

CHARAKTERYSTYKA WAD W SZYNACH KOLEJOWYCH WYKRYTYCH NA LINII KOLEJOWEJ NR 131 CHORZÓW BATORY-TCZEW ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM WAD 227 SQUAT¹

Jerzy Zariczny

mgr inż., Katedra Transportu Szynowego, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, 80 – 233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12, tel.: +48 58 348 6089, e-mail: jzaric@pg.gda.pl

Sławomir Grulkowski

dr inż., Katedra Transportu Szynowego, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska, 80 – 233 Gdańsk, ul. Narutowicza 11/12, tel.: +48 58 348 6089, e-mail: slawi@pg.gda.pl

Streszczenie. *Diagnostyka szyn kolejowych ma istotne znaczenie przy ocenie stanu technicznego nawierzchni kolejowej. Rosnąca liczba wykrywanych wad kontaktowo – zmęczeniowych stawia przed diagnostami nowe wyzwania. W artykule scharakteryzowano wady 227 squat obserwowane na odcinku doświadczalnym zlokalizowanym na linii kolejowej nr 131 Chorzów Batory – Tczew. Wskazano czynniki wpływające na ich powstawanie i rozwój. Porównano wyniki prowadzonych obserwacji (badań wizualnych) z wynikami badań defektoskopowych.*

Słowa kluczowe: *nawierzchnia kolejowa, diagnostyka szyn kolejowych, trwałość eksploatacyjna szyn kolejowych, wady kontaktowo – zmęczeniowe w szynach kolejowych*

1. Wstęp

Wada 227 squat (pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej) jest obecnie najczęściej wykrywaną wadą kontaktowo – zmęczeniową na polskiej sieci kolejowej. Zajmuje trzecie miejsce wśród wad, których rozwój prowadzi do pęknięcia szyn kolejowych, ustępując pierwszeństwa jedynie wadzie 421 pęknięcie poprzeczne spoiny termitowej i wadzie 1321 pęknięcie poziome na przejściu szyjki w główkę. Wykazuje natomiast największą dynamikę wzrostu liczby wywołanych pęknięć szyn [2]. Dotyczy to głównie szyn wbudowanych po 1991 roku, czyli po zmianie i ulepszeniu technologii spawania termitowego, co spowodowało spadek liczby wykrywanych wad 421 [7]. Potwierdzają to prowadzone przez autorów od października 2010 roku obserwacje (badania wizualne) odcinka doświadczalnego [8, 11]. Odcinek ten jest zlokalizowany w torze nr 1 i 2 w km 452,885 - 484,400 linii kolejowej nr 131 Chorzów Batory – Tczew (ma 31,5 km długości). Jego po-

¹ Wkład procentowy poszczególnych autorów: Zariczny J. 50%, Grulkowski S. 50%

czątek stanowi granica między Zakładem Linii Kolejowych PKP PLK S.A. w Bydgoszcy i Gdyni, a koniec znajduje się na stacji kolejowej Subkowy. Charakterystykę ograniczono do wad 227 squat wykrytych w torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn (km 458,773 – 465,948). W km 463,404 położony jest przystanek osobowy Majewo. Na omawianym szlaku obowiązuje klasa nacisku D3, a pociągi pasażerskie (również autobusy szynowe) oraz towarowe mogą rozwijać prędkość maksymalną odpowiednio 120 km/h i 100 km/h. Tabela 1 zawiera paszportyzację toru nr 2. Jest to tor bezстыkowy, szyny są surowe, zostały wyprodukowane przez Hutę Katowice (K). Są przymocowane do podkładów kolejowych za pomocą przytwierdzeń typu K.

Tabela 1. Paszportyzacja toru nr 2

Km początku	Km końca	Szyny			Podkłady		
		Typ	Rok produkcji	Rok wbudowania	Typ	Rok produkcji	Rok wbudowania
458,773	458,850	S60	1998 reprofilowane	1998 reprofilowane	Dębowe	1998	1998
458,850	462,300	S60	1981	1981	INBK – 7	1981	1981
462,300	465,948	S60	1981	1981	Dębowe	1981	1981

2. Wyniki badań defektoskopowych odcinka doświadczalnego [4]

Ostatnie badania defektoskopowe odcinka doświadczalnego wykonane w sierpniu 2012 roku wykazały występowanie w torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn 87 wad w szynach (rys. 1), co daje średnio 12,4 wad/km, czyli 6,2 wad/tok szynowy/km. Dzielą się one na sześć typów:

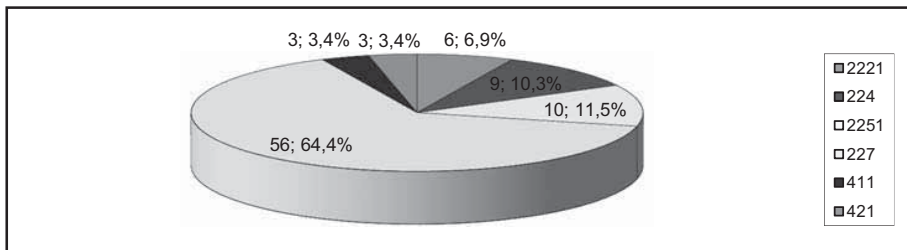
- a) 2221 shelling powierzchni tocznej,
- b) 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej,
- c) 2251 pojedyncze wybuksowanie,
- d) 227 squat,
- e) 411 pęknięcie poprzeczne zgrzeiny,
- f) 421 pęknięcie poprzeczne spoiny termitowej.

Najwięcej zarejestrowano wad 227 squat – 56 sztuk (64,4% wszystkich wad). Szczególną uwagę należy zwrócić również na wady 224 (9 sztuk; 10,3% wszystkich wad), które w późniejszej fazie rozwoju mogą się przekształcić w wady 227 squat. Łącznie stanowią one 74,7% wszystkich wad. Natomiast sumaryczny udział wad 411 i 421 nie przekracza 6,9%. Są one rozmieszczone nierównomiernie zarówno na długości omawianego szlaku (rys. 2), jak i w obydwu tokach szynowych (rys. 3). Najwięcej z nich występuje w km 458,773 – 460,000; 461,001 – 462,000; 463,001 – 464,000 oraz 465,001 – 465,948.

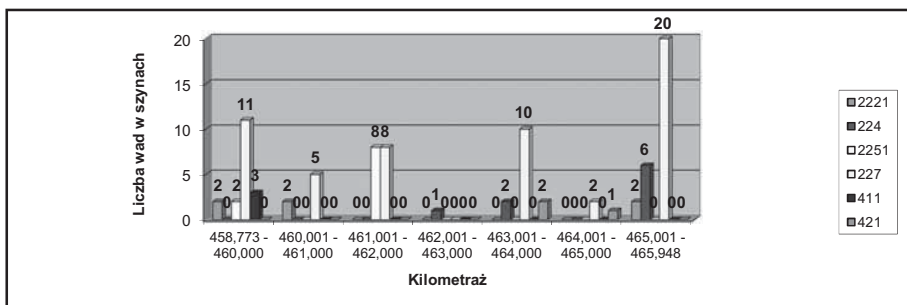
Dziesięć z 18 wad (55,6%) zarejestrowanych w km 458,773 – 460,000, znajduje się w odległości do 500 m przed semaforem wjazdowym na stację Smętowo, a więc w strefie częstych rozruchów i hamowań taboru kolejowego, stąd też obecność w tej lokalizacji wad 2251. Analogicznie 27 z 28 wad (96,4%) zarejestro-

wanych w km 465,001 – 465,948, znajduje się w odległości do 400 m przed semaforem wjazdowym na stację Morzeszczyn (patrzac w kierunku niewłaściwym), a więc w strefie częstych rozruchów taboru. W tym przypadku dominuje wada 227 squat (20 sztuk, 74,1% wad w tej lokalizacji). Natomiast na krzywej przejściowej w km 461,228 – 461,408 występuje 6 wad 2251. Bezpośrednio przed nią (patrzac w kierunku właściwym), na fragmencie łuku o długości 25 m występują kolejne 2 wady 2251. Łącznie stanowią one 50,0% wad (8 z 16) zarejestrowanych w km 461,001 – 462,000.

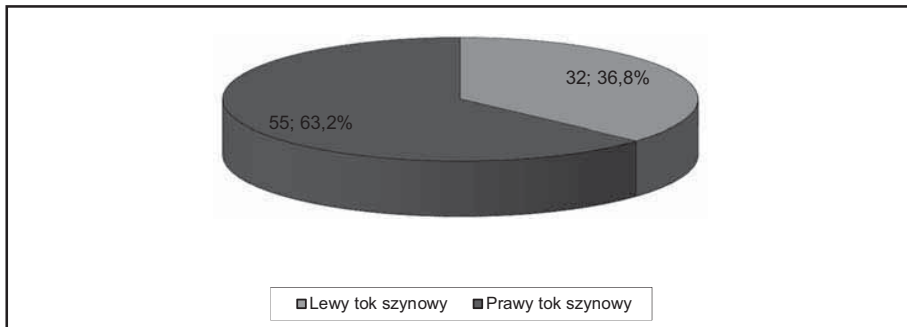
Koniec łuku i następująca po nim krzywa przejściowa to strefa częstego zwiększania i zmniejszania prędkości taboru. W ostatnim przypadku na łuku wyrównawczym w odległości 100 – 150 m przed przystankiem osobowym Majewo (strefa częstych hamowań taboru) znajduje się 8 wad 227 squat i 1 wada 224. Łącznie stanowią one 64,3% wad (9 z 14) zarejestrowanych w km 463,001 – 464,000. Na rys. 4, 5, 6 i 7 zaprezentowano, z podziałem na prawy i lewy tok szynowy, odpowiednio zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach oraz ich rozmieszczenie na długości omawianego szlaku. W prawym toku szynowym jest ich 1,72 razy więcej niż w lewym. W prawym toku szynowym w km 462,001 – 463,000 oraz w lewym toku szynowym w km 464,001 – 465,000 nie ma ani jednej.



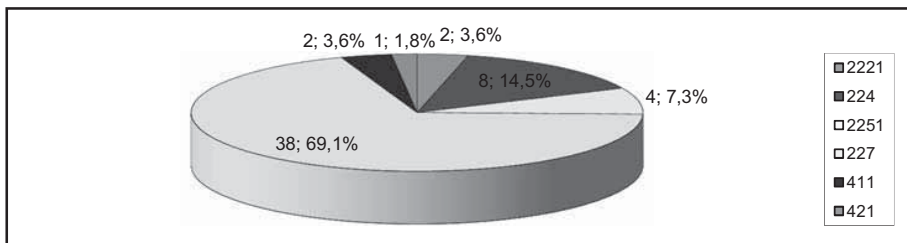
Rys. 1. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach



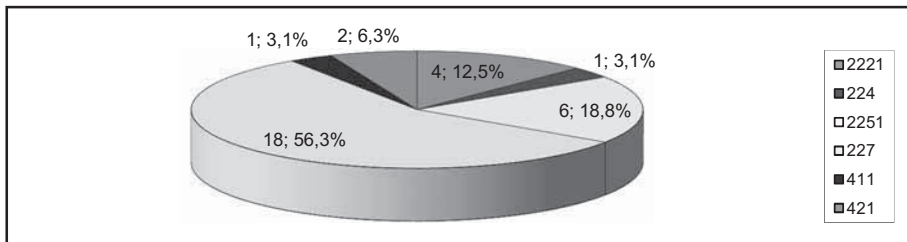
Rys. 2. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku



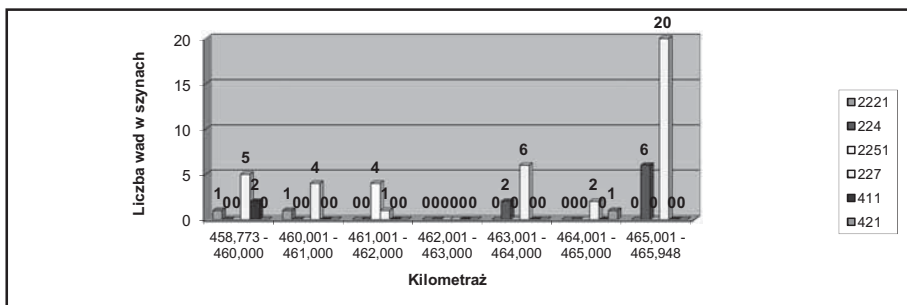
Rys. 3. Rozmieszczenie wad w szynach w obydwu tokach szynowych



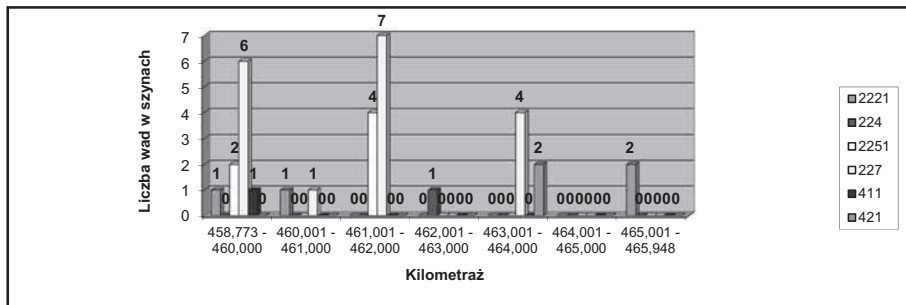
Rys. 4. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach – prawy tok szynowy



Rys. 5. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach – lewy tok szynowy



Rys. 6. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku – prawy tok szynowy



Rys. 7. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku – lewy tok szynowy

3. Wyniki obserwacji (badań wizualnych) odcinka doświadczalnego [3, 5]

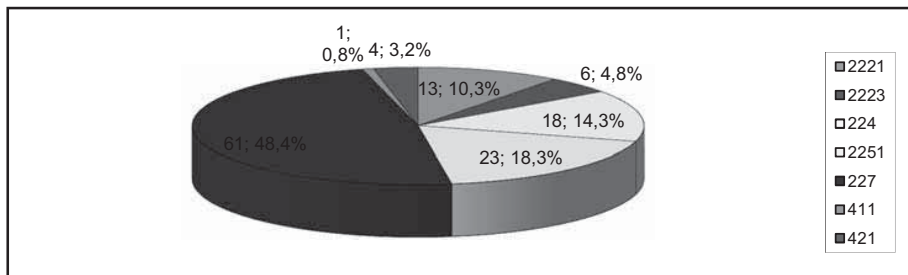
W trakcie ostatniej serii obserwacji (badań wizualnych) odcinka doświadczalnego wykonanej w lipcu 2012 roku, w torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn zarejestrowano 126 wad w szynach (rys. 8), co daje średnio 18 wad/km, czyli 9 wad/tok szynowy/km. Dzielą się one na siedem typów:

- 2221 shelling powierzchni tocznej,
- 2223 head checking,
- 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej,
- 2251 pojedyncze wybuksowanie,
- 227 squat,
- 411 pęknięcie poprzeczne zgrzeiny,
- 421 pęknięcie poprzeczne spoiny termitowej.

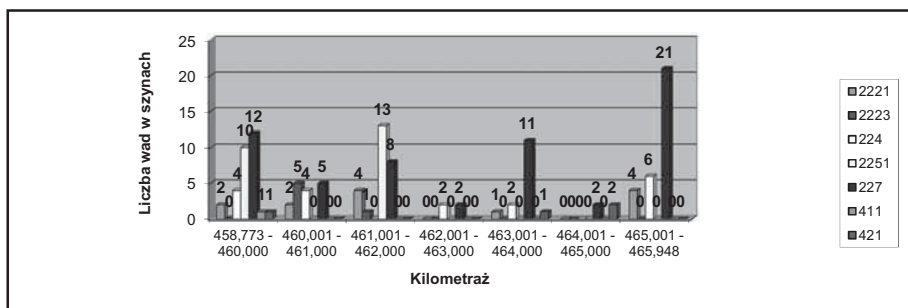
Najliczniej występują wady 227 squat – 61 sztuk (48,4% wszystkich wad). Szczególną uwagę należy zwrócić również na wady 224 (18 sztuk, 14,3% wszystkich wad), które w późniejszej fazie rozwoju mogą się przekształcić w wady 227 squat. Łącznie stanowią one 62,7% wszystkich wad. Natomiast sumaryczny udział wad 411 i 421 nie przekracza 4,0%. Są one rozmieszczone nierównomiernie zarówno na długości omawianego szlaku (rys. 9), jak i w obydwu tokach szynowych (rys. 10).

Najwięcej z nich występuje w km 458,773 – 460,000; 461,001 – 462,000 oraz 465,001 – 465,948. 23 z 30 wad (76,7%) zarejestrowanych w km 458,773 – 460,000, znajduje się w odległości do 500 m przed semaforem wjazdowym na stację Smętowo, a więc w strefie częstych rozruchów i hamowań taboru. Stąd też obecność w tej lokalizacji 10 wad 2251 (43,5% wad w tej lokalizacji). Analogicznie 30 z 31 wad (96,8%) zarejestrowanych w km 465,001 – 465,948, znajduje się w odległości do 400 m przed semaforem wjazdowym na stację Morzeszczyn (patrząc w kierunku niewłaściwym), a więc w strefie częstych rozruchów taboru. W tym przypadku dominuje wada 227 squat (21 sztuk, 70,0% wad w tej lokalizacji). Natomiast na krzywej przejściowej w km 461,228 – 461,408 występuje 6 wad 2251 i 2 wady 2221. Bezpośrednio przed nią (patrząc w kierunku właści-

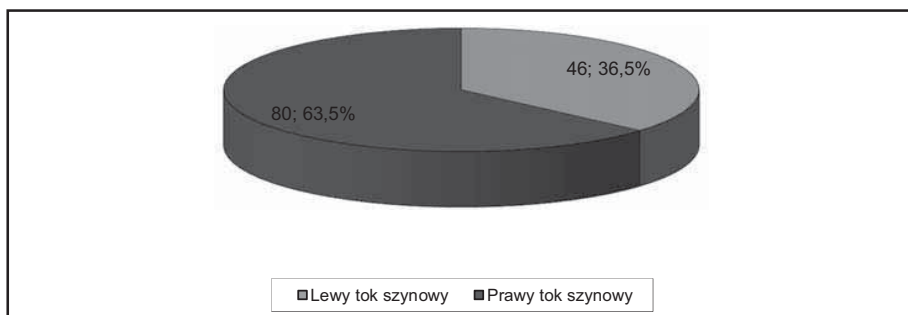
wym), na fragmencie łuku o długości 35 m występuje kolejnych 7 wad 2251. Łącznie stanowią one 57,7% wad (15 z 26) zarejestrowanych w km 461,001 – 462,000. Koniec łuku i następująca po nim krzywa przejściowa to strefa częstego zwiększania i zmniejszania prędkości taboru. Na r. ys. 11, 12, 13 i 14. zaprezentowano, z podziałem na prawy i lewy tok szynowy, odpowiednio zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach oraz ich rozmieszczenie na długości omawianego szlaku. W prawym toku szynowym jest ich 1,74 razy więcej niż w lewym. W lewym toku szynowym w km 464,001 – 465,000 nie ma ani jednej.



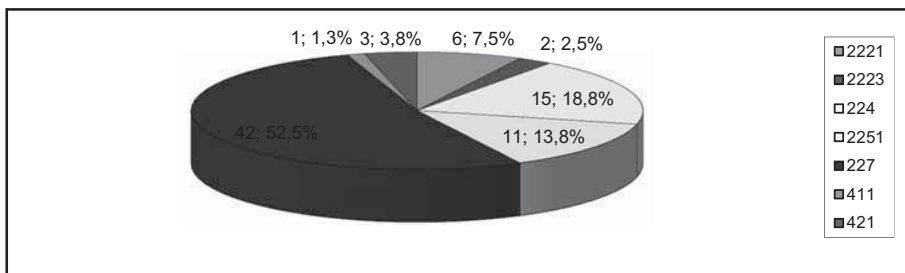
Rys. 8. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach



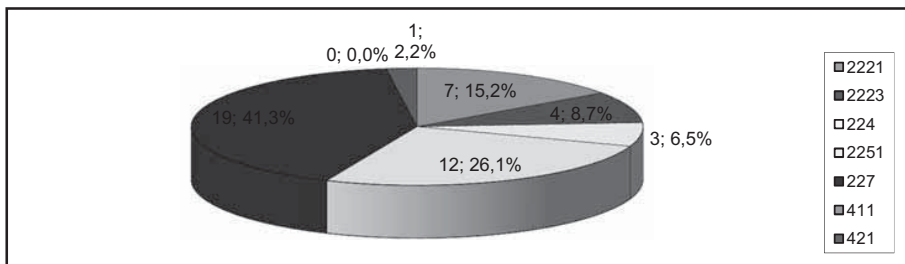
Rys. 9. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku



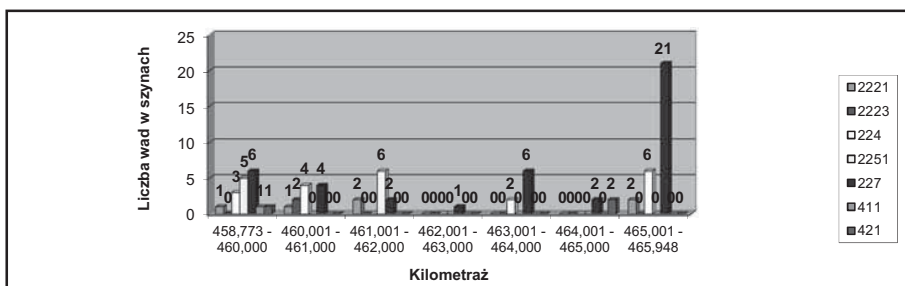
Rys. 10. Rozmieszczenie wad w szynach w obydwu tokach szynowych



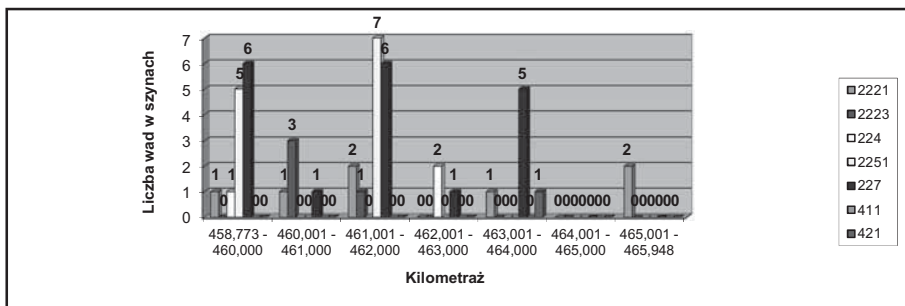
Rys. 11. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach – prawy tok szynowy



Rys. 12. Zestawienie ilościowe i procentowe zarejestrowanych wad w szynach – lewy tok szynowy



Rys. 13. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku – prawy tok szynowy



Rys. 14. Rozmieszczenie wad w szynach na długości omawianego szlaku – lewy tok szynowy

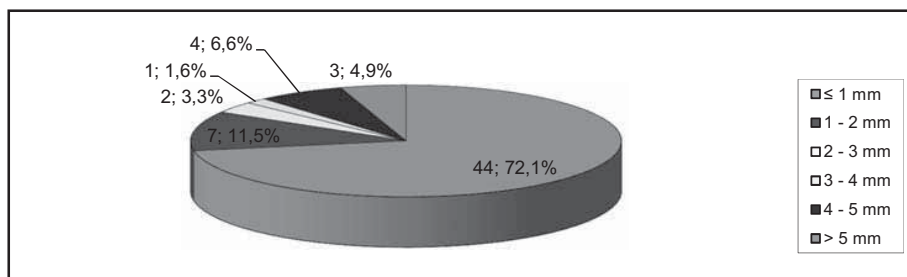
4. Porównanie wyników badań defektoskopowych i wizualnych odcinka doświadczalnego

Ostatnie badania defektoskopowe odcinka doświadczalnego wykonane w sierpniu 2012 roku wykazały występowanie w torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn zaledwie 69,0% wad (87 z 126) zarejestrowanych w trakcie ostatniej serii jego obserwacji (badań wizualnych), przeprowadzonej miesiąc wcześniej. Nie wykryto w nich między innymi 5 wad 227 squat, 9 wad 224 miejscowe wgniecenie powierzchni tocznej, które w późniejszej fazie rozwoju mogą się przekształcić w wady 227 squat i 7 wad 2221 shelling powierzchni tocznej. Nie wykryto również żadnej z 6 wad 2223 head checking.

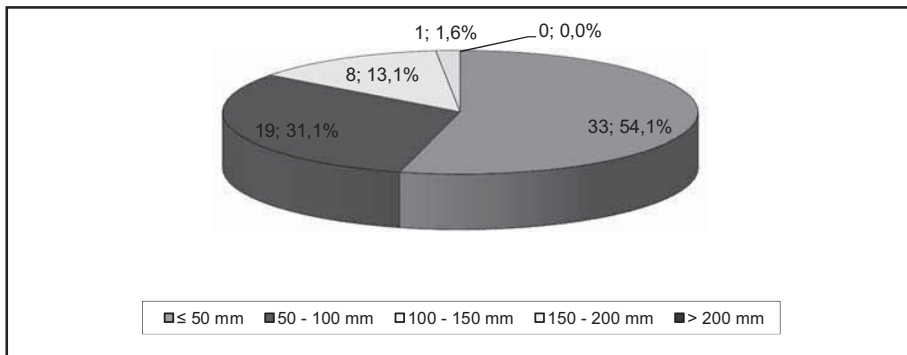
5. Charakterystyka wad 227 squat [1]

5.1. Głębokość i długość

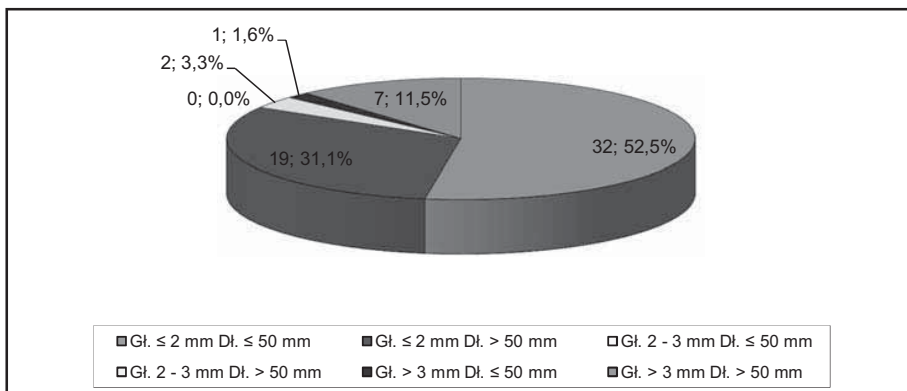
W torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn w ramach trzech dotychczasowych serii obserwacji (badań wizualnych) odcinka doświadczalnego wykryto 61 wad 227 squat, podzielono je pod względem głębokości (rys. 15) i długości (rys. 16). Najgłębsza ma 6 mm, a najdłuższa ma 180 mm. Zgodnie z Załącznikiem nr 1 do [9], na fragmentach linii o prędkości drogowej 80 – 120 km/h należy wymieniać szyny z wadami 227 squat o głębokości większej niż 3 mm i długości większej niż 50 mm. Wyjątkowo przy głębokości 2 – 3 mm dopuszcza się ich reprofilację regeneracyjną. Na podstawie tego kryterium co najmniej 7 szyn (11,5%) z wadami 227 squat kwalifikuje się do wymiany (rys. 17), co daje średnio 1 szynę/km. Przykładowe trzy przedstawiono na fot. 1, 2 i 3.



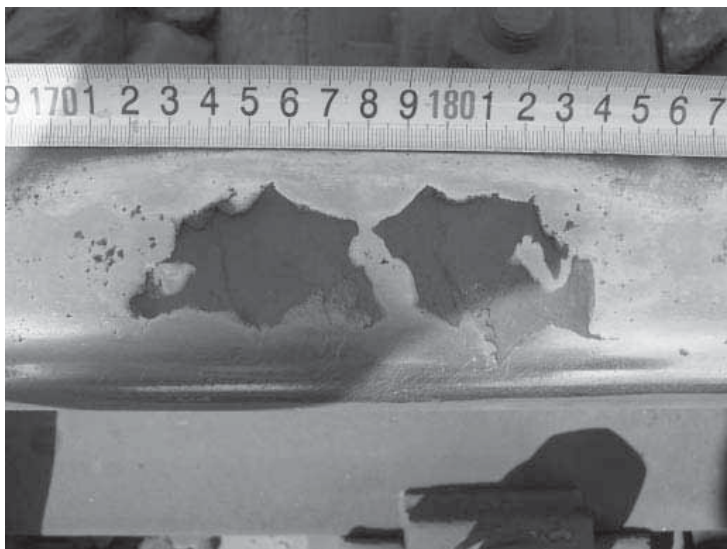
Rys. 15. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem głębokości



Rys. 16. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem długości



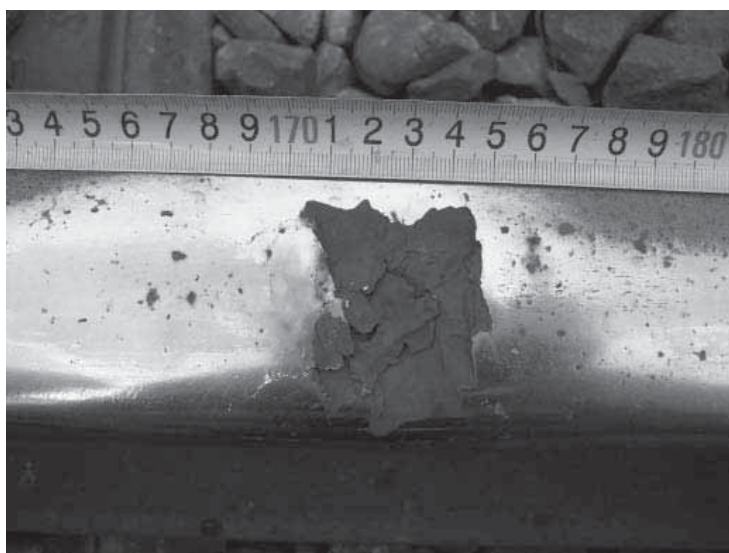
Rys. 17. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem głębokości i długości



Fot. 1. Wada 227 squat o głębokości 4,2 mm w km 461,210 w lewym toku szynowym



Fot. 2. Wada 227 squat o głębokości 4,6 mm w km 461,990 w lewym toku szynowym

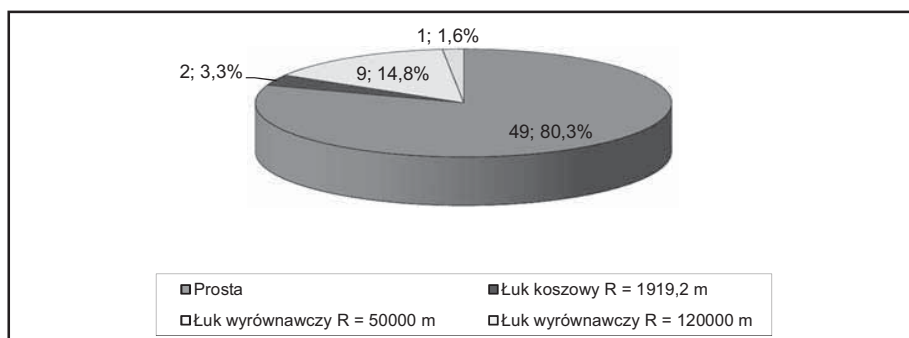


Fot. 3. Wada 227 squat o głębokości 6 mm w km 460,910 w lewym toku szynowym

5.2. Położenie linii w planie

W planie zlokalizowanych jest pięć łuków, z których trzy to łuki wyrównawcze, a jeden to łuk koszowy składający się z czterech łuków pojedynczych. Ich sumaryczna długość nie przekracza 1454 m, co stanowi 20,3% długości omawianego szlaku. Przylegające do nich krzywe przejściowe mają łączną długość 660 m, czyli

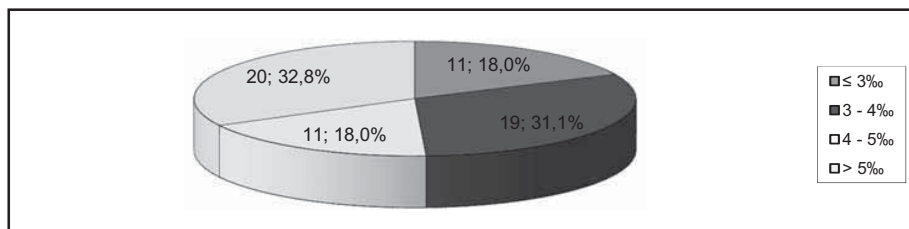
9,2% długości omawianego szlaku, a więc tor nr 2 jest w 70,5% położony na prostych - 49 wad 227 squat (80,3%) wykryto właśnie na prostych (rys. 18).



Rys. 18. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem położenia w planie

5.3. Położenie linii w profilu

W profilu na całej długości omawianego szlaku występuje wzniesienie o zmiennym pochyleniu. W km 463,675 – 463,975 zlokalizowane jest wzniesienie o maksymalnym pochyleniu 5,6‰. Sąsiaduje z nim (km 463,301 – 463,675) wzniesienie o minimalnym pochyleniu 2,1‰. W torze nr 2 dominują wzniesienia o pochyleniu większym niż 4,0‰ (łącznie 5568 m; 77,6% długości omawianego szlaku). Natomiast wykryto na nich zaledwie 31 wad 227 squat (50,8%), (rys. 19).



Rys. 19. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem położenia w profilu

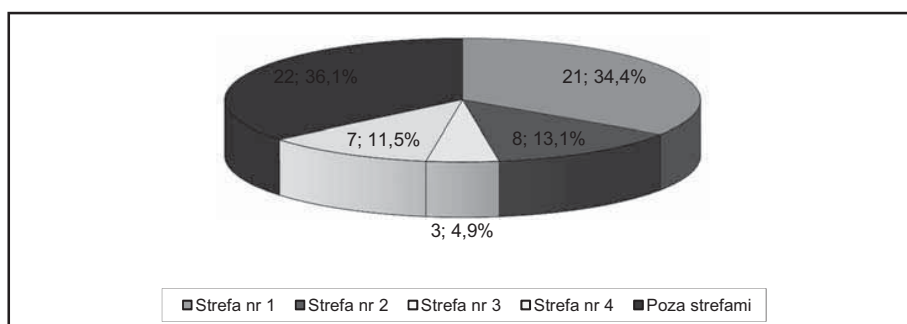
5.4. Strefy częstych rozruchów i hamowań taboru

W torze nr 2 na szlaku Smętowo – Morzeszczyn zidentyfikowano cztery podstawowe strefy częstych rozruchów i hamowań taboru:

- strefa częstych rozruchów taboru przed semaforem wjazdowym na stację Morzeszczyn (patrzac w kierunku niewłaściwym), położona na dwóch wzniesieniach o pochyleniu 4,43‰ i 3,6‰ – strefa nr 1,
- strefa częstych hamowań taboru przed przystankiem osobowym Majewo, położona na dwóch wzniesieniach o pochyleniu 5,6‰ i 2,1‰ – strefa nr 2,

- c) strefa częstych rozruchów taboru za przystankiem osobowym Majewo, położona na dwóch wzniesieniach o pochyleniu 2,1‰ i 2,9‰ – strefa nr 3,
- d) strefa częstych rozruchów i hamowań taboru przed semaforem wjazdowym na stację Smętowo, położona na dwóch wzniesieniach o pochyleniu 5,2‰ i 4,4‰ – strefa nr 4.

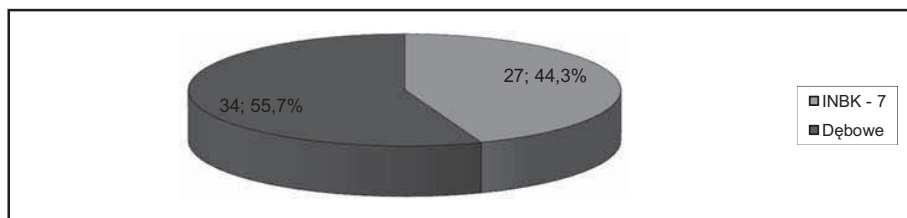
Dodatkowo tabor może się zatrzymywać i ruszać spod semaforów samoczynnej blokady liniowej oraz zmniejszać i zwiększać prędkość na długości łuków i przylegających do nich krzywych przejściowych. Na podstawie analizy wyników badań defektoskopowych i obserwacji (badań wizualnych) odcinka doświadczalnego przyjęto strefy o długości 500 m (łącznie 2000 m; 27,9% długości omawianego szlaku), wykryto w nich aż 39 wad 227 squat (63,9%), (rys. 20).



Rys. 20. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem położenia w strefach częstych rozruchów i hamowań taboru

5.5. Typ podkładów

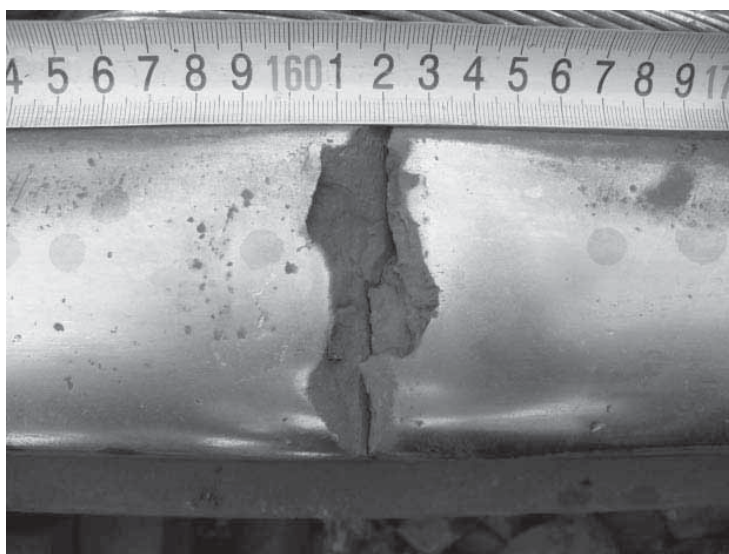
W torze nr 2 w km 458,850 – 462,300 (48,1% długości omawianego szlaku) szyny zostały ułożone na podkładach INBK – 7. Na jego pozostałej długości wbudowano podkłady dębowe. 27 wad 227 squat (44,3%) wykryto właśnie w km 458,850 – 462,300 (rys. 21).



Rys. 21. Zestawienie ilościowe i procentowe wad 227 squat pod względem typu podkładów

5.6. Prawy tok szynowy w km 465,580 – 465,605

W km 465,580 – 465,605 (odcinek o długości 25 m) w prawym toku szynowym wykryto aż 19 wad 227 squat i 5 wad 224, co daje średnio 0,96 wad/m. Wady 224 w późniejszej fazie rozwoju mogą się przekształcić w wady 227 squat. W początkowej fazie rozwoju 18 wad 227 squat ma głębokość do 1 mm i długość do 60 mm (wyjątek stanowi jedna z nich o długości 80 mm). Natomiast w km 465,590 doszło do złamania szyny. Doprowadziła do tego wada 227 squat o głębokości 6 mm i długości 50 mm (fot. 4). W planie jest prosta, a w profilu jest wzniesienie o pochyleniu 3,6‰. Odcinek jest położony w strefie nr 1. Szyny są przytwierdzone do podkładów dębowych.



Fot. 4. Złamana szyna w km 465,590 w prawym toku szynowym

5.7. Propozycja dalszej analizy

Aby zidentyfikować oraz skwantyfikować czynniki wpływające na powstawanie i rozwój wad kontaktowo – zmęczeniowych, należy analizować ich rozmieszczenie w poszczególnych kilometrach linii i tokach szynowych. Uśredniona liczba pęknięć szyn na 1 km toru jest w tym przypadku niewystarczająca. Zaproponowaną charakterystykę należałoby uzupełnić o dodatkowe czynniki, które pominięto z uwagi na brak dostępu do rzetelnych danych, a następnie przeanalizować rozmieszczenie wad 227 squat na długości omawianego szlaku oraz w obydwu tokach szynowych pod kątem wszystkich warunków techniczno – eksploatacyjnych.

6. Wnioski

W badaniach defektoskopowych wykorzystywana jest metoda ultradźwiękowa, którą charakteryzuje ograniczona skuteczność na głębokości do kilku milimetrów poniżej powierzchni główki szyny, a więc w obszarze w którym powstają, a następnie rozwijają się wady kontaktowo – zmęczeniowe [6]. W związku z malejącą liczbą wykrywanych wad 421 pęknięcie poprzeczne spoiny termitowej i szybko rosnącą liczbą wykrywanych wad kontaktowo – zmęczeniowych, ich efektywność spada. Zanim (o ile) zostaną wprowadzone metody elektromagnetyczne badań defektoskopowych, należałoby je uzupełnić o obserwacje (badania wizualne). Sposobem na ich usprawnienie mógłby być montaż szybkich kamer, na przykład na wózkach motorowych WM 15 A będących na wyposażeniu poszczególnych ISE.

Kryteria oceny trwałości (przydatności) eksploatacyjnej szyn zawarte w Załączniku nr 14 do [10] nie umożliwiają oceny fazy rozwoju wad kontaktowo – zmęczeniowych. Nie mogą być więc podstawą do kwalifikacji szyn z wadami kontaktowo – zmęczeniowymi do wymiany. Wyjątek stanowi złamanie takiej szyny. Zanim do niego dojdzie, po uszkodzonych szynach porusza się tabor, co stwarza przede wszystkim zagrożenie dla bezpieczeństwa przewożonych osób i towarów oraz obniża spokojność i komfort jazdy. Dodatkowo w związku z malejącą liczbą wykrywanych wad 421 pęknięcie poprzeczne spoiny termitowej, najważniejsze dotychczas kryterium dopuszczalnej liczby pęknięć szyn na 1 km toru, ulega stopniowo dezaktualizacji. Należałoby więc opracować nowe kryteria oceny trwałości (przydatności) eksploatacyjnej szyn, uwzględniające szybki wzrost liczby wykrywanych wad kontaktowo – zmęczeniowych. Zanim (o ile) to nastąpi, można (i należy) korzystać z kryteriów zawartych w [5, 9] oraz w Załączniku nr 1 do [9].

Wada 227 squat występuje pojedynczo lub wielokrotnie. Wyłącznie do celów zaproponowanej analizy zaleca się wprowadzenie podziału na wadę pojedynczy squat i wielokrotny squat, analogicznie do wady 225 wybukowanie. Pozwoli to uniknąć zafałszowania jej wyników.

Bibliografia

- [1] Bałuch H., Kędra Z., System monitorowania pęknięć szyn (MOPS). Pierwsze Seminarium Diagnostyki Nawierzchni Kolejowej, Gdańsk 1999.
- [2] Bałuch H., Bałuch J., Prognozowanie pęknięć szyn. Problemy Kolejnictwa 2010, z. 151.
- [3] Heyder R., The New UIC Catalogue of Rail Defects. Der Eisenbahningenieur 2002, No. 9.
- [4] Instrukcja badań defektoskopowych szyn, spoin i zgrzein w torach kolejowych Id – 10 (D – 16). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005.
- [5] Katalog wad w szynach. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005.

- [6] Lesiak P., Mobilna diagnostyka szyn w torze kolejowym. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2008.
- [7] Radomski R., Trwałość eksploatacyjna szyn na wybranych odcinkach toru nr 1 i 2 linii Katowice – Tczew. Technika Transportu Szynowego 2009, nr 7 – 8.
- [8] Radomski R., Zariczny J., Wpływ wymiany szyn na dalszy proces eksploatacji nawierzchni. Zeszyty Naukowo – Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie 2010, nr 95 (z. 154).
- [9] Warunki techniczne – Reprofilacja szyn w torach i rozjazdach – Część 2: Wytyczne kwalifikacji. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2007.
- [10] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id – 1 (D – 1). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2005.
- [11] Zariczny J., Wpływ warunków techniczno – eksploatacyjnych na występowanie i rozwój wad w szynach kolejowych. Przegląd Komunikacyjny 2011, nr 9 – 10.