

Arkadiusz Kampczyk\*, Edward Preweda\*\*, Marian Sołtys\*\*

## **Klasyczne i zautomatyzowane systemy do przestrzennych pomiarów inwentaryzacyjnych urządzeń techniczno-eksploatacyjnych i torów kolejowych\*\*\***

### **1. Wstęp**

Zautomatyzowanie systemów pomiarowych do monitorowania geometrii urządzeń techniczno-eksploatacyjnych i torów kolejowych ma na celu usprawnienie pomiarów i opracowań wyników w celu przeprowadzenia odpowiednich analiz i ocen wymaganych przez instrukcje branżowe oraz wydania odpowiedniej diagnozy.

Diagnostyka urządzeń techniczno-eksploatacyjnych obejmuje: rozjazdy, skrzyżowania torów, wyrzutnie płozów hamulcowych, krzyżownice torów przy obrotnicach oraz przyrządy wyrównawcze.

Zakres prac diagnostycznych obejmuje przede wszystkim:

- oględziny,
- badania techniczne (przeeglądy),
- badania specjalne, których zakres jest ustalony indywidualnie,
- analizę i ocenę wyników.

Zakres i metody pomiarów, dopuszczalne odchyłki eksploatacyjne oraz dokumentację badań diagnostycznych rozjazdów regulują instrukcje branżowe [3, 4], stosowane w przedsiębiorstwach kolejowych oraz zakładach przemysłowych wyposażonych w bocznice, tory odstawcze, przeładunkowe itp.

Zgodnie z wymaganiami instrukcji Id-4 (D-6) [3] wymienione badania obejmują:

- sprawdzenie stanu technicznego wszystkich części konstrukcyjnych,
- sprawdzenie układu geometrycznego,

---

\* Zakład Linii Kolejowych PKP-PKL S.A. w Tarnowskich Górach

\*\* Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH, nr 11.11.150.317

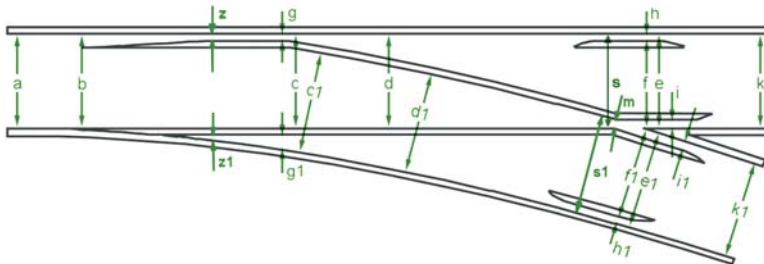
- sprawdzenie działania i ocenę stanu utrzymania,
- pomiar geometrii rozjazdu w zakresie szerokości toru, przechyłki, żłobków oraz innych parametrów wskazanych w arkuszach badania technicznego rozjazdów (metrykach rozjazdów).

Pomiary inwentaryzacyjne geometrii rozjazdów do badań technicznych wykonuje się w punktach charakterystycznych rozjazdu, które są wykazane w arkuszach badania technicznego rozjazdów (metrykach). Punkty te zilustrowano na rysunku 1.

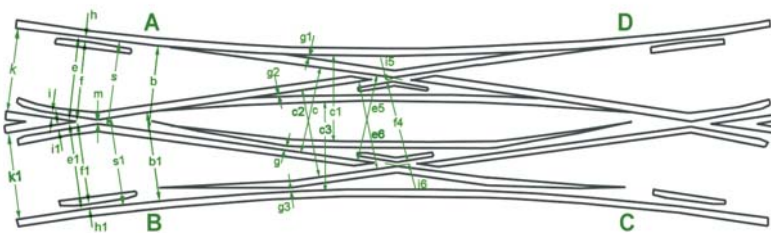
Opis elementów rozjazdu zwyczajnego jest następujący:

- $a$  – szerokość i przechyłka w początku rozjazdu (styk przediglicowy),
- $b$  – szerokość i przechyłka bezpośrednio przed początkiem iglicy,
- $c$  – szerokość i przechyłka w zwrotnicy w kierunku zasadniczym rozjazdu,
- $c_1$  – szerokość i przechyłka w zwrotnicy w kierunku odgałęźnym rozjazdu,
- $d$  – szerokość i przechyłka w szynach łączących w kierunku zasadniczym rozjazdu,
- $d_1$  – szerokość i przechyłka w szynach łączących w kierunku odgałęźnym rozjazdu,
- $z$  – szerokość pomiędzy opornicą a iglicą w kierunku zasadniczym rozjazdu (miejsce zejścia szlifu),
- $z_1$  – szerokość pomiędzy opornicą a iglicą krzyżownicy w kierunku odgałęźnym rozjazdu (miejsce zejścia szlifu),
- $g$  – szerokość pomiędzy opornicą a iglicą na kierunku zasadniczym rozjazdu w miejscu zmiany profilu iglicy,
- $g_1$  – szerokość pomiędzy opornicą a iglicą na kierunku odgałęźnym rozjazdu w miejscu zmiany profilu iglicy,
- $e$  – szerokość i przechyłka w krzyżownicy w kierunku zasadniczym rozjazdu w odległości 100 mm od początku dzioba krzyżownicy,
- $e_1$  – szerokość i przechyłka w krzyżownicy w kierunku odgałęźnym rozjazdu w odległości 100 mm od początku dzioba krzyżownicy,
- $h$  – szerokość pomiędzy kierownicą a tokiem zewnętrznym w kierunku zasadniczym rozjazdu,
- $h_1$  – szerokość pomiędzy kierownicą a tokiem zewnętrznym w kierunku odgałęźnym rozjazdu,
- $i$  – szerokość i głębokość żłobka w krzyżownicy w kierunku zasadniczym rozjazdu (na prosto),
- $i_1$  – szerokość i głębokość żłobka w krzyżownicy w kierunku zwrotnym – odgałęźnym rozjazdu (na krzywo),
- $f$  – wartość parametru  $f = e - h$  w krzyżownicy w kierunku zasadniczym rozjazdu,
- $f_1$  – wartość parametru  $f_1 = e_1 - h_1$  w kierunku zwrotnym – odgałęźnym rozjazdu,
- $k$  – szerokość i przechyłka na końcu rozjazdu w kierunku zasadniczym rozjazdu,
- $k_1$  – szerokość i przechyłka na końcu rozjazdu w kierunku odgałęźnym rozjazdu.

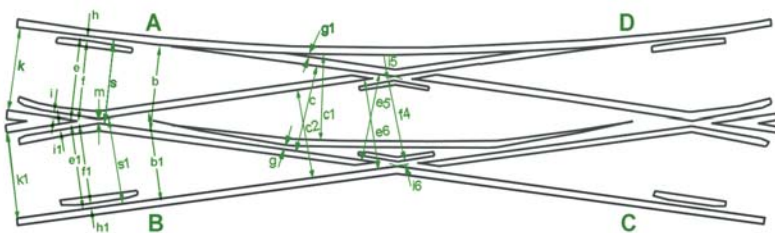
Punkty charakterystyczne rozjazdów zwyczajnych Rz



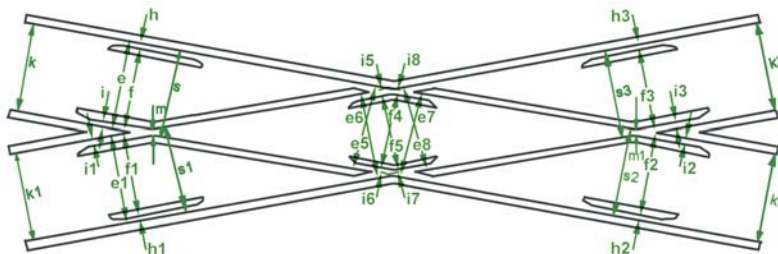
Punkty charakterystyczne rozjazdów krzyżowych podwójnych Rkpd, tzw. angielskich



Punkty charakterystyczne rozjazdów krzyżowych pojedynczych Rkp



Punkty charakterystyczne skrzyżowania torów St



Rys. 1. Punkty charakterystyczne rozjazdów i skrzyżowań, w których dokonywane są pomiary geometrii do badań technicznych rozjazdów

Właściwe i dopuszczalne odchylenia w odpowiednich rozjazdach oraz skrzyżowaniach przedstawia instrukcja Id-4 (D-6), a faktyczne wartości elementów używane podczas pomiarów należy wpisać do odpowiednich dokumentów.

Do specjalistycznych pomiarów – w płaszczyźnie poziomej i pionowej dotyczących geometrii urządzeń techniczno-eksploatacyjnych, jakimi są rozjazdy – wykorzystuje się zarówno klasyczne przyrządy pomiarowe wymagające analogowej rejestracji wyników w arkuszach badania technicznego, jak i elektroniczne zautomatyzowane systemy pomiarowe umożliwiające integrację technik pomiarowych, automatyczną rejestrację uzyskanych wyników pomiarów, przeprowadzenie analiz oraz komputerowe wydruki arkuszy badania technicznego. Należy zaznaczyć, że instrukcja branżowa Id-4 (D-6) [3] nie przedstawia w sposób bezpośredni możliwości wykorzystania elektronicznych technik pomiarowych, jak również stosowania komputerowych arkuszy badania technicznego rozjazdów, co w praktyce wyznacza zakres stosowania tej techniki.

## 2. Klasyczne przyrządy pomiarowe

Powszechnie stosowanym przyrządem pomiarowym, który w sposób bezpośredni umożliwia określenie wartości parametrów charakterystycznych geometrii rozjazdów, jest toromierz uniwersalny, nazywany też roboczym (rys. 2). Przyrządem tym dokonuje się pomiaru ręcznie i odczytuje bezpośrednio wartości przeswitu i przechyłki oraz innych parametrów charakterystycznych rozjazdów. Często wykorzystuje się toromierze uniwersalne typu SOLA lub REMPOD.



Rys. 2. Toromierz typu REMPOD TPK 1435 podczas pomiaru wstawki międzyrozjazdowej

Do wykonywania pomiarów rozjazdów, zwłaszcza podczas prac montażowych lub pomiarów odbiorczych, wykorzystywane są również inne specjalistyczne przyrządy pomiarowe: specjalistyczne suwmiarki pomiarowe (rys. 3), szczelinomierze (rys. 4), strzałkomierze, profilomierze. Profilomierz wykorzystuje się do pomiaru zużycia powierzchni tocznej iglic oraz wartości kąta odchylenia powierzchni zużycia od pionowej osi szyny.



Rys. 3. Specjalistyczna suwmiarka pomiarowa



Rys. 4. Szczelinomierze do sprawdzania przylegania iglic do płyt ślizgowych

Pomiary przylegania iglic do płyt ślizgowych wykonuje się przy użyciu szczelinomierza przy czym luz między stopką iglicy a powierzchnią ślizgową płyty nie może przekraczać 2 mm na nie więcej niż 50% płyt ślizgowych półwrotnicy. Również przyleganie iglic i opornic można sprawdzać za pomocą szczelinomierza, przy czym luz między iglicą a opornicą w ostrzu iglicy nie może przekraczać 1,0 mm.

### 3. Elektroniczne samorejestrujące systemy do pomiarów rozjazdów i torów

Automatyzacja systemów pomiarowych służących do ciągłego monitorowania geometrii torów i rozjazdów wymaga wprowadzenia w tej dziedzinie elektronicznych systemów pomiarowych. Systemy te umożliwiają: zwiększenie dokładności

i ekonomiki pomiarów, wykorzystanie palmtopów, urządzeń typu PocketPC i tabletPC, tworzenie baz danych pomiarowych dotyczących rozjazdów i wstawek międzyrozjazdowych z możliwością prowadzenia odpowiedniej analizy oraz oceny diagnostycznej. W pomiarach inwentaryzacyjnych geometrii rozjazdów kolejowych w płaszczyźnie poziomej i pionowej przedstawiono kilka zautomatyzowanych technik pomiarowych stopniowo wdrażanych w przedsiębiorstwach kolejowych w Polsce, a już wykorzystywanych za granicą.

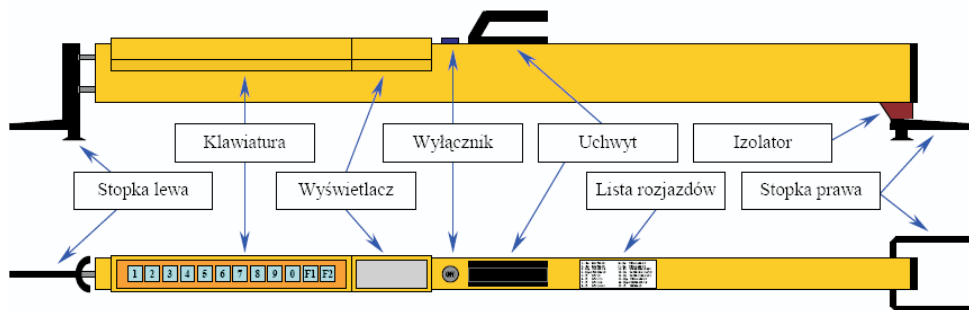
### 3.1. Toromierz elektroniczny RTE 2 oraz współpracujące oprogramowanie

Toromierz elektroniczny RTE 2 produkcji firmy PROVENTUS z Katowic jest nowoczesnym urządzeniem przeznaczonym do wykonywania precyzyjnych pomiarów parametrów geometrycznych obejmujących szerokość i przechyłkę rozjazdów i torów [8]. Profil toromierza wykonany jest z aluminium i waży około 4,5 kg. Akumulator umożliwia pracę bez przerwy przez około 10 godzin.

Interfejs użytkownika, na który składa się wyświetlacz alfanumeryczny oraz klawiatura numeryczna, uzupełniony jest dwoma klawiszami funkcyjnymi (rys. 5 i 6). Dodatkowo w pamięci komputera zamontowanego w tym toromierzu znajduje się 18 charakteryzowanych typów rozjazdów, co umożliwia wybór aktualnie mierzonego. W trakcie wykonywania pomiaru rozjazdu na wyświetlaczu są wyświetlane kolejne punkty pomiarowe, np. dla rozjazdu zwyczajnego parametr  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $c_1$ ,  $d$ ,  $d_1$  itd. (rys. 1). Pomiar odcinka toru może być wykonywany według wprowadzonej kilometracji lub według zadanego kroku pomiarowego, z zaznaczeniem kilometrażu początkowego i kierunku pomiaru (rosnąco lub malejąco).



Rys. 5. Ręczny toromierz elektroniczny RTE 2 firmy PROVENTUS: a) widok z przodu; b) widok podczas pomiaru rozjazdu



Rys. 6. Podstawowe elementy toromierza samorejestrującego RTE 2 firmy PROVENTUS

Oprogramowanie RTE XTL jest narzędziem przeznaczonym do odczytywania, archiwizowania i wykonywania wydruków danych pomiarowych otrzymanych za pomocą elektronicznego toromierza RTE 2. Wyniki pomiarów terenowych są rejestrowane w rejestratorze wbudowanym do toromierza. Po zakończeniu pomiarów następuje podłączenie toromierza RTE 2 do komputera klasy PC lub notebooka w celu dokonania transmisji danych pomiarowych, którą umożliwia oprogramowanie RTE XTL. Oprogramowanie to dodatkowo umożliwia wydruk wyników pomiarów zgodnie z kartą badania rozjazdu. Komputerowy arkusz badania rozjazdu przedstawia wymiary właściwe i dopuszczalne odchyłki wyrażone w milimetrach, a także prezentuje wartości pomierzone bezpośrednio w terenie. Wartości przekroczone zaznaczone są kolorem czerwonym. Dodatkowo aplikacja ta umożliwia sporządzanie odpowiednich protokołów z pomiarów wykonanych do tzw. badań technicznych rozjazdów, ocenianych przez inspektorów diagnostów.

Najważniejszymi cechami oprogramowania RTE XTL są:

- import danych z urządzenia RTE 2;
- możliwość tworzenia list: miast, linii, producentów i użytkowników;
- możliwość wprowadzania dodatkowych informacji, uzupełniających odczytane dane z toromierza;
- dane uzupełniające pomiary rozjazdów, jak: nazwa stacji, oznaczenie rozjazdu, data zabudowy, nazwa producenta, protokół z badania rozjazdu;
- dane uzupełniające pomiary linii, jak: nazwa linii, uwagi dodatkowe;
- możliwość zapisu zaimportowanych danych na dysk twardy komputera w celu ich późniejszej edycji;
- możliwość wydruku protokołów rozjazdów i linii.

Program ten jest w pełni kompatybilny z programem LASERTOR PRO stosowanym do gromadzenia, przetwarzania i analizy danych o stanie podstawowych parametrów geometrycznych toru kolejowego, co umożliwia ocenę stanu toru

i wspomaganie procesu podejmowania decyzji o konieczności wykonania napraw lub zasadności wprowadzania ograniczeń prędkości. Program umożliwia analizę danych z pomiarów odcinków torów wykonanych w różnym czasie przez dostępne na rynku toromierze i drezynę pomiarową [11].

Do zasadniczych cech programu należy przede wszystkim:

- import danych z urządzeń: toromierzy elektronicznych TEC-1435, toromierzy laserowych LASERTOR XTL i dreźny pomiarowej EM-120;
- wizualizacja danych w formie graficznej i tekstowej;
- wbudowana sieciowa, relacyjna baza danych z wyszukiwarką;
- wyświetlanie zdarzeń i usterek bezpośrednio na wykresie;
- wyznaczanie promieni łuków toru na podstawie pomiarów inwentaryzacyjnych;
- dynamiczne wyliczanie wskaźników syntetycznych;
- wyznaczania niwelety i jej punktów załomu;
- możliwość analizowania zmian parametrów w czasie;
- możliwość dodawania komentarzy do raportów pomiarów;
- rozbudowane możliwości tworzenia wydruków;
- możliwość rozbudowy za pomocą modułów zewnętrznych;
- inne dodatkowe funkcje.

Celem oprogramowania LASERTOR PRO jest bezpieczny i szybki dostęp do zasobów zgromadzonych w centralnej bazie danych, uzyskiwanych albo bezpośrednio (sieć LAN), albo za pomocą nośników pamięci.

Dokładność pomiaru toromierzem RTE 2 wynosi: dla szerokości  $\pm 0,2$  mm, dla przechyłki  $\pm 0,4$  mm

Wartości parametrów geometrycznych rozjazdu w płaszczyźnie poziomej i pionowej, które zostały odczytane i zarchiwizowane za pomocą oprogramowania RTE XTL oraz specjalistycznego oprogramowania zainstalowanego w odpowiednim palmtopie, są przetwarzane w specjalistycznym programie DB Rozjazd, co w efekcie pozwala ocenić stan techniczny rozjazdu.

Oprogramowanie DB Rozjazd składa się z czterech zasadniczych modułów:

- 1) moduł metryk rozjazdów,
- 2) moduł pomiarów geometrii rozjazdów,
- 3) moduł oceny stanu technicznego,
- 4) moduł wyszukiwania.

Moduł metryk rozjazdów umożliwia stworzenie bazy metryk rozjazdów, będących w dyspozycji danej sekcji eksploatacji ISE, zakładu PKP PLK SA czy regionu. Moduł ten został dodatkowo rozszerzony o informacje o podstawowym i aktualnym cyklu przeglądu oraz o maksymalnej i aktualnej prędkości na torze zasadniczym i zwrotnym.



Moduł pomiarów geometrii rozjazdów stanowi bazę z wynikami pomiarów wykonanych toromierzem elektronicznym RTE 2. W celu wykorzystania istniejącego sprzętu na kolei firma PROVENTUS opracowała opcję, która umożliwia wpisywanie wyników pomiarów geometrii rozjazdów oraz linii kolejowych, dokonanych przy użyciu klasycznych toromierzy ręcznych. Wyniki te są zapisywane w bazie, a następnie mogą być transmitowane do programu DB Rozjazd i przez ten program przetwarzane, porównywane i wizualizowane w bazie głównej oraz wykorzystywane w analizie wskaźnikowej.

Moduł oceny stanu technicznego jest programem do oceny stanu technicznego rozjazdów z możliwością opisu uszkodzeń i wad w formie ilościowej, wartościowej (w milimetrach), jakościowej (dobry, zły).

Moduł wyszukiwania umożliwia wyszukiwanie w bazie informacji na temat grupy rozjazdów, poszczególnych rozjazdów lub zaobserwowanych zdarzeń. Informacje te zostały podzielone na cztery główne kategorie, tak zwane klucze, i obejmują między innymi: lokalizację, typy rozjazdów oraz wskaźniki stanu technicznego rozjazdów.

Dodatkowo oprogramowanie umożliwia pełną inwentaryzację rozjazdów, stworzenie elektronicznej bazy pomiarów parametrów geometrycznych oraz kształtuje metodykę oceny stanu technicznego.

### 3.2. Cyfrowy toromierz DTG do pomiaru geometrii rozjazdów i torów

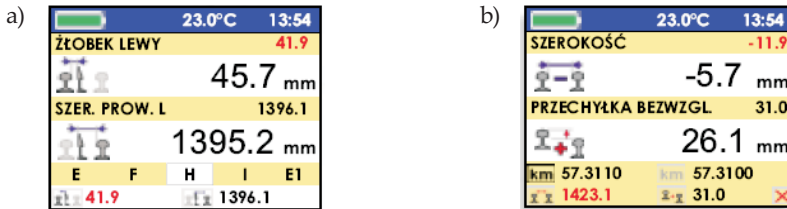
Toromierz cyfrowy DTG (rys. 7) należy do klasy zautomatyzowanych systemów pomiarowych geometrii torów i rozjazdów. Jest produktem firmy GRAW – Lasero-we Systemy Pomiarowe z Gliwic. Toromierz DTG jest łatwy w użyciu, dokładny, lekki (waży 2,4 kg), odporny na deszcz i mróz [7]. Jednorazowe zasilanie umożliwia pracę urządzenia przez 24 godziny.

Przyrząd typu DTG jest wyposażony w rejestrator (rys. 7) z kolorowym wyświetlaczem i klawiaturą. W czasie pomiarów rejestrator jest zamontowywany na



Rys. 7. Cyfrowy toromierz typu DTG

toromierzu, pozwalając na wykonywanie pomiarów oraz wprowadzanie dodatkowych informacji pomiarowych, w tym również wyników uzyskanych za pomocą przeprowadzonej kontroli wizualnej. Wartości zmierzonych parametrów geometrycznych: szerokości albo przechyłki, są wyświetlane na ekranie rejestratora (rys. 8). Przekroczone dopuszczalne tolerancje są wyświetlane w kolorze czerwonym.



Rys. 8. Postać wyświetlacza cyfrowego toromierza DTG podczas pomiaru parametrów geometrii rozjazdu (a) i toru (b)

Pojemność pamięci rejestracyjnej pozwala na pomiar 500 km toru lub 1000 rozjazdów. Istnieje możliwość odłączenia rejestratora od belki toromierza i przeglądania wykonanych pomiarów zapisanych w jego pamięci oraz przenoszenia ich do komputera PC.

Przyrząd pomiarowy jest izolowany, co oznacza, że elementy jego konstrukcji w czasie styku w punkcie A szyny toku lewego z punktem B szyny toku prawego są odizolowane od siebie odpowiednim izolatorem. Zabezpiecza to przed zagrożeniem bezpieczeństwa ruchu kolejowego. Jest to także bardzo ważna cecha przyrządu podczas pomiarów wykonywanych w geodezji kolejowej.

Omawiany przyrząd, w odróżnieniu od toromierza samorejestrującego RTE 2 PROVENTUS, pozwala na pomiar wartości tzw. żłobków prawych i lewych oraz odlegania iglic – maksymalnie do 200 mm (rys. 9).

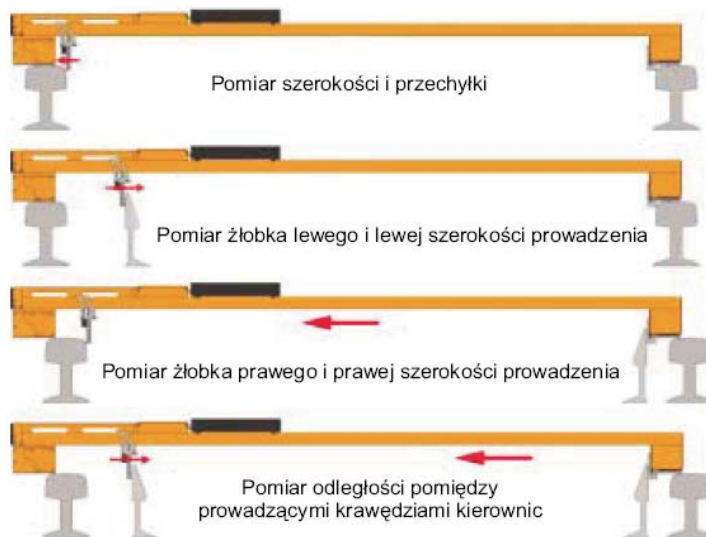
Zakres pomiarów geometrycznych, zarówno w płaszczyźnie poziomej jak i pionowej, wynosi:

- szerokość toru: -20 mm do +55 mm,
- przechyłka: do 200 mm.

Oprogramowanie typu TEESwitch DTG umożliwia analizy geodezyjno-diaagnostyczne na podstawie parametrów geometrycznych uzyskanych z pomiarów oraz tworzenie i drukowanie raportów i komputerowych arkuszy badania technicznego torów i rozjazdów.

Istnieją trzy możliwości opracowania wydruków komputerowych arkuszy, w tym dwie dla przedsiębiorstw polskich:

- 1) wydruk raportu zgodnie z instrukcją Id-4 (D-6),
- 2) wydruk raportu z toromierza DTG,
- 3) wydruk holenderski (tej klasy przyrządy pracują również w przedsiębiorstwach holenderskich).



Rys. 9. Schemat pomiaru geometrii rozjazdu z zastosowaniem cyfrowego toromierza DTG

### 3.3. Elektroniczny toromierz wózkowy typu TEE-1435

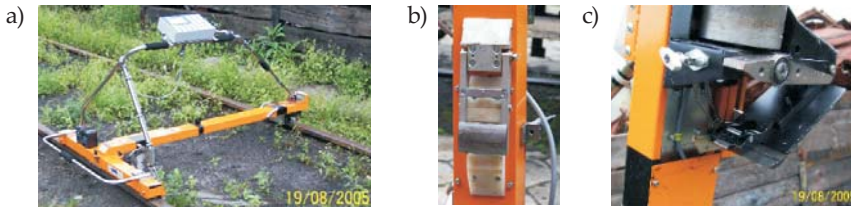
Elektroniczny toromierz typu TEE-1435 produkcji firmy GRAW z Gliwic jest wykorzystywany do pomiaru geometrii rozjazdów i geometrii torów (rys. 10). Przyrząd umożliwia pomiar parametrów toru, takich jak: szerokość, gradient szerokości, nierówności poziome, przechyłka, wichrowatość toru, nierówności pionowe, a także rejestruje usterki, np.: zachwaszczenie, brak podkładów na danym kilometrażu linii kolejowej. Ponadto pozwala na pomiar wszystkich ujętych w przepisach parametrów geometrycznych rozjazdów (rys. 1). Działa w dwóch podstawowych trybach: tor i rozjazd.

W trybie pomiaru rozjazdu toromierz TEF-1435 charakteryzuje się następującymi danymi technicznymi [6]:

- możliwość pomiaru pomiar wszystkich typów rozjazdów eksploatowanych w Polsce;
- krok pomiaru: 31 mm;
- pomiar szerokości żłobków: lewego i prawego;
- zakres pomiarowy szerokości: 1420 ÷ 1485 mm, rozdzielczość: 0,1 mm;
- zakres pomiarowy przechyłki:  $\pm 200$  mm; rozdzielczość: 0,1 mm;
- zakres pomiarowy nierówności pionowych:  $\pm 4$  mm/1 m; rozdzielczość: 0,1 mm;
- zakres pomiarowy nierówności poziomych:  $\pm 5$  mm/1 m; rozdzielczość: 0,1 mm;
- system pomiarowy wylicza wichrowatość toru, gradient szerokości, wichrowatość rozjazdu oraz położenie lewej i prawej szyny prowadzącej.

Wyniki pomiarów są rejestrowane w sposób ciągły na odcinku objętym pomiarem. Ponadto można dodatkowo odczytać wartości parametrów w punktach rozjazdu zdefiniowanych przez operatora. Oprogramowanie systemu sterowania toromierza kontroluje kompletność zestawu pomiarów wykonanych dla konkretnego typu rozjazdu.

Z uwagi na stosunkowo niewielką masę (około 20 kg) możliwe jest szybkie usuwanie urządzenia z toru w przypadku przejazdów pociągów, po czym możliwa jest kontynuacja pomiaru bez potrzeby kalibracji. Można go łatwo złożyć i przewozić nawet w małym samochodzie.



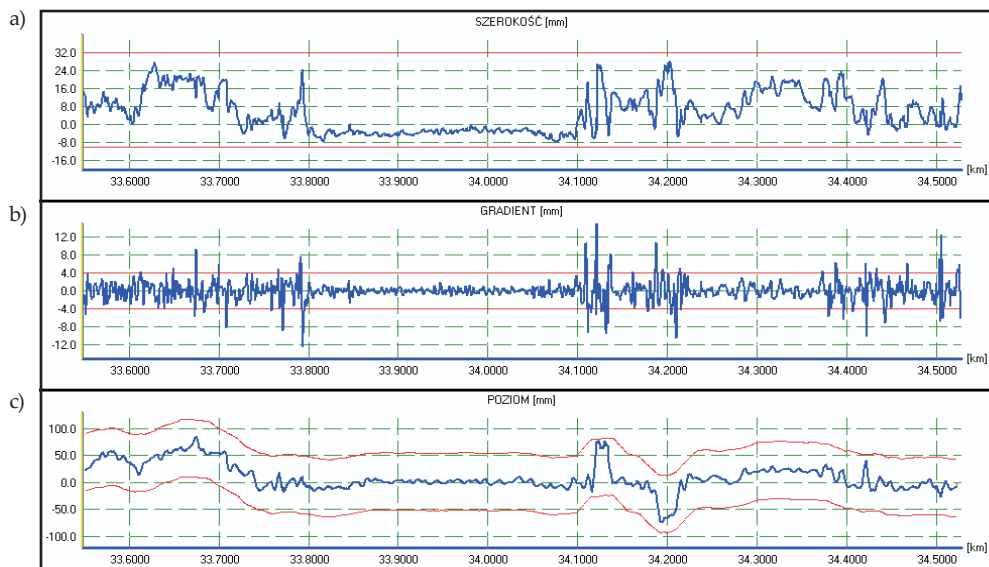
**Rys. 10.** Elektroniczny toromierz wózkowy typu TEE-1435: a) widok ogólny; b) czujnik pomiaru nierówności; c) łapka pomiarowa tzw. odlegania

Toromierze te – wykorzystywane w krajowych przedsiębiorstwach kolejowych – dają dobre rezultaty w zakresie pomiarów geometrii toru, natomiast w odniesieniu do geometrii rozjazdów nie sprawdziły się z uwagi na niekorzystny wpływ na wyniki wykonywanych pomiarów ciągłego ruchu taboru kolejowego. Taki ruch ogranicza czas potrzebny do wykonania wymaganego cyklu pomiarowego. Tego typu toromierze stosuje się do pomiarów inwentaryzacyjnych rozjazdów w Holandii, gdzie pomiary przeprowadzane są w porze wieczornej i nocnej.

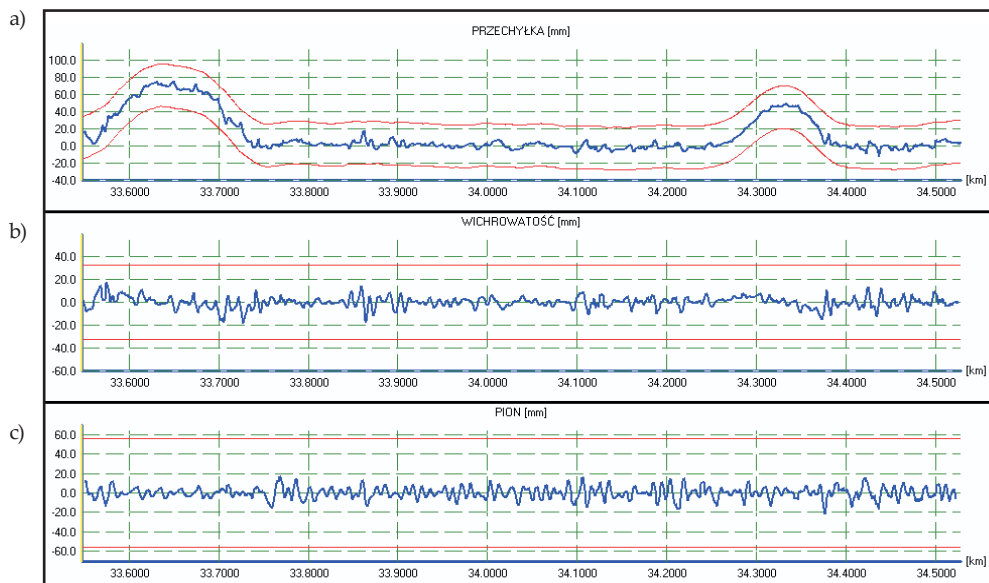
Oprogramowanie na komputer PC, dostarczane wraz z toromierzem, umożliwia generowanie raportów pomiarowych w postaci tabelarycznej i wykresów dla każdego z parametrów geometrii w płaszczyźnie poziomej i pionowej, elementów do syntetycznej oceny stanu utrzymania toru, szczegółowych protokołów pomiarowych dla rozjazdu oraz arkuszy kartotek rozjazdowych. Ocena podlega również stan rozjazdu.

W przypadku pomiaru geometrii torów toromierzem TEE-1435 możliwe jest przeprowadzenie bezpośrednio w terenie analizy stanu utrzymania toru, poprzez obliczenia odchyłek standardowych oraz opracowania graficznych wykresów geometrii toru.

Przykłady autorskich wydruków raportów graficznych z pomiarów geometrii linii kolejowej na odcinku 980 m wykonanych elektronicznym toromierzem TEE-1435 zilustrowano na rysunkach 11 i 12 [10]. Wydruki te dotyczą elementów geometrii torów w płaszczyźnie poziomej oraz pionowej i opracowane zostały dla prędkości  $V = 20$  km/h.



Rys. 11. Graficzna interpretacja pomiaru geometrii toru parametrów w płaszczyźnie poziomej  
Objaśnienia w tekście



Rys. 12. Graficzna interpretacja pomiaru geometrii toru parametrów w płaszczyźnie pionowej  
Objaśnienia w tekście

Linie ciągłe poziome na dwóch górnych wykresach (rys. 11a, b) oraz linie łamane nad i pod wykresem głównym dotyczącym nierówności poziomych (rys. 11c) określają przedziały dopuszczalnych odchyłek uzależnionych od prędkości. Linie te w oryginalnym wydruku mają kolor czerwony. Na wykresie parametrów w płaszczyźnie poziomej (rys. 11b) widać wyraźne przekroczenia gradientu szerokości.

Podobne przedziały dopuszczalnych odchyłek widać na rysunku 12. Wskazują one, że parametry pionowe toru obejmujące: przechyłkę (a), wichrowatość (b) i kształt pionowy (c) nie są przekroczone.

Plik pomiarowy z dnia: 31.10.2007r. Szlak: TGA1 - TGE Tor: 4

Prędkość: 20 [km/h]  
 -10.0mm < Szerokość < 32.0mm  
 -4.0mm < Gradient szer. < 4.0mm  
 -25.0mm < Przechyłka < 25.0mm  
 -33.0mm < Wichrowatość < 33.0mm  
 -56.0mm < Pion < 56.0mm  
 -53.0mm < Poziom < 53.0mm

Filtr zdarzeń i usterek:

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| H - punkt hektometrowy | M - most, wiadukt, tunel |
| R - rozjazd            | D - przejazd             |
| E - peron              | F - pomiar dokładny      |
| = - styk               | [ - ława                 |
| U - łuk                | Q - przerwa              |
| B - brak śrub          | P - pęknięta szyna       |
| W - podkład            | ~ - falistość            |
| S - spływy             | ) - wybuksowania         |
| Y - wychłapy           | / - skoszone podkłady    |
| X - ubytek szyny       | Z - zużycie boczne       |
| ;                      | % - zachwaszczenie       |

| Kilometr | Szerokość | Gradient | Przechyłka | Wichrowatość | Pion   | Poziom | Ust. i zdarz. |
|----------|-----------|----------|------------|--------------|--------|--------|---------------|
| 34.0950, | -5.0,     | -1.1,    | -2.6,      | -6.8,        | -10.1, | 7.8    | E             |
| 34.0955, | -5.5,     | -1.0,    | -3.9,      | -7.2,        | -10.8, | 7.0    | E             |
| 34.0960, | -6.1,     | -0.6,    | -5.4,      | -7.1,        | -11.7, | 6.6    | E             |
| 34.0965, | -6.5,     | 0.6,     | -6.8,      | -7.0,        | -12.4, | 6.0    | E             |
| 34.0970, | -6.6,     | 1.7,     | -7.7,      | -6.5,        | -12.8, | 5.5    | E             |
| 34.0975, | -6.0,     | 2.6,     | -8.3,      | -5.5,        | -12.5, | 5.0    | E             |
| 34.0980, | -4.9,     | 3.4,     | -8.7,      | -3.7,        | -11.6, | 3.9    | E             |
| 34.0985, | -3.4,     | 3.2,     | -8.7,      | -1.5,        | -10.0, | 2.4    | E             |
| 34.0990, | -1.5,     | 2.8,     | -8.7,      | 0.8,         | -7.9,  | 0.7    | E             |
| 34.0995, | -0.2,     | 2.8,     | -8.5,      | 2.8,         | -5.7,  | -1.2   | E             |
| 34.1000, | 1.3,      | 1.0,     | -8.2,      | 4.1,         | -5.8,  | -1.2   | E             |

Rys. 13. Raport pomiaru geometrii toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej elektronicznym toromierzem TEE-1435

Zestawienia wyników na rysunku 13 ilustrują przykładowy raport z pomiaru geometrii toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej. W górnej części raportu przedstawione są dopuszczalne odchylenia w zależności od prędkości. W środkowej części zestawione są symbole i opisy zdarzeń i usterek, a część dolna zawiera wartości poszczególnych parametrów geometrycznych toru.

#### 4. Wnioski

- 1) Automatyzacja systemów pomiarowych ciągłego monitorowania geometrii torów i rozjazdów wymaga zainwestowania przez odpowiednie zakłady – spółki kolejowe koniecznych środków budżetowych wraz z analizą dotyczącą efektów ekonomicznych.
- 2) Przy modernizacji instrukcji branżowych obowiązujących w wielu specjalistycznych przedsiębiorstwach przemysłowych, wykorzystujących techniki pomiarowe z zakresu geodezji inżyniersko-przemysłowej, powinno się określić możliwość dopuszczenia do zastosowania nowych zaawansowanych technik pomiarowych.
- 3) Ważną zaletą elektronicznego toromierza TEE-1435 podczas pomiaru geometrii rozjazdów lub torów jest możliwość wykonania wydruków bezpośrednio w terenie. Ta możliwość jest szczególnie przydatna w przypadku pomiarów inwentaryzacyjnych związku z wykojeniem się pociągu wykonywanych w obecności zakładowych komisji powypadkowych.
- 4) Stosowanie zaawansowanych, elektronicznych technik w pomiarach geometrii rozjazdów, w tym do badań technicznych, stwarza możliwość prowadzenia ciągłego monitoringu ich położenia geometrycznego i odpowiednich analiz.

#### Literatura

- [1] D-19: *Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej*. Warszawa 2000.
- [2] *Instrukcja techniczna G-4: Pomiary sytuacyjne i wysokościowe*. Warszawa 1988.
- [3] Id-4 (D-6): *Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów*. Warszawa 2005.
- [4] Id-8: *Instrukcja diagnostyki nawierzchni kolejowej*. Warszawa 2005.
- [5] Id-14 (D-75): *Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów*. Warszawa 2005.

- 
- [6] *Instrukcja obsługi toromierza elektronicznego TEE-1435*. P. U. T. GRAW Laserowe Systemy Pomiarowe, Gliwice 2002.
- [7] *Instrukcja obsługi cyfrowego toromierza DTG*. P. U. T. GRAW Laserowe Systemy Pomiarowe, Gliwice.
- [8] *Instrukcja obsługi ręcznego toromierza elektronicznego RTE 2 PROVENTUS*. Katowice 2005.
- [9] Kampczyk A.: *Geodezyjno-diagnostyczne pomiary torów kolejowych wraz z analizą parametrów geometrycznych i opracowaniem projektu regulacji osi toru*. AGH, Kraków 2004 (praca inżynierska, promotor M. Sołtys).
- [10] Kampczyk A.: *Automatyzacja systemów pomiarowych do ciągłego monitorowania geometrii torów i rozjazdów z uwzględnieniem techniki GPS*. AGH, Kraków 2006 (praca magisterska, promotor M. Sołtys).
- [11] *Oprogramowanie LASERTOR PRO v. 1.2. PROVENTUS*. Katowice 2005.