjalnych uchwytach reflektory pryzmatyczne (rys. 2), wyznaczające położenie powierzchni czołowej znaku. Po wykonaniu pomiarów wyznaczono współrzędne punktów związanych z krawędzią wewnętrzną główki szyny (rys. 1) oraz współrzędne znaków regulacyjnych osi toru.

## Projekty regulacji osi toru

### Charakterystyka oprogramowania

Na rynku istnieje kilka komercyjnych programów [11, 12], służących do sporządzania projektów tras kolei konwencjonalnych i dużych prędkości. Jednym z najpopularniejszych jest oprogramowanie Bentley Rail Track, wchodzące w skład rodziny sześciu aplikacji o wspólnej nazwie Bentley InRoads Suite. Aplikacje znajdują zastosowanie w automatyzacji prac projektowych w za-



Rys. 1. Fragment inwentaryzowanego toru nr 9 i 11 oraz sposób przykładania reflektora pryzmatycznego do toku szynowego



Rys. 2. Znak (wskaznik) regulacji toru umieszczony na słupie trakcyjnym oraz reflektor przyrządczy z uchwytem mocującym, założony na jednym ze wskaźników

kresie inżynierii lądowej i wodnej. Wykorzystuje się je przede wszystkim we wspomaganiu projektowania, pracach ziemnych i odwadniających, przebudowie i modernizacji dróg i tuneli, modelowaniu konstrukcji mostowych, projektowaniu węzłów drogowych, rurociągów, lotnisk, linii kolejowych i trakcji transportu szynowego, 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. Aplikacje te nie mają własnego interfejsu graficznego i korzystają z najpopularniejszych na rynku platformach CAD. Projektant może zdecydować się na pracę na najnowszych wersjach platform Microstation lub AutoCAD. Opisywane aplikacje umożliwiają import danych z wielu źródeł. Możliwe jest wczytanie plików utworzonych w oprogramowaniu konkurencyjnych firm, wczytanie i obróbkę danych pochodzących z geodezyjnych urządzeń pomiarowych, takich jak: odbiorniki GPS, tachymetry, niwelatory. Program pozwala na pracę na danych pochodzących z naziemnych skanerów laserowych, z lotniczych skanerów laserowych typu LIDAR (*Light Detection and Ranging*), a także z każdego pliku ASCII. 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.

Najnowsza wersja oprogramowania posiada zestaw narzędzi do trójwymiarowego projektowania nowej trakcji, regulacji istniejącej osi toru, 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 wiele zdefiniowanych krzywych przejściowych: kłotoide, krzywą Blossa, parabolę sześcienną i czwartego stopnia, sinusoidę, kosinusoidę itp.

Oprogramowanie 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 tego programu jest opcja umożliwiająca wygenerowanie plików zawierających projekt geometrii toru wraz z informacją o przechytkach i znakach regulacji toru do wysokowydajnych maszyn torowych [5]. 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 tyczonych 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.

Opracowany przez dr. inż. Wiktora Gogolińskiego w latach 70. XX w. program SPRINT bazuje na pomiarach położenia osi toru w układzie względnym, a więc pomiary strzałek na stałej cięciwie lub współrzędnych osi toru w stałych (10, 20, 40 m) odległościach. Program optymalizuje wartość przesunięć przy użyciu metody najmniejszych kwadratów. Obecnie po przejściu kilku modyfikacji, pod nazwą REGTOR, stał się podstawowym programem do wykonywania projektów regulacji osi toru na sieci PKP. Program ten umożliwia (przy założonych długościach krzywych przejściowych) dobór optymalnego promienia łuku (pojedynczego, kosowego, parabolicznego lub łuku odwrotnego) i minimalizację przesunięć oraz możliwość uzyskania zadanego przesunięcia w określonych punktach regulowanego łuku [1].

### Opracowanie projektu regulacji osi toru w płaszczyźnie poziomej w układzie bezwzględny

Przy wykonywaniu regulacji kierowano się zasadą minimalizacji przesunięć zinventaryzowanego toru z jednoczesnym nałożeniem warunków dotyczących zachowania skrajni budowli oraz odpowiedniej geometrii toru.

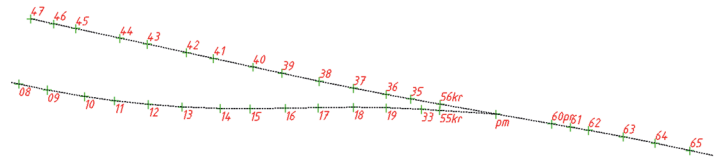
Pracę rozpoczęto od wczytania do oprogramowania współrzędnych punktów charakterystycznych obu torów. W efekcie otrzymano obraz odcinków toru w rzucie poziomym (rys. 3). Po wygenerowaniu wykresu krzywizn (rys. 4) można było przyporządkować poszczególnym punktom odcinki tworzące geometrię trasy.

Dotychczasowe programy stosowane przez projektantów bazowały na pomierzonych strzałkach. Z ich pomocą można było wyregulować jedynie odcinek toru składający się z łuku kołowego, kosowego lub łuku odwrotnego z przyległymi do niego krzywymi przejściowymi.

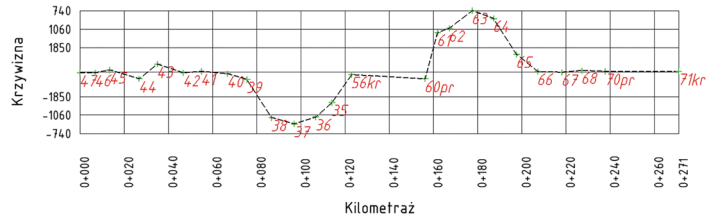
Główną zaletą zastosowanego oprogramowania, na tym etapie projektowania jest możliwość przeprowadzenia wieloelementowej analizy regresji (rys. 5). Program bazuje na współrzędnych punktów, jakie mogą być rozmieszczone w dowolnych miejscach toru o dowolnej jego długości. Dodatkowo w analizie regresji może uczestniczyć jednocześnie wiele odcinków o różnej charakterystyce geometrycznej. W trakcie zmiany parametrów geometrycznych poszczególnych odcinków, zmienia się też szkic regulowa-

nego odcinka. Dostępna jest także funkcja zapisywania poszczególnych wariantów projektu oraz generowania raportów z wielkościami nasunięć toru.

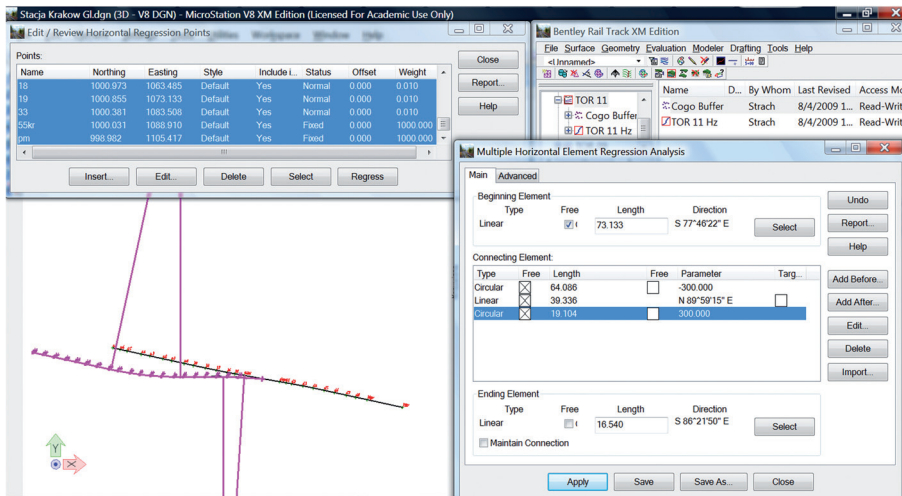
Ostatecznie w wyniku przeprowadzenia analizy regresji powstał wykres przesunięć (rys. 7), a raport z obliczeń został zapisany do pliku tekstowego, przedstawionego w tabeli 1. Dodatkowo został wygenerowany plik „skrajnia”, zawierający informacje o odległościach osi toru od wskaźników regulacji znajdujących się na słupach trakcyjnych (tab. 2).



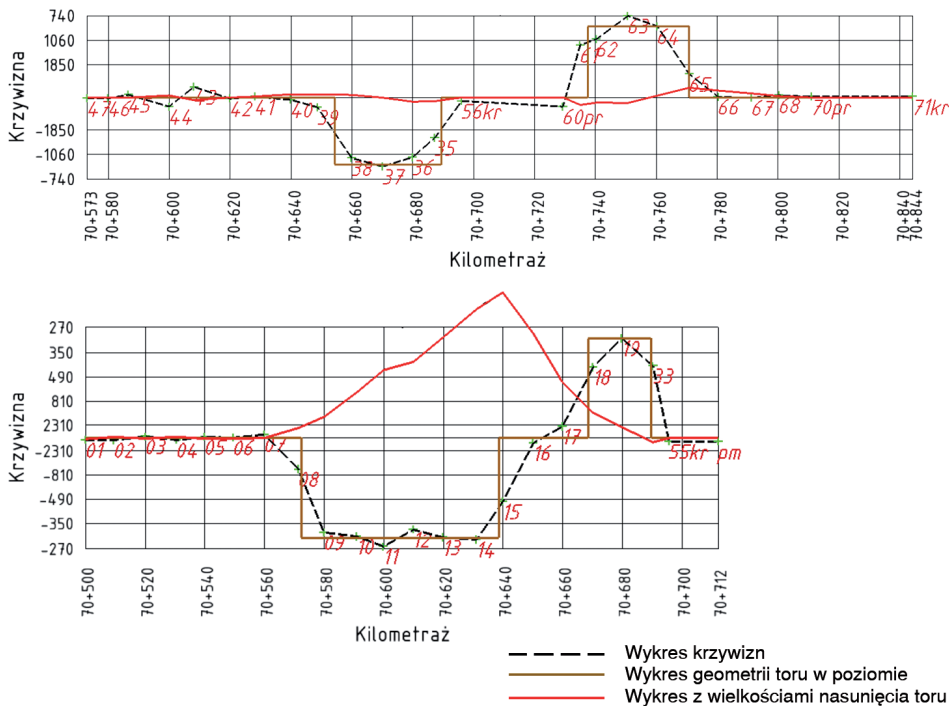
Rys. 3. Szkic poglądowy fragmentu toru nr 9 i 11 z pomierzonymi punktami w torach



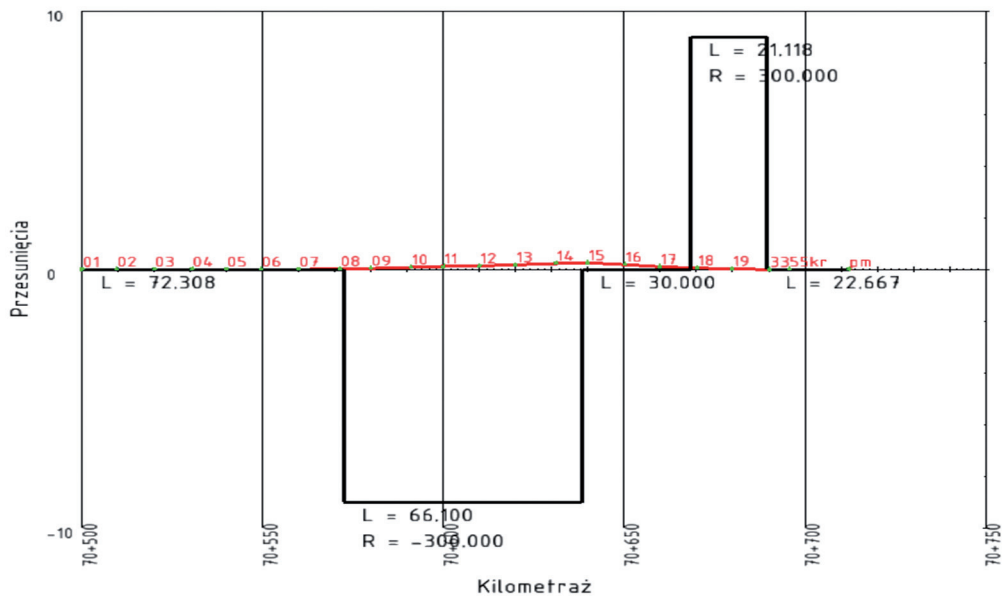
Rys. 4. Wykres krzywizn toru nr 9



Rys. 5. Aplikacje do regulacji osi torów wykorzystujące wieloelementową analizę regresji



Rys. 6. Wykres krzywizn toru nr 9 i 11 wraz z naniesionymi wykresami nasunięć i geometrii wyregulowanego toru



Rys. 7. Wykresy: przesunięć oraz geometrii wyregulowanego toru nr 11

Tabela 1

## Raport z geometrią toru nr 9 i wartościami nasunięć do projektowanego położenia

### Slew Diagram

Alignment Name: regulacja tor nr 9  
Last Revised: Strach 8/01/2009 10:10:06 AM

Type:	Station	Northing	Easting
Linear			
PT	70+573,050	1026,990	968,599
PLK	70+654,416	1009,767	1048,121
Tangential Direction:	S 86,4220 E		
Tangential Length:	81,366		

Alignment Name regulacja tor nr 9

Element Station	Alignment Station	Point Name	Offset	Fixity	Left	Right
0+005,482	70+659,898	38	0,006	Normal		>
0+015,647	70+670,063	37	-0,001	Normal	<	
0+025,478	70+679,893	36	-0,009	Normal	<	
0+032,786	70+687,202	35	-0,008	Normal	<	

Type:	Station	Northing	Easting
Linear			
PLK	70+689,416	1003,026	1082,463
PTK	70+737,473	994,687	1129,792
Tangential Direction:	S 88,8978 E		
Tangential Length:	48,058		

Element Station	Alignment Station	Point Name	Offset	Fixity	Left	Right
0+000,000	70+573,050	47	0,000	Normal		>
0+006,878	70+579,928	46	0,000	Normal		>
0+013,504	70+586,554	45	-0,000	Normal	<	
0+026,847	70+599,897	44	0,004	Normal		>
0+035,054	70+608,104	43	-0,006	Normal	<	
0+046,848	70+619,898	42	-0,000	Normal	<	
0+055,049	70+628,099	41	0,002	Normal		>
0+066,851	70+639,901	40	0,007	Normal		>
0+075,624	70+648,674	39	0,007	Normal		>

Element Station	Alignment Station	Point Name	Offset	Fixity	Left	Right
0+006,680	70+696,096	56kr	-0,000	Fixed	<	
0+039,922	70+729,338	60pr	0,000	Fixed		>
0+045,572	70+734,988	61	-0,016	Normal	<	

Type:	Station	Northing	Easting
Circular			
PLK	70+654,416	1009,767	1048,121
W	70+671,918	1006,063	1065,227
O		1889,375	1238,623
KŁK	70+689,416	1003,026	1082,463
Radius:	900,000		
Delta:	2,4757 Left		
Degree of Curvature (Arc):	7,0736		
Length:	35,000		
Tangent:	17,502		
Chord:	34,998		
Middle Ordinate:	0,170		
External:	0,170		
Tangent Direction:	S 86,4220 E		
Radial Direction:	S 13,5780 W		
Chord Direction:	S 87,6599 E		
Radial Direction:	S 11,1022 W		
Tangent Direction:	S 88,8978 E		

Type:	Station	Northing	Easting
Circular			
PLK	70+737,473	994,687	1129,792
W	70+754,155	991,793	1146,221
O		157,580	982,308
KŁK	70+770,833	988,256	1162,524
Radius:	850,000		
Delta:	2,4985 Right		
Degree of Curvature (Arc):	7,4896		
Length:	33,360		
Tangent:	16,682		
Chord:	33,357		
Middle Ordinate:	0,164		
External:	0,164		
Tangent Direction:	S 88,8978 E		
Radial Direction:	S 11,1022 W		
Chord Direction:	S 87,6485 E		
Radial Direction:	S 13,6007 W		
Tangent Direction:	S 86,3993 E		

Element Station	Alignment Station	Point Name	Offset	Fixity	Left   Right
0+002,881	70+740,355	62	-0,011	Normal	<
0+013,217	70+750,690	63	-0,012	Normal	<
0+022,874	70+760,347	64	0,004	Normal	>
0+033,332	70+770,805	65	0,021	Normal	>

Element Station	Alignment Station	Point Name	Offset	Fixity	Left   Right
0+009,501	70+780,333	66	0,015	Normal	>
0+020,529	70+791,362	67	0,009	Normal	>
0+029,488	70+800,321	68	0,003	Normal	>
0+040,110	70+810,943	70pr	0,000	Fixed	=
0+073,324	70+844,157	71kr	0,000	Fixed	=

	Station	Northing	Easting
Type: Linear			
KLK	70+770,833	988,256	1162,524
KT	70+844,157	972,710	1234,181
Tangential Direction:	S 86,3993 E		
Tangential Length:	73,324		

Tabela 2

## Raport „skrajnia” z odległościami osi toru nr 9 do wskaźników regulacji na słupach

### Clearance Report

**Project:** Regulacja tor nr 09  
**Last Revised:** Strach 8/01/2009 10:13:26 AM  
**Baseline Alignment:** tor 9 os

Offset Point	Baseline Station	Offset	----- Offset Point -----			Radial Direction
			Northing	Easting	Elevation	
0/1	70+799.559	-2.235	985.051	1191.222	0.000	S 13.6007 W
70/151	70+597.413	-2.233	1024.717	993.034	0.000	S 13.5780 W
70/154	70+628.722	-2.214	1018.071	1023.630	0.000	S 13.5780 W
70/156	70+650.539	-2.257	1013.495	1044.962	0.000	S 13.5780 W
70/157	70+680.521	-2.515	1007.787	1074.324	0.000	S 11.7299 W
70/158	70+714.930	-7.456	1006.644	1109.036	0.000	S 11.1022 W

### Opracowanie projektu regulacji osi toru programem w układzie względnym

W oparciu o pomierzone strzałki nierówności poziomych oraz przeprowadzoną regulację prostych odcinków toru na kierunkach stycznych, programem REGTOR, opracowano projekt regulacji łuków w torze nr 9 i 11. Po wstępnej analizie wykresu strzałek, zgodnie z przypuszczeniami, istniejące odcinki krzywoliniowe torów, są łukami kołowymi bez krzywych przejściowych. W projekcie regulacji osi toru nr 9 przyjęto niezmiennie położenie zarówno prostej, jak i rozjazdu zwyczajnego 1:9,  $R = 300$ , położonego na tej prostej. Jako rozwiązania ostateczne przyjęto projekty, w których zaokrąglono optymalne promienie łuków do pełnych 10 m.

KM	P[m]	Ft[mm]	Wki[m]
70580	0,000	0,0	0,0000
70600	0,000	0,0	0,0008
70620	0,008	0,0	-0,0002
70640	0,006	4,3	0,0018
70660	0,015	150,4	0,0356
70680	0,062	210,4	0,0724
70700	0,056	50,4	0,0788
70720	0,013	0,0	0,0806
70740	-0,012	0,0	0,0504

Srednie przesuniecie toru = 45 mm

Tabela 3

### Wydruk z projektu regulacji osi toru nr 9 programem REGTOR

PROJEKT REGULACJI LUKU

LINIA: Stacja Kraków tor nr 9 km 70,580 – 70,740 (14,6,2009)

R = 900,00      D = 37,40  
 L1 = 0,00      L2 = 0,00      A = 2,6452

PKP1 = 70656,08      KKP1 = 70656,08  
 KKP2 = 70693,47      PKP2 = 70693,47

### S K R A J N I A

KM	S
70600,00	1,751
70620,00	1,742
70628,80	-2,222
70640,00	1,735
70650,65	-2,272
70655,40	1,747
70680,10	-2,565
70715,35	-7,483

## RZEDNE OD CIECIWY [mm]

70650,65	
70656,08	59 pkp1
70680,10	
70650,65	
70656,08	59 kkp1
70680,10	
70680,10	
70693,47	62 kkp2
70715,35	
70680,10	
70693,47	62 pkp2
70715,35	
-----	
70628,80	
70630,00	0
70640,00	0
70650,00	0
70650,65	
70650,65	
70660,00	93
70670,00	103
70680,00	2
70680,10	
70680,10	
70690,00	65
70700,00	43
70710,00	15
70715,35	

### Analiza porównawcza metod regulacji osi toru

Opisywane odcinki toru nr 9 i 11 były niezależnie zinwentaryzowane pod kątem wykonania regulacji osi toru w układzie względnym oraz bezwzględny. Wykonano pomiar strzałek na cięciwach 40-metrowych, a odległości znaków regulacyjnych oraz punktów związanych ze skrajnią toru pomierzono na „krótkie cięciwy”. Pomierzone wielkości posłużyły do sporządzenia projektu regulacji w oparciu o metodę ewolwentową. Jest to metoda regulacji w układzie względnym, w którym bazą odniesienia jest istniejący tor. Możliwość przeprowadzenia obliczeń ogranicza się jedynie do odcinków krzywoliniowych toru w odrębnie traktowanych układach, a więc pojedynczy łuk kołowy, łuk koszowy (maksymalnie potrójny), łuk odwrotny. Nie ma więc możliwości wykonania

kompleksowej regulacji dla całej długości zinwentaryzowanego toru o zróżnicowanej geometrii.

Technologia regulacji toru w oparciu o pomiar strzałek i wykorzystanie ewolwentowej metody obliczeń jest obecnie powszechnie stosowaną metodą regulacji osi toru na sieci PKP. Ustępuje ona jednak miejsca nowoczesnym technikom pomiarowym [4, 6, 3, 10] i obliczeniowym [11, 12, 13]. Omawiana analiza ma za zadanie uzasadnić słuszność stawianej tezy.

Obie technologie zastosowano w realizacji projektu regulacji, przyjmując identyczne założenia:

- minimalizacja przesunięć toru,
- zachowanie wymaganej skrajni budowli,
- minimalna długość części kolistej łuku,
- minimalna długość wstawek prostych,
- promienie łuków o tej samej wartości w obu metodach regulacji.

Przedstawione w tabeli 4 elementy geometrii torów nr 9 i 11 różnią się nieznacznie wartościami długości odcinków toru położonego na kierunkach prostych oraz długościami części kolistej. Występujące różnice wynikają między innymi z procesu regulacji prostych odcinków toru. Jest to niezbędny etap obliczeń, który w przypadku regulacji łuku metodą ewolwent poprzedza proces regulacji łuku, dając elementy nawiązania prostych stycznych do programu REGTOR.

Istotną zaletą nowego programu, jest możliwość równoczesnej regulacji całego odcinka regulowanego toru, czyli regulacji odcinków prostych wraz z odcinkami łuków kołowych. Możliwość jednoczesnej regulacji całego zespołu odcinków toru jest szczególnie ważna w przypadku regulacji torów stacyjnych. Miało to miejsce w przypadku regulowanego toru nr 9. Należało zaprojektować łuk kołowy w torze zwrotnym, z założeniem, że za końcem rozjazdu nie można zastosować wstawki prostej. Wówczas łuk będzie przedłużeniem łuku rozjazdowego [8, 9].

Największa wartość przesunięcia osi toru występuje na krótkim odcinku prostej pomiędzy odwrotnie skierowanymi łukami o promieniu  $R = 300$  m. Jest to odcinek toru, jaki obecnie ma zmienną krzywiznę (rys. 6), zaś doprowadzenie istniejącego toru do wymaganej geometrii będzie wymagało tak dużych nasunięć.

W tabeli 5 zestawiono wartości odległości projektowanej osi toru od znaków regulacyjnych. Zestawione wielkości są podstawą do weryfikacji prawidłowego położenia osi toru przez geodezyjno-diagnostyczne służby kolejowe. Największe różnice w projektowanej odległości osi toru od znaku regulacyjnego występują w przypadku znaków regulacyjnych położonych w obrębie łuków

kołowych. Może to oznaczać pewną niespójność w metodyce obu sposobów regulacji osi toru. W tym celu należałoby dokonać dalszych porównań tych metod, stosując dodatkowo inny znany program [13] stosowany w procesie projektowania regulacji osi toru w układzie bezwzględny.

### Podsumowanie

Spółka PKP PLK S.A. jest właścicielem największej w Polsce sieci linii kolejowych. Zarządca odpowiedzialny za stan dróg szynowych musi transferować nową wiedzę, technikę i tech-

Tabela 4

### Wyniki regulacji osi torów w płaszczyźnie poziomej

Tor nr	Układ w planie	Regulacja osi toru w układzie względnym		Regulacja osi toru w układzie bezwzględny	
		elementy geometrii	maksymalne przesunięcie	elementy geometrii	maksymalne przesunięcie
9	Prosta	$D = 85,650$	0,000	$D = 81,370$	0,007
	Łuk kołowy	$R = 900; D = 37,400$	0,062	$R = -900; D = 35,000$	0,009
	Prosta	$D = 44,500$	0,039	$D = 48,060$	0,016
	Łuk kołowy	$R = 850; D = 30,260$	0,056	$R = 850; D = 33,360$	0,012
	Prosta	$D = 73,300$	0,010	$D = 73,320$	0,015
	Prosta	$D = 67,560$	0,015	$D = 73,138$	0,017
11	Łuk kołowy	$R = 300; D = 68,000$	0,010	$R = -300; D = 64,130$	0,065
	Prosta	$L = 35,500$	0,399	$D = 39,166$	0,336
	Łuk kołowy	$R = 300; D = 18,530$	0,123	$R = 300; D = 19,149$	0,234
	Prosta	—		$D = 16,615$	

## Położenie projektowanych osi torów od znaków regulacyjnych

Tor nr	Oznaczenie znaku regulacji osi toru	Kilometraż znaku	Lokalizacja znaku	Odległość projektowanej osi toru od znaku regulacji osi toru w układzie		Różnica projektowanych odległości
				względnym	bezwzględnym	
9	70/151	70.5+97,4	Prosta	-2,242	-2,233	0,009
	70/154	70.6+28,7	Prosta	-2,222	-2,214	0,008
	70/156	70.6+50,5	Prosta	-2,272	-2,257	0,015
	70/157	70.6+80,5	Łuk	-2,565	-2,515	0,050
	70/158	70.7+14,9	Prosta	-7,470	-7,456	0,014
	0/1	70.7+99,6	Prosta	-2,250	-2,235	0,015
11	70/148	70.5+03,9	Prosta	2,309	2,311	0,002
	70/149	70.5+70,6	Prosta	2,275	2,272	0,003
	70/152	70.6+00,8	Łuk	2,753	2,784	0,031
	70/155	70.6+35,5	Łuk	3,558	—	—
	70/157	70.6+81,0	Łuk	-6,369	-6,463	0,094

nologię na wszystkich poziomach swojej działalności. Ma to również miejsce przy utrzymaniu i zwiększaniu funkcjonalności sieci linii kolejowych. Realizacja tego zadania odbywa się poprzez utrzymywanie wysokich konstrukcyjnych standardów technicznych, ale i poprawę układów torowych poszczególnych linii i węzłów.

W pracach związanych z utrzymaniem linii kolejowych, ich modernizacją, a także działaniami inwestycyjnymi uczestniczą zespoły geodezyjne spółki. Odpowiedzialne są one m.in. za nadzór lub wykonanie wszelkich projektów dotyczących modernizacji czy regulacji geometrii układu torowego. Zadania te można wykonywać za pomocą specjalistycznego oprogramowania. Jednym z nich jest analizowany w artykule program. Jego przewaga nad powszechnie stosowanym w Polsce programem do regulacji osi toru REGTOR jest ogromna. Przede wszystkim posiada on interfejs graficzny, dzięki któremu projektant może śledzić na bieżąco wszelkie zmiany dokonywane w obliczeniach. Oprogramowanie nie ma ograniczeń co do liczby odcinków, ich długości i geometrii podczas optymalizacji geometrii osi toru. Dodatkowym argumentem jest możliwość korzystania z pozostałych aplikacji wchodzących w skład pakietu programów. Służy więc do wykonywania wszystkich możliwych projektów, obliczeń i wizualizacji obiektów związanych z obszarami kolejowymi. Funkcje umożliwiające przestrzenną regulację osi toru stanowią jedynie mały, ale istotny fragment możliwości zastosowania pakietu.



### Literatura

- [1] Gogoliński W., Jamka M., Zielina L.: *Miernictwo kolejowe*. t. 2. WKŁ. Warszawa 1992.
- [2] Jamka M., Lisowski S.: *Analiza porównawcza metod regulacji osi toru*. XII Konferencja Naukowo-Techniczna Drogi Kolejowe, Wisła 2005.
- [3] Jamka M., Lisowski S.: *Regulacja osi toru – analiza metod pomiarów do projektu regulacji*. VII Seminarium Diagnostyki Nawierzchni Szynowych, Łeba 2005.
- [4] Strach M.: *Pomiary dróg kolejowych i obiektów z nimi związanych oraz opracowanie wyników na potrzeby modernizacji kolei konwencjonalnych*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji – praca w druku.

- [5] Strach M.: *Wykorzystanie aplikacji firmy Bentley do projektowania transportu kolejowego*. Geodezja: półrocznik AGH, Kraków 2006.
- [6] Strach M.: *Ocena możliwości wykorzystania techniki satelitarnej RTK GPS do regulacji osi torów kolejowych*. Praca doktorska, Kraków 2003.
- [7] „Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej” D-19.  
Załącznik do Zarządzenia Nr 144 Zarządu PKP z dnia 23 października 2000 r.
- [8] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. nr 151 z dnia 15 grudnia 1998 r.
- [9] „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych” – D1. Załącznik do uchwały nr 155 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., z dnia 6 czerwca 2002.
- [10] Strony internetowe: <http://www.leica-geosystem.com>
- [11] Strony internetowe: <http://www.bentley.com>
- [12] Strony internetowe: <http://www.technet-gmbh.com>
- [13] Strony internetowe: <http://www.vestra.pl>

### Autorzy

*mgr inż. Maciej Jamka*

*Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego  
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Wydział Inżynierii Lądowej  
Politechnika Krakowska, e-mail:mjamk@pk.edu.pl*

*mgr inż. Sergiusz Lisowski*

*Katedra Infrastruktury Transportu Szynowego i Lotniczego  
Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Wydział Inżynierii Lądowej,  
Politechnika Krakowska, e-mail:sergol@interia.pl*

*dr inż. Michał Strach*

*Katedra Geodezji Inżynierskiej i Budownictwa  
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie  
strach@agh.edu.pl*