

# Innowacyjne metody diagnostyki rozjazdów kolejowych

## Innovative research methods of diagnostics turnout



**Ewelina Kwiatkowska**

Dr inż. / prawnik

Adjunkt, Politechnika Wrocławska  
Katedra Mostów i kolei; Prawniki  
Lex-Rail Kancelaria Prawna

kwiatkowskae@interia.pl

**Streszczenie:** Niniejsza praca poświęcona jest procesowi diagnostyki rozjazdów kolejowych z wykorzystaniem innowacyjnych metod badawczych. Przedstawiono wyniki badań i analiz przeprowadzonych na rozjazdach z wykorzystaniem skanera do trójwymiarowych pomiarów profilu szyn kolejowych w celu wczesnej diagnostyki uszkodzeń iglic, opornic i krzyżownic. W pracy przedstawiono metodę badań oddziaływań dynamicznych generowanych przez ruch kolejowych na rozjazdach z podkładkami pod podkładowymi w celu oceny wpływu podkładek na wibroizolacyjności i trwałości konstrukcji rozjazdu.

**Słowa kluczowe:** Metody badawcze toru kolejowego; Rozjazdy kolejowe; Dynamika toru

**Abstract:** This work is devoted to the process of diagnosis of railway turnouts with the use of innovative research methods. The results of tests and analyzes carried out on switches with the use of a scanner for three dimensional measurements of railway rails profiles were presented for early diagnosis of damage to spiers, resistors and crossings. The paper presents the method of testing dynamic interactions generated by railway traffic on switches with underlay pads in order to assess the impact of washers on the vibro-isolation and durability of the turnout structure.

**Keywords:** Research methods of railway track; Railway turnouts; Track dynamics

Rozwój inwestycji infrastrukturalnych na kolejach przyczynia się do wzrostu prędkości prowadzonego ruchu. Wzrost prędkości prowadzonego ruchu kolejowego wymaga od zarządcy infrastruktury kolejowej zwiększenia nakładów na diagnostykę i utrzymanie linii kolejowych w celu zapewnienia bezpieczeństwa podróżujących koleją. Infrastruktura kolejowa jest złożonym systemem zależności w którym najsłabszy element decyduje o poziomie bezpieczeństwa całego systemu. W wyniku analiz zagrożeń wynikających z wzrostu prędkości prowadzonego ruchu kolejowego kluczowym elementem systemu jest jakość techniczna i utrzymaniowa rozjazdów kolejowych. Rozjazdy kolejowe będące skrzyżowaniem torów na linach kolejowych wpływają na bezpieczeństwo i decydują o maksymalnej prędkości ruchu kolejowego [1] [2].

W celu zapewnienia bezpieczeństwa prowadzonego ruchu kolejowego na rozjazdach należy prowadzić oględziny, diagnostykę i regularnie prace utrzymaniowe – naprawcze. Zgodnie

z znowelizowanymi przepisami PKP PLK instrukcji o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów Id-4 z 2015 r., prowadzenie oględzin wykonuje się w cyklu przedstawionym w tabeli 1. Terminy prowadzonych oględzin uzależnione są od kategorii linii kolejowej, rodzaju torów [3]. Częstotliwość prowadzenia badań diagnostycznych zgodnie z Id-4 z 2015 r. przedstawiono w tabeli 2, uzależniając częstotliwość podstawową badań od prędkości prowadzonego ruchu i przenoszonego obciążenia.

Obowiązujące procedury diagnostyczne rozjazdów opierają się na kla-

sycznej aparaturze pomiarowej do pomiarów położenia toru w planie i profilu m.in. toromierze, profilomierz, szczelinomierz, strzałkomierz, dreżyny pomiarowe, urządzenia geodezyjne. Klasyczna diagnostyka zapewnia możliwość wykrycia powstałego uszkodzenia rozjazdu i zaplanowania jego naprawy. Jednakże w procesie modernizacji i wprowadzania najnowszych standardów w utrzymaniu rozjazdów kolejowych celowe jest wprowadzenie procedur badawczych pozwalających na wykrycie wad na ich wczesnym etapie zapewniając bezpieczeństwo prowadzonego ruchu i utrzymanie mak-

Tab. 1. Terminy oględzin rozjazdów [3]

L.p.	Rodzaj toru	Kategoria linii				Infrastruktura nieczynna lub częściowo wyłączona*)
		Magistralna	Pierwszorzędna	Drugorzędna	Znaczenia miejscowego	
1	2	3	4	5	6	7
1	Szlakowe, główne zasadnicze i dodatkowe	1 x 1 dobę	1 x 1 dobę	1 x 1 dobę	1 x 1 dobę	1 x 6 miesięcy
2	Pozostałe	2 x 1 tydzień	2 x 1 tydzień	2 x 1 tydzień	2 x 1 tydzień	
3	Wszystkie	wg § 4 ust. 3				

\*) Wykonuje pracownik dokonujący obchodów torów na obszarze swojego działania

Tab. 2. Częstotliwość prowadzonych badań rozjazdów kolejowych [3]

Lp.	Parametr	Częstotliwość badań przy określonych parametrach eksploatacyjnych				
		3	4	5	6	7
1	Prędkość [km/h]	$V \leq 40$	$40 < V \leq 120$		$120 < V \leq 160$	$160 < V \leq 200$
2	Obciążenie [Tg/rok] <sup>1)</sup>	-	$\leq 10$	$> 10$	-	-
3	Częstotliwość podstawowa	6 m-cy	6 m-cy	3 m-ce	3 m-ce	2 m-ce
4	Częstotliwość wydłużona	max 12 m-cy	max 9 m-cy	max 6 m-cy	max 6 m-cy	max 3 m-ce

<sup>1)</sup> Obciążenie – sumaryczne obciążenie przewozami wszystkich kierunków w rozjeździe<sup>1)</sup>

symalnej prędkości ruchu kolejowego, poprzez zapobieganie uszkodzeniom powodującym konieczność wprowadzenia redukcji prędkości przejazdowej.

Jedną z metod wczesnego wykrywania uszkodzeń rozjazdów jest stosowanie skanerów optycznych do trójwymiarowej diagnostyki badanych elementów, drugą metodą badawczą pozwalającą na wczesne wykrycie uszkodzeń jest analiza oddziaływań dynamicznych wywołanych ruchem kolejowym. Na Politechnice Wrocławskiej w Katedrze Mostów i Kolei od 2016 r. prowadzony jest przez dr inż. Ewelinę Kwiatkowską program badań rozjazdów kolejowych z wykorzystaniem innowacyjnych metod badawczych. Badania prowadzone są na dwóch poligonach testowych, pierwszy poligon zlokalizowany jest na stacji Siedlce rys. 2 i 3 na dwóch rozjazdach typu Rz

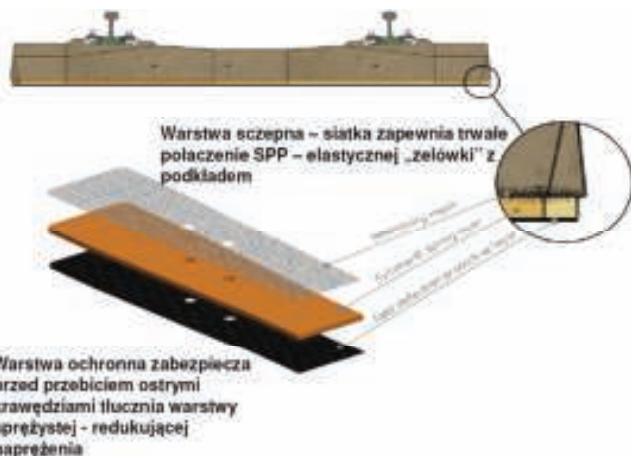
1:12-500-60E1 w konstrukcji pierwszej badanego rozjazdu zastosowane są panele antywibracyjne w podrozjazdnicach strunobetonowych tzw. podkładki pod podkładowe (PPP) rys. 1, w drugim rozjeździe nie zastosowano PPP. Drugi poligon badawczy zlokalizowany jest na stacji Kraków Towarowy w rozjeździe typu Rz-60E1-1:9-300 z PPP i stacji Kraków Łobzów w rozjeździe Rz-60E1-1:9-300 bez PPP. Konstrukcje badanych rozjazdów należą do dwóch polskich producentów rozjazdów na stacji Siedlce do Trac Tec KolTram w Zawadzkiem, na stacji Kraków Łobzów i Towarowy do KZN Biezanów.

Badania poligonowe rozjazdów podzielone są na dwie części. Pierwsza część programu badań obejmuje badania geometrii rozjazdów w planie i profilu prowadzone klasycznych technik pomiarowych zgodnie z in-

strukcją zarządcy PKP PLK Id-4 oraz z wykorzystaniem innowacyjnego skanera optycznego 3D produkcji Graw. Badania klasyczne pomiaru geometrii rozjazdu w planie i profilu wykonano z wykorzystaniem profilomierza, toromierza, strzelinomierza, strzałkomierza oraz urządzeń geodezyjnych, pomiary wykonywane są w cyklu co 3 miesiące i zakresie zgodnym z Id-4.

W badaniach diagnostycznych rozjazdów wykorzystano również innowacyjne urządzenie pomiarowe w postaci skanera optycznego do pomiaru profilu szyn, wykorzystanego do trójwymiarowej diagnostyki obrazowej krzyżownic, iglic i opornic. Pomiary z wykorzystaniem skanera prowadzone są co 3 miesiące na krzyżownicach, iglicach i opornicach. Badania mają na celu ocenę zużycia elementów rozjazdów w wyniku eksploatacji oraz wczesną diagnostykę uszkodzeń konstrukcji rozjazdu. Zastosowane innowacyjne metody pomiarów szyn zostają porównane z klasycznymi metodami diagnostyki w celu oceny potencjału badawczego.

Drugi etap prowadzonych badań rozjazdów na poligonach ma charakter badań oddziaływań dynamicznych [4]. Badania mają na celu pomiar oddziaływań dynamicznych generowanych



1. Podkładki pod podkładowe stosowane w podrozjazdnicach strunobetonowych



2. Rozjazd z PPP Rzp 1:12-500-60 E1

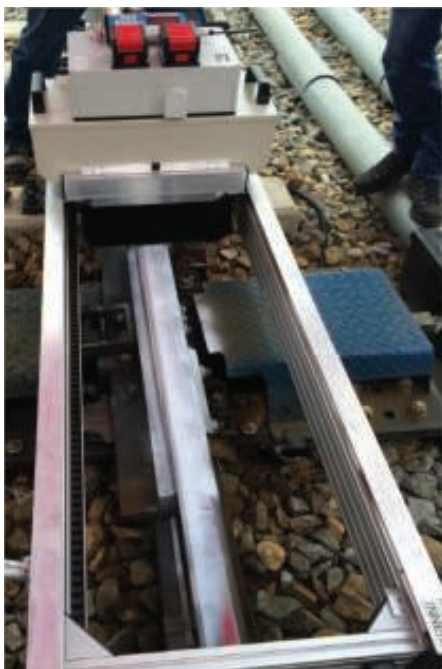


3. Rozjazd bez PPP Rzl 1: 12-500-60E1



4. Skaner 3D Skorpion - krzyżownica w rozjeździe z PPP





5. Skaner 3D Skorpion- iglicy i opornicy w rozjeździe z PPP

przez ruch kolejowych w obszarze rozjazdu i przekazywanych przez rozjazd na podtorze. Badania dynamiki rozjazdów obejmują pomiar hałasu, wibracji w podrozjazdnicach, podtorzu oraz badania ugięć podrozjazdnic wywołanych przejazdem pociągu. Badania dynamiczne prowadzone są co 6 miesięcy na rozjazdach w stacji Siedlce, Kraków Towarowy i Kraków Łobzów. Analizy dynamiczne mają na celu ocenę wpływu zastosowania podkładek pod podkładowych na propagację drgań w rozjeździe, podtorzu, emisję hałasu i ugięcie toru.

Wyniki badań geometrii, profilu rozjazdów z etapu pierwszego są zestawiane z wynikami badań dynamicznych z etapu drugiego realizowanego programu badań. Analiza porównawcza wyników badań ma na celu ocenę zastosowanych metod badawczych do wczesnej diagnostyki uszkodzeń rozjazdów.

## Badania z wykorzystaniem skanera szyn

Laserowe urządzenie pomiarowe Skorpion produkcji Graw Sp. z o.o. przeznaczone jest do okresowych pomiarów profilów szyn i rozjazdów rys. 4. Urządzenie składa się z ramy nośnej, stanowiącej sztywną belkę odniesienia, laserowej głowicy pomiarowej, pozwalającej na pomiary kształtu mierzonego



6. Skaner 3D Skorpion-nowa iglica i opornica

objektu oraz układu napędowego pozwalającego na automatyczny przejazd głowicy nad badanym obiektem. Po ustawieniu urządzenia nad badanym obiektem, pomiar wykonywany jest w pełni automatycznie. Wynikiem pomiaru jest model 3D mierzonego obiektu, czyli dokładne odwzorowanie obiektu zarówno w kierunku poprzecznym jak i podłużnym. Pomiar wykonuje się poprzez odczyt badanego elementu co 1 mm. Urządzenie układane jest na badanym elemencie pokrytym po uprzednim naniesieniu białego preparatem matującym rys. 4. Badania skanerem wykonano na rozjazdach z PPP rys. 4 oraz rys. 5 i rozjazdach bez PPP oraz na nowej iglicy, opornicy i krzyżownicy u producenta rozjazdów.

Przykładowe wyniki pomiaru profilu iglicy i krzyżownicy przedstawiono na rys. 7 pomiar wykonywano w kroku co 1 mm. Porównanie wyników pomiarów dla rozjazdu z PPP i bez PPP oraz elementów nowych wykazały zużycie na dziobie krzyżownicy w rozjeździe bez PPP wynoszące 0,52 mm, a w rozjeździe z PPP 0,35 mm w porównaniu z nową krzyżownicą. Przy pomiarze iglicy

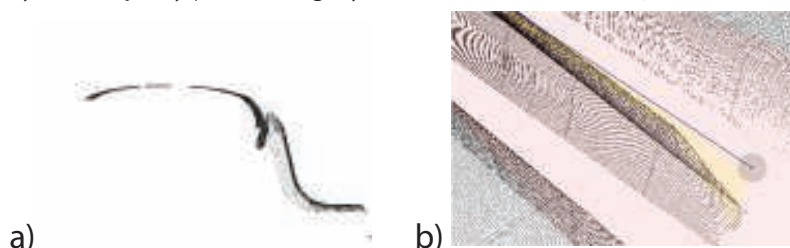
w rozjeździe bez PPP zużycie wyniosło 0,32 mm w porównaniu z nową iglicą. Podczas badania iglicy w rozjeździe z PPP zużycie wyniosło 0,28 mm w porównaniu z nową iglicą. Przykładowy obraz ze skanera przedstawiono na rys. 7.

Przeprowadzone badania z wykorzystaniem skanera pozwoliły na wczesną diagnostykę uszkodzeń rozjazdów w części dzioba krzyżownicy. Wyniki pomiarów przeprowadzone w lutym 2016 r. wykazały uszkodzenie dzioba krzyżownicy wynoszące 4 mm, 4 mm uszkodzenie zostało zaobserwowane podczas analizy wyników na komputerze. Ze względu na 4 mm uszkodzenie rysa podczas badań w terenie nie została zdiagnozowana. Rozrost uszkodzenia spowodował pęknięcie dzioba krzyżownicy, które nastąpiło w sierpniu 2016 r. rys. 8.

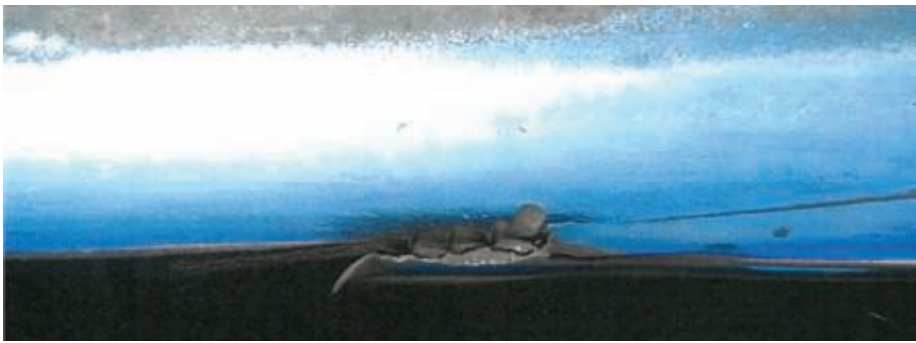
Wyniki badań wykonane skanerem Skorpion wykazują celowość prowadzenia regularnej diagnostyki obrazowej z wykorzystaniem trójwymiarowej diagnostyki obrazowej pozwalającej na wczesną identyfikację uszkodzeń i umożliwiające wprowadzenie prac utrzymaniowych zapobiegających dalszym uszkodzeniom. Poszerzenie diagnostyki rozjazdów o badania 3D profili szyn jest wskazane na liniach magistralnych o najwyższym natężeniu ruchu w celu zwiększenia bezpieczeństwa i niezawodności prowadzonego ruchu kolejowego

## Badania propagacji drgań

Badanie oddziaływań dynamicznych przeprowadzono z wykorzystaniem aparatury pomiarowej typu Photon Brüel & Kjaer. Badanie przeprowadzono na stacji Siedlce przy przejeździe pociągu z prędkością 70 km/h w kierunku zasadniczym na rozjeździe z PPP i bez PPP. Czujniki pomiarowe ułożono na szynie, podrozjazdniczy w strefie zwrotnicowej i w podtorzu w odległości 5 m od osi



7. Obraz z skanera 3D typu Skorpion, a – iglica, b- krzyżownica



8. Uszkodzony dziób krzyżownicy

wibracji powyżej 31 Hz. Badania ugięć pionowych podkładów z PPP i bez PPP przedstawiono dla odcinków dojazdowego do badanych rozjazdów z PPP i bez PP na stacji Kraków Łobzów i Kraków Towarowy. Stanowisko pomiarowe z zamontowanymi czujnikami przedstawiano na rys. 12. Badanie wykonano przy przejeździe pociągu z prędkością 70 km/h.

Na rys. 13 przedstawia ugięcia pionowe podkładu na odcinku bez PPP, na rys. 14 przedstawiono ugięcia podkładu na odcinku z PPP.

Pomiary ugięcia podkładów wykazały na odcinku bez PPP bardzo sztywne podparcie toru kolejowego. Ugięcia pionowe podkładu wynosiły 0,3 mm, na odcinku wyposażonym w PPP, wykazano bardziej elastyczne zachowanie nawierzchni z pionowymi ugięciami podkładu około 1,5 mm.

Ugięcia podkładów w wyniku zastosowania podkładek pod pokładowych potwierdzają wyniki badań propagacji drgań generowanych przez przejeżdżający pociąg na podkłady i podtorze, wzrost ugięć wykazuje zwiększenie wibroizolacyjności obszaru rozjazdu i zmniejszenie oddziaływań wibracyjnych badanego obszaru.

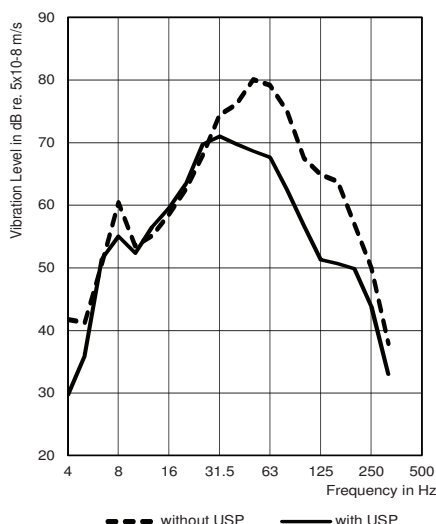
Prowadzone pomiary diagnostyki profili i geometrii rozjazdu oraz dynamiki konstrukcji rozjazdu wykazały związek redukcji wibracji w rozjeździe z zmniejszeniem oddziaływań dynamicznych w wyniku zastosowania podkładek pod podkładowych, a redukcją zużycia profilu krzyżownicy, iglicy i opornicy.



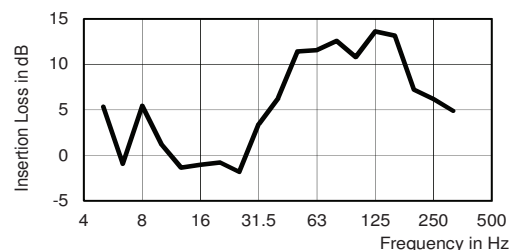
9. Aparatura pomiarowa i lokalizacja czujników pomiarowych w rozjeździe, a- czujniki na szynie i podrozjazdnicy, b- czujniki w podtorzu

toru rys. 9. Przeprowadzone pomiary poddano analizie częstotliwościowej w zakresie porównawczy dla rozjazdu z PPP i bez PPP. W wyniku zastosowania podkładek podpodkładowych w podrozjazdnicach nastąpiła w porównaniu z rozjazdem bez PPP redukcja drgań w szynie o 20 %, w podrozjazdnicy o 30 %, a w podtorzu o 40 % w zakresie częstotliwości od 5 do 40 Hz. W zakresie częstotliwości od 40 do 240 Hz nastą-

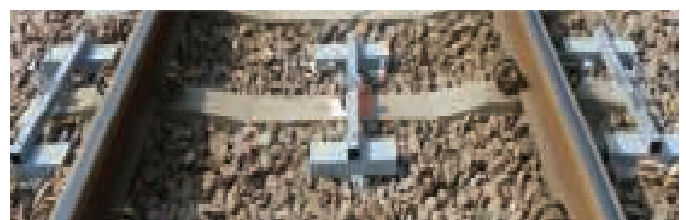
piła redukcja wibracji w szynie o 25 %, w podrozjazdnicy o 35 %, a w podtorzu o 60 % w rozjeździe z podkładkami pod podkładowymi w porównaniu do rozjazdu bez PPP. Wyniki badań przedstawiano na przykładzie rys. 10 i 11 obrazującego poziom drgań zarejestrowanych w podtorzu kolejowym w rozjazdach z PPP i bez PPP. Wyniki badań wykazały najwyższy poziom redukcji drgań odtorowych w częstotliwości



10. Wyniki pomiarów wibracji w podtorzu kolejowych w odległości 5 metrów od osi toru zasadniczego. Linia ciągła oznaczona wyniki badań dla rozjazdu z PPP, linia kreskowana oznacz wyniki badań dla rozjazdu bez PPP

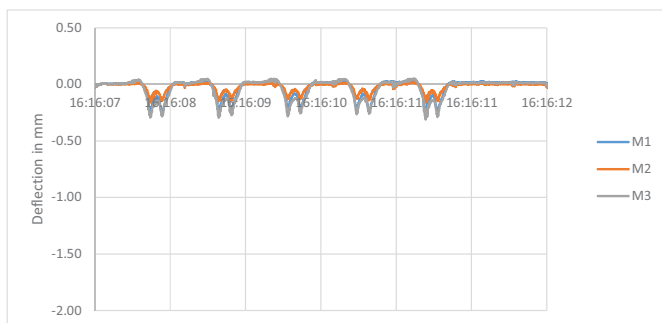


11. Redukcja wibracji w podtorzu kolejowym w wyniku zastosowania PPP w rozjeździe w porównaniu z rozjazdem bez PPP

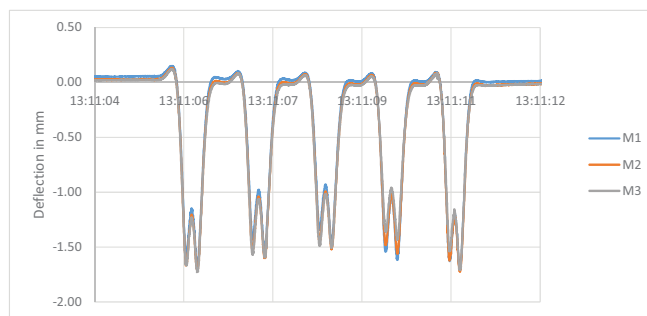


12. Badania ugięć podkładów z PPP





13. Ugięcia pionowe podkładu bez PPP



14. Ugięcia pionowe podkładu z PPP

## Posumowanie

Wyniki badań diagnostycznych i dynamicznych wykazały celowość prowadzenia badań mających na celu wczesne wykrywanie uszkodzeń rozjazdów. Badania wykazały, że obrazowa diagnostyka 3D pozwala na wczesną identyfikację uszkodzeń, która jest nie diagnozowalna klasycznymi metodami pomiarowymi. Trójwymiarowa diagnostyka profili iglic, opornic i krzyżownic na liniach magistralnych powinna zostać wprowadzona jako stały etap w

procesie utrzymania nawierzchni kolejowej na rozjazdach.

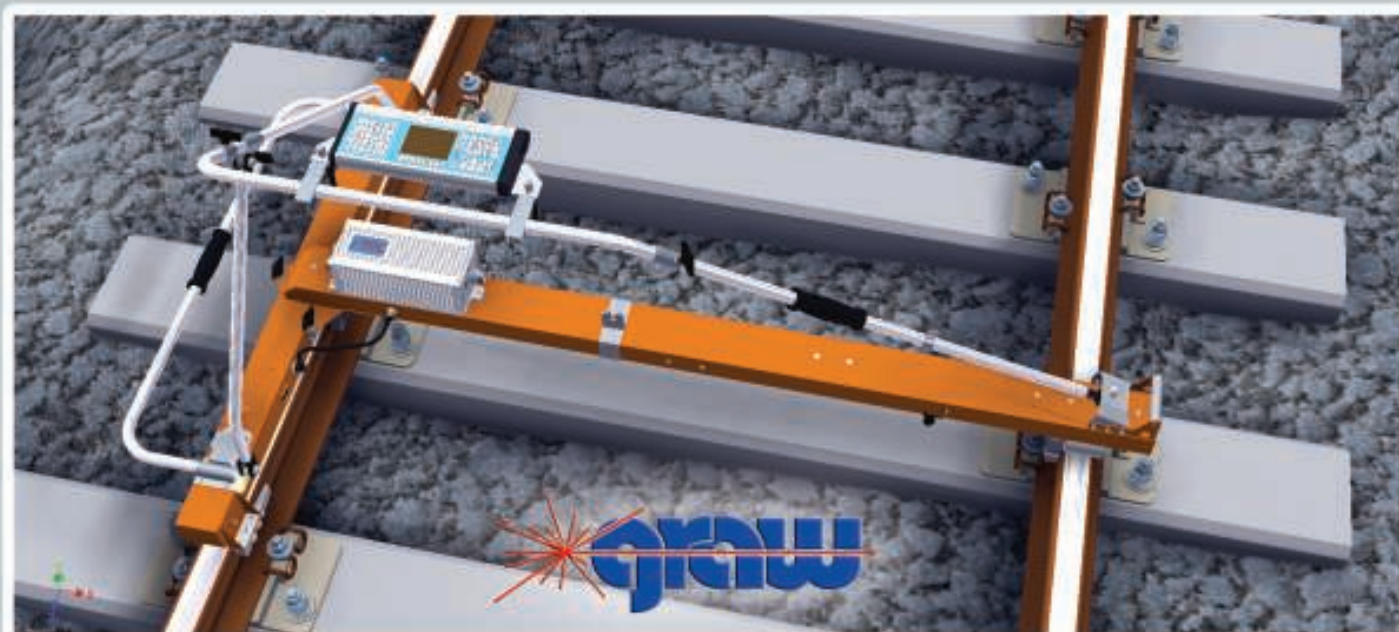
Badania oddziaływań dynamicznych w rozjazdach z podkładkami pod podkładowymi i bez PPP wykazały pozytywny wpływ zastosowania warstwy sprężystej na redukcję drgań w szynie, podrozjazdnicach i podtorzu. Badania dynamiki rozjazdu potwierdzają wyniki badań z wykorzystaniem diagnostyki 3D rozjazdów pozytywnego wpływu PPP na redukcję zużycia szyn i zmniejszenie generowanych drgań przez ruch kolejowy. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Bałuch H.: Trwałość i niezawodności eksploatacyjna nawierzchni kolejowej WKiŁ, Warszawa 1980 r.
- [2] H. Bałuch, M. Bałuch. Układy geometryczne toru i ich deformacje. KOW, Warszawa 2010.
- [3] Id-4 Instrukcja o oględzinach, badaniach technicznych i utrzymaniu rozjazdów, PKP PLK, Warszawa 2015r.
- [4] Kwiatkowska E. Wpływ wibroizolacji podkładów strunobetonowych na pracę podtorza kolejowego, Raport serii PRE nr 8 /2015, Politechnika Wrocławska

REKLAMA

## TOROMIERZ INERCYJNY iTEC Dokładny pomiar strzałek



[www.graw.com](http://www.graw.com)