

przegląd komunikacyjny

8
2021
rocznik LXXVI
cena 25,00 zł
w tym 8% VAT



UKAZUJE SIĘ OD 1945 ROKU



Badania szyn kolejowych

Badania defektoskopowe szyn kolejowych. Koncepcja rozbudowy estakady kolejowej w centralnej części WWK. Kształtowanie toru zwrotnego z nieliniową krzywizną w rozjeździe kolejowym dla zwiększonej prędkości

eISSN
2544-6037

ISSN
0033-22-32

Podstawowe informacje dla Autorów artykułów

„Przegląd Komunikacyjny” publikuje artykuły związane z szeroko rozumianym transportem oraz infrastrukturą transportu. Obejmuje to zagadnienia techniczne, ekonomiczne i prawne. Akceptowane są także materiały związane z geografią, historią i socjologią transportu.

Artykuły publikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” dzieli się na: „wnoszące wkład naukowy w dziedzinę transportu i infrastruktury transportu” oraz „pozostałe”. Prosimy Autorów o deklarację (w zgłoszeniu), do której grupy zaliczyć ich prace.

Materiały do publikacji: zgłoszenie, artykuł oraz oświadczenie Autora, należy przysyłać w formie elektronicznej na adres redakcji:

artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

W zgłoszeniu należy podać: imię i nazwisko autora, adres mailowy oraz adres do tradycyjnej korespondencji, miejsce zatrudnienia, zdjęcie, tytuł artykułu oraz streszczenie (po polsku i po angielsku) i słowa kluczowe (po polsku i po angielsku). Szczegóły przygotowania materiałów oraz wzory załączników dostępne są na stronie:

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

W celu usprawnienia i przyspieszenia procesu publikacji prosimy o zastosowanie się do poniższych wymagań dotyczących nadsyłanego materiału:

1. Tekst artykułu powinien być napisany w jednym z ogólnodostępnych programów (np. Microsoft Word). Wzory i opisy wzorów powinny być wkomponowane w tekst. Tabele należy zestawić po zakończeniu tekstu. Ilustracje (rysunki, fotografie, wykresy) najlepiej dołączyć jako oddzielne pliki. Można je także wstawić do pliku z tekstem po zakończeniu tekstu. Możliwe jest oznaczenie miejsc w tekście, w których autor sugeruje wstawienie stosownej ilustracji lub tabeli. Obowiązuje odrębna numeracja ilustracji (bez rozróżniania na rysunki, fotografie itp.) oraz tabel.
2. Całość materiału nie powinna przekraczać 12 stron w formacie Word (zalecane jest 8 stron). Do limitu stron wlicza się ilustracje załączane w odrębnych plikach (przy założeniu że 1 ilustracja = ½ strony).
3. Format tekstu powinien być jak najprostszy (nie stosować zróżnicowanych stylów, wcięć, podwójnych i wielokrotnych spacji itp.). Dopuszczalne jest pogrubienie, podkreślenie i oznaczenie kursywą istotnych części tekstu, a także indeksy górne i dolne. **Nie stosować przypisów.**
4. Nawiązania do pozycji zewnętrznych - cytaty (dotyczy również podpisów ilustracji i tabel) oznacza się numeracją w nawiasach kwadratowych [...]. Numerację należy zestawić na końcu artykułu (jako „Materiały źródłowe”). Zestawienie powinno być ułożone alfabetycznie.
5. Jeżeli Autor wykorzystuje materiały objęte nie swoim prawem autorskim, powinien uzyskać pisemną zgodę właściciela tych praw do publikacji (niezależnie od podania źródła). Kopie takiej zgody należy przesyłać Redakcji.

Artykuły wnoszące wkład naukowy w dyscyplinę inżynieria lądowa i transport podle-

gają procedurom recenzji merytorycznych zgodnie z wytycznymi MNiSW, co pozwala zaliczyć je, po opublikowaniu, do dorobku naukowego oraz uwzględnić w ewaluacji jakości działalności naukowej (Dz.U. 2019 poz. 392). Liczba uwzględnianych punktów w ewaluacji osiągnięć naukowych wynosi 5.

Do oceny każdej publikacji powołuje się co najmniej dwóch niezależnych recenzentów spoza jednostki. Zasady kwalifikowania lub odrzucenia publikacji i ewentualny formularz recenzentki są podane do publicznej wiadomości na stronie internetowej czasopisma lub w każdym numerze czasopisma. Nazwiska recenzentów poszczególnych publikacji/numerów nie są ujawniane.

Przygotowany materiał powinien obrazować własny wkład badawczy autora. Redakcja wdrożyła procedurę zapobiegania zjawisku Ghostwriting (z „ghostwriting” mamy do czynienia wówczas, gdy ktoś wniósł istotny wkład w powstanie publikacji, bez ujawnienia swojego udziału jako jeden z autorów lub bez wymienienia jego roli w podziękowaniach zamieszczonych w publikacji). Tekst i ilustracje muszą być oryginalne i niepublikowane w innych miejscach (w tym w internecie). Możliwe jest zamieszczanie artykułów, które ukazały się w materiałach konferencyjnych i podobnych (na prawach rękopisu) z zaznaczeniem tego faktu i po przystosowaniu do wymogów publikacyjnych „Przeglądu Komunikacyjnego”.

Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016) jako OPEN ACCESS. Pod koniec 2018 roku „Przegląd Komunikacyjny” rozpoczął indeksowanie artykułów angielskich z użyciem numerów cyfrowych DOI. Czasopismo ubiega się o partycypowanie w bazie SCOPUS. Rejestrowane jest w międzynarodowej bazie DOAJ <https://doaj.org/>.

Redakcja pisma oferuje objęcie patronatem medialnym konferencji, debat, seminariów itp.

Ceny są negocjowane indywidualnie w zależności od zakresu zlecenia. Możliwe są atrakcyjne upusty. Patronat obejmuje:

- ogłaszanie przedmiotowych inicjatyw na łamach pisma,
- zamieszczanie wybranych referatów / wystąpień po dostosowaniu ich do wymogów redakcyjnych,
- publikację informacji końcowych (podsumowania, apele, wnioski),
- kolportaż powyższych informacji do wskazanych adresatów.

www.transportation.overview.pwr.edu.pl

Ramowa oferta dla „Sponsora strategicznego” czasopisma Przegląd Komunikacyjny

Sponsor strategiczny zawiera umowę z wydawcą czasopisma na okres roku kalendarzowego z możliwością przedłużenia na kolejne lata. Uprawnienia wydawcy do zawierania umów posiada Zarząd Krajowy SITK w Warszawie.

Przegląd Komunikacyjny oferuje dla sponsora strategicznego następujące świadczenia:

- **zamieszczenie logo sponsora w każdym numerze,**
- **zamieszczenie reklamy sponsora w jednym, kilku lub we wszystkich numerach,**
- **publikacja jednego lub kilku artykułów sponsorowanych,**
- **publikacja innych materiałów dotyczących sponsora,**
- **zniżki przy zamówieniu prenumeraty czasopisma.**

Możliwe jest także zamieszczenie materiałów od sponsora na stronie internetowej czasopisma.

Przegląd Komunikacyjny ukazuje się jako miesięcznik.

Szczegółowy zakres świadczeń oraz detale techniczne (formaty, sposób i terminy przekazania) są uzgadniane indywidualnie.

Osoba kontaktowa w tej sprawie:

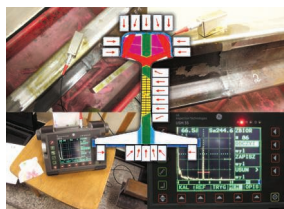
Hanna Szary

hanna.szary@sitkrp.org.pl

ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa, tel.: (22) 827 02 58, 506 116 966

Cena za świadczenia na rzecz sponsora uzależniana jest od uzgodnionych szczegółów współpracy. Zapłata może być dokonana jednorazowo lub w kilku ratach (na przykład kwartalnych). Część zapłaty może być w formie zamówienia określonej liczby prenumerat czasopisma.





Na okładce: *Badania szyn*
Źródło: Łukasz Rawicki, Jacek Słania

Szanowni P.T. Czytelnicy

W numerze

Przekazujemy kolejny 8 numer Przeglądu Komunikacyjnego. Jest on poświęcony wybranym elementom infrastruktury transportu szynowego. W pierwszym artykule Autorzy omawiają badania defektoskopowe szyn kolejowych. Defektoskopia odgrywa bardzo ważną rolę w procesie wykrywania pęknięć szyn. Utrzymanie na właściwym poziomie nawierzchni kolejowej wymaga przeprowadzania systematycznych badań. Łączenie szyn odbywa się przez zgrzewania oporowe lub przez spawanie termitowe. Wymienione technologie łączenia generują możliwość występowania wad, które wykrywane są metodami diagnostycznymi w tym m.in. badaniami wizualnymi, magnetycznymi czy ultradźwiękowymi. Stanowi ona czynnik decydujący o bezpieczeństwie sieci kolejowych. Zasada oceny wad w badaniach defektoskopowych polega na porównaniu wielkości wad z ich wzorcami.

Kolejny artykuł przedstawia koncepcję rozbudowy estakady kolejowej w centralnej części Wrocławskiego Węzła Kolejowego. Zwrócono uwagę na potrzebę zwiększenia poziomu wykorzystania kolei w obsłudze ruchu miejskiego we Wrocławiu. Odwołano się do autorskich propozycji systemu kolei aglomeracyjnej dla Wrocławia. Przeanalizowano zakres niezbędnych działań inwestycyjnych oraz pozainwestycyjnych w celu zwiększenia przepustowości kolejowej trasy średnicowej i przyległych szlaków. Zaproponowano dobudowanie czwartego toru po południowej stronie estakady wrocławskiej średnicy kolejowej oraz nowych przystanków "Świdnicka" i "Grabiszyńska". W podsumowaniu zasygnalizowano potrzebę wykreowania w dalszej perspektywie czasowej drugiej - tunelowej średnicy kolejowej.

W kolejnym artykule podjęto kwestię kształtowania zmiennej krzywizny w torze zwrotnym rozjazdu kolejowego. Na podstawie wcześniejszych badań jako modelowe przyjęto rozwiązanie posiadające w strefie środkowej łuk kołowy, a w strefach skrajnych odcinki krzywizny nieliniowej o jednakowej długości oraz zerową krzywiznę na początku i końcu rozjazdu. Dokonano wyboru najkorzystniejszego rodzaju krzywizny z punktu widzenia warunków kinematycznych. Przedstawiono analityczny zapis krzywizny i kąta nachylenia stycznej na długości toru zwrotnego oraz współrzędnych kartezjańskich tegoż toru. Końcowym etapem było wyznaczenie zbioru wartości podstawowych parametrów geometrycznych, odpowiadających zadanej prędkości jazdy pociągów oraz zapewniających minimalizację długości całego rozjazdu przy zadanej rzędnej końcowej.

W numerze także przegląd prasy z zakresu transportu i infrastruktury transportowej.

Życząc naszym czytelnikom dobrej lektury.

Redaktor Naczelny
Prof. Antoni Szydło

Aktualności	2
Badania defektoskopowe szyn kolejowych	
Łukasz Rawicki, Jacek Słania	5
Koncepcja rozbudowy estakady kolejowej w centralnej części WWK	
Maciej Kruszyna, Jacek Makuch	11
Kształtowanie toru zwrotnego z nieliniową krzywizną w rozjeździe kolejowym dla zwiększonej prędkości	
Władysław Koc	16

Informacje SITK-RP	23-24
---------------------------	-------

Wydawca:

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników
Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
00-043 Warszawa, ul. Czackiego 3/5
www.sitkorp.org.pl

Redaktor Naczelny:

Antoni Szydło

Redakcja:

Krzysztof Gasz, Igor Gisterek, Bartłomiej Krawczyk,
Maciej Kruszyna (Z-ca Redaktora Naczelnego),
Agnieszka Kuniczuk - Trzciniowicz (Redaktor językowy),
Piotr Mackiewicz (Sekretarz), Wojciech Puła (Redaktor
statystyczny), Wiesław Spuziak, Robert Wardęga,
Czesław Wolek

Adres redakcji do korespondencji:

Poczta elektroniczna:
redakcja@przeglاد.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Poczta „tradycyjna”:

Piotr Mackiewicz, Maciej Kruszyna
Politechnika Wrocławska,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
Faks: 71 320 45 39

Rada naukowa:

Marek Ciesielski (Poznań), Antanas Klibavičius (Wilno), Jozef Komačka (Žilina), Elżbieta Marciszewska (Warszawa), Andrzej S. Nowak (Auburn University), Tomasz Nowakowski (Wrocław), Victor V. Rybkin (Dniepropetrovsk), Marek Sitarz (Katowice), Wiesław Starowicz (Kraków), Hans-Christoph Thiel (Cottbus), Tomasz Siwowski (Rzeszów), Jiri Straský (Brno), Andrea Zuzulova (Bratysława)

Rada programowa:

Mirosław Antonowicz, Dominik Borowski, Leszek Krawczyk, Marek Krużyński, Leszek W. Mindur, Andrzej Żurkowski

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma

Główną wersją czasopisma jest wersja elektroniczna. Na stronie internetowej czasopisma dostępne są pełne wersje artykułów oraz streszczenia w języku polskim (od 2010) i angielskim (od 2016).

Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania zmian w materiałach nie podlegających recenzji.

Artykuły opublikowane w „Przeglądzie Komunikacyjnym” są dostępne w bazach danych 20 bibliotek technicznych oraz są indeksowane w bazach:

BAZTECH: <http://baztech.icm.edu.pl>

Index Copernicus: <http://indexcopernicus.com>

Międzynarodowa baza DOAJ <https://doaj.org/>

Prenumerata:

Szczegóły i formularz zamówienia na stronie:

<http://www.transportation.overview.pwr.edu.pl>

Obecna Redakcja dysponuje numerami archiwalnymi począwszy od 4/2010.

Numer archiwalne z lat 2004-2009 można zamawiać w Oddziale krakowskim SITK, ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków, tel./faks 12 658 93 74, mrowinska@sitk.org.pl

Druk:

HARDY Design, 52-131 Wrocław, ul. Buforowa 34a
Przemysław Wolczuk, przemo@dodo.pl

Reklama:

Dział Marketingu: sitk.baza@gmail.com

Nakład: 800 egz.

Paczków - Kamienica. Droga krajowa nr 46 do przebudowy. Powstanie parking i miejsce do kontroli pojazdów

Sławomir Draguła, nto.pl, 19.06.2021

Opolski oddział Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad ogłosił przetarg na rozbudowę drogi krajowej nr 46 na odcinku od Paczkowa do granicy z województwem dolnośląskim. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w Opolu przygotowuje się do przebudowy drogi krajowej nr 46 na około sześciokilometrowym odcinku od Paczkowa przez Kamienicę do granicy z województwem dolnośląskim. - Jest to trasa jednojezdniowa dwupasowa, która zostanie dostosowana do nośności 11,5 ton na oś - mówi Agata Andruszewska z opolskiego oddziału GDDKiA (...).

Ulica Smolecka już otwarta. Kierowcy mogą jechać ważnym łącznikiem na zachodzie Wrocławia

Jerzy Wójcik, Gazeta Wrocławska, 19.06.2021

Po wielu miesiącach, kierowcy znów mogą przejechać ważnym łącznikiem drogowym pomiędzy placem Strzegomskim i ulicą Robotniczą. W piątek do ruchu została oddana ulica Smolecka, prowadząca pod nowym wiaduktem trasy autobusowo-tramwajowej na Nowy Dwór. Przypomnijmy, że dawny wiadukt kolejowy nad ulicą Smolecką został zburzony z powodu złego stanu technicznego. Firma Filar za 6,5 mln złotych wybudowała nową przeprawę w ramach trasy autobusowo-tramwajowej. W przyszłości będą z niej korzystać autobusy i tramwaje kursujące wydzielonym korytarzem pomiędzy Nowym Dworem a placem Orłąt Lwowskich (...).

Wyczekiwany łącznik na Muchoborze Wielkim coraz bliżej. Miasto ogłosiło przetarg

Konrad Bałajewicz, Gazeta Wrocławska, 16.06.2021

Łącznik, który ma powstać między ulicami Żwirki i Wigury i Rakietową, wyczekiwany jest od lat. ZDiUM właśnie ogłosił przetarg na tę inwestycję. O konieczności wykonania drogi łączącej ul. Rakietową z ul. Żwirki i Wigury mieszkańcy poruszający się w tej części miasta mówią od lat. Ułatwiłby on wrocławianom, ale także mieszkańcom m.in. Smolca, Mokronosu czy Kątów Wrocławskich, przedostanie się na zachód Wrocławia bez konieczności wjeżdżania w stronę centrum miasta. Termin przesunął się m.in. z uwagi na dodatkowe prace projektowe wynikające z uzgodnień z Wojewódzkim Sztabem Wojskowym. Zaszła konieczność odbudowy nieczynnej dzisiaj wojskowej bocznic kolejowej przecinającej

trasę projektowanego połączenia. W końcu budowa otrzymała zielone światło (...).

Nowy most na krajowej 19 w Jasienicy Rosielnej już dostępny dla ruchu

Ewa Gorczyca, nowiny24.pl, 18.06.2021

Na drodze krajowej nr 19 w miejscowości Jasienica Rosielna ruch pojazdów odbywa się już po nowo wybudowanym moście przez potok Rosielna. Trwa rozbiórka mostu tymczasowego. Prace związane z budową nowej przeprawy przez Rosielną rozpoczęły się w 2020 roku. Stary most został rozebrany, przejazd odbywał się po tymczasowym obejździe. W pierwszym roku inwestycji wykonano fundamenty i podpory nowego mostu, rozpoczęto też budowę drogi stanowiącej dojazd do niego. W tym roku kontynuowano roboty budowlane przy moście stałym i dojazdach. Wykonawcą prac jest Konsorcjum: Wolmost Sp. z o.o. i Miejskie Przedsiębiorstwo Dróg i Mostów Sp. z o.o. Wartość umowy to prawie 16,5 mln złotych (...).

Jest umowa na system sterowania ruchem dla dróg S6 i S7. Wartość to niemal 180 mln zł! Powstanie m.in. Centrum Zarządzania Ruchem

Rafał Mrowicki, Dziennik Bałtycki, 18.06.2021

Regionalny Projekt Wdrożeniowy w obszarze dróg ekspresowych S6 i S7 w województwie pomorskim i warmińsko-mazurskim z podpisaną umową. System pozwoli na sprawne zarządzanie ruchem na drogach ekspresowych, co przełoży się na bezpieczeństwo i płynność ruchu. Jego wartość to niemal 180 mln zł. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad podpisała umowę na powstanie Regionalnego Projektu Wdrożeniowego w obszarze dróg ekspresowych S6 i S7 w województwie pomorskim i warmińsko-mazurskim, oraz Centrum Zarządzania Ruchem w Dworku. Zadanie powstaje w ramach projektu Krajowego Systemu Zarządzania Ruchem Drogowym na sieci TEN-T Etap I. Wykonawcą jest konsorcjum firm Aldesa Construcciones Polska (lider), Aldesa Construcciones oraz Aeronaval de Construcciones Instalaciones (partnerzy). Wartość zamówienia podstawowego wynosi 178 979 864,00 zł (...).

Sosnowiec. Jest przetarg na projekt przebudowy drogi ekspresowej S1 i budowy węzła Klimontów

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 6.07.2021

Jeden przetarg, dwie umowy z projektantem. Jedną zawrze GDDKiA, drugą miasto Sosnowiec. Tak ma wyglądać postępowanie przetargowe w sprawie opracowania doku-

mentacji projektowej na przebudowę drogi ekspresowej S1 między Sosnowcem i Mysłowicami oraz budowę węzła Klimontów w Sosnowcu. To kolejny krok do przodu w sprawie, która ma swój początek w 2017 roku. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad wspólnie z Urzędem Miejskim w Sosnowcu ogłosiły wspólnie przetarg na wykonanie dokumentacji projektowej przebudowy ponad pięciokilometrowego odcinka ekspresówki i budowy zupełnie nowego węzła przy S1 – węzła Klimontów (...).

Częstochowa. MPK ma już komplet 15 nowoczesnych autobusów elektrycznych. Teraz czas na usprawnienie hybryd

Bartłomiej Romanek, Dziennik Zachodni, 5.07.2021

MPK w Częstochowie ma już wszystkie 15 zamówionych autobusów elektrycznych, których producentem jest firma Autosan. Pojazdy zostały zakupione w ramach ugody z NFOŚiGW, w ramach której przewoźnik musi rozbudować nowe autobusy, a także naprawić część wcześniej zakupionych hybryd, aby miasto nie musiało zwracać dotacji 66 mln zł otrzymanej z programu "Gazela" (...). Pojazdy były dostarczane od wiosny tego roku. Podobnie jak wcześniejsze, drogę z Podkarpacia do naszego miasta pokonały na jednym ładowaniu baterii. Autobusy dołączyły do floty pojazdów miejskiego przewoźnika w ramach programu Lepsza Komunikacja w Częstochowie (...).

Pomorski samorząd kupuje pociągi elektryczne. Mają być szybsze i bardziej przyjazne pasażerom.

W lipcu ruszają przetargi

Karol Uliczny, Dziennik Bałtycki, 6.07.2021

Samorząd województwa pomorskiego zamierza zakupić 44 elektryczne zespoły trakcyjne dla zabezpieczenia połączeń aglomeracyjnych, a także na potrzeby Pomorskiej Kolei Metropolitalnej po elektryfikacji. Pierwsze dwa mają pojawić się na pomorskich torach już w przyszłym roku. Jeśli spełnią oczekiwania, kolejne zamówienia będą zrealizowane do końca 2025 r. Samorząd wojewódzki przygotowuje się do ogłoszenia dwóch przetargów na zakup nowych elektrycznych zespołów trakcyjnych. Zgodnie z zapowiedzią urzędników, procedura powinna ruszyć w lipcu br. Pierwszy z przetargów dotyczyć będzie 30 pojazdów do obsługi aglomeracji, czyli linii komunikacyjnej Gdańsk Śródmieście – Wejherowo. Drugi, 14 elektrycznych zespołów trakcyjnych do obsługi sieci PKM po elektryfikacji (...).

Ostatni odcinek trasy N-S w Rudzie Śląskiej będzie budowany od lipca

Martyna Urban, Dziennik Zachodni, 6.07.2021

6 lipca odbyło się podpisanie umowy z wykonawcą trasy N-S w Rudzie Śląskiej. Odcinek łączy Drogową Trasę Średnicową z autostradą A4 – przebiegać będzie od ulicy Kokota do Bielszowickiej. Droga zostanie oddana do użytku pod koniec maja 2023 roku (...). W połowie kwietnia miasto poinformowało, że zakończyła się aukcja elektroniczna, która dotyczyła wykonania kolejnego odcinka trasy N-S - ma on przebiegać od ul. Kokota do Bielszowickiej. Po 3 miesiącach od tego momentu, 6 lipca o godzinie 10 w Urzędzie Miasta Ruda Śląska odbyło się podpisanie umowy z wykonawcą - spółką Drogopol-ZW, ostatniego etapu tej trasy (...).

Pociąg Katowice - Ostrawa. CPK pracuje nad trasą kolei dużych prędkości. Którędy będzie przebiegać?

Arkadiusz Biernat, Dziennik Zachodni, 5.07.2021

Spółka Centralny Port Komunikacyjny wybrała najkorzystniejszą ofertę w przetargu na prace przygotowawcze do budowy nowej linii kolejowej między Katowicami i czeską Ostrawą. Ma przebiegać przez powiat wodzisławski. Którędy dokładnie? Warianty oceni właśnie wybrany wykonawca. Towarzystwo Entuzjastów Kolei wskazuje - ich zdaniem - najodpowiedniejszy. Spółka Centralny Port Komunikacyjny wybrała najkorzystniejszą ofertę w przetargu na prace przygotowawcze do budowy nowej linii kolejowej między Katowicami i czeską Ostrawą. W ramach budowy odcinka między Katowicami a Ostrawą powstanie w sumie ok. 75 km nowej linii kolejowej. Projekt obejmie odcinek przyszłej linii kolejowej nr 170 między Katowicami i granicą z Czechami, jej przedłużenie po stronie czeskiej do Ostrawy oraz odcinek Jastrzębie-Zdrój - Wodzisław Śląski, wraz z odgałęzieniem do planowanej stacji Jastrzębie-Zdrój Centrum i w kierunku Rybnika (...).

Kolejny ważny krok w budowie szlaku Via Carpatia. GDDKiA ogłosiła przetarg na odcinek S19 Babica-Jawornik

Arkadiusz Rogowski, nowiny24.pl, 2.07.2021

Realizacja drogi S19 wkracza na kolejny południowy odcinek. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad ogłosiła w piątek przetarg na zaprojektowanie i budowę trasy z Babicy do Jawornika (11,6 km). Nowa droga będzie posiadać po dwa pasy ruchu w obu kierunkach, a także pas awaryjny. W rejonie miejscowości Strzyżów i Czudec, na skrzyżo-

waniu z drogą powiatową nr 1931R, powstanie węzeł drogowy, a w Jaworniku także tymczasowy łącznik ze starą drogą krajową nr 19 (...).

MPK-Łódź podpisało umowę na dostawę 51 autobusów

Jacek Zemła, Dziennik Łódzki, 1.07.2021

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Łodzi podpisało dzisiaj z firmą Solaris umowę na dostawę 51 autobusów. Wśród zamówionych pojazdów będzie 29 autobusów 12-metrowych i 22 autobusy przegubowe. Dostawy nowych autobusów zrealizowane zostaną jeszcze w tym roku. 12-metrowe Urbino wyposażone będą w elektryczno-spalinowy system mild hybrid. Będą to więc pierwsze niskoemisyjne Solarisy w naszym mieście. System mild hybrid wykorzystany w zamówionych Solarisach Urbino bazuje na trzech kluczowych elementach: silniku elektrycznym, systemie magazynowania energii oraz sterowniku układu nadzorującego pracę systemu (...).

Autostrada A1 ma 4 km nowej betonowej jezdni Piotrków Trybunalski - Kamieńsk. Kierowcy mogą z niej korzystać od piątku 9 lipca 2021

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 9.07.2021

Autostrada A1 od dziś jest dłuższa o 4 km. W piątek, 9 lipca, firma Mirbud SA, która buduje 25-kilometrowy odcinek autostrady A1 między Piotrkowem Trybunalskim i Kamieńskiem, oddaje do dyspozycji kierowców kolejny – czterokilometrowy odcinek nowej, betonowej jezdni. Tym samym łączna długość betonowej jezdni, z której można już korzystać, pokonując trasę Piotrków Trybunalski - Kamieńsk, wzrośnie do niemal 16 kilometrów. Odcinek autostrady A1, budowany przez firmę Mirbud, to odcinek roboczo nazywany odcinkiem „B”. Jest najmniej zaawansowaną częścią budowy nowej autostrady między Częstochową i Tuszymem. To efekt tego, że umowa z wykonawcą została tu podpisana dużo później, niż w przypadku wcześniejszych odcinków A1 (...).

Osiem firm chce budować nowy wiadukt w Dąbrowie w ciągu drogi krajowej nr 46. Trasa ma też zostać rozbudowana do dwujezdniowej

Sławomir Draguła, nto.pl, 10.07.2021

Opolski oddział Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad przebuduje drogę krajową nr 46 od autostrady A4 do Opola na dwujezdniową. Poznaliśmy firmy zainteresowane budową ponad 41-metrowego wiaduktu nad linią kolejową w podopolskiej Dąbrowie wraz z przebudową około 650-metrowego odcinka

drogi krajowej nr 46. Najniższa oferta opiewa na kwotę blisko 19,8 mln zł i została złożona przez firmę Himmel i Papesch Opole, natomiast najwyższą na kwotę 26,1 mln zł złożyła firma BUDIMEX (...).

Podpisano umowę w sprawie budowy odcinka S7 od Widomej do Krakowa i kilometrowego fragmentu ul. Kocmyrzowskiej

Marcin Banasik, Piotr Tymczak, Gazeta Krakowska, 15.07.2021

Po ponad pół roku od zerwania umowy z poprzednim wykonawcą GDDKiA podpisała umowę z turecko-polskim konsorcjum (Gulermak i Mosty Łódź) na kontynuację budowy drogi ekspresowej S7 między Widomą a Krakowem. W ramach inwestycji za 1,5 mld zł zostanie też przebudowany kilometrowy odcinek ul. Kocmyrzowskiej. W grudniu ubiegłego roku GDDKiA odstąpiła od umowy z włoską firmą Webuild (poprzednia nazwa Salini) w związku z brakiem należytego wykonywania robót i pozytywnej reakcji na wezwania do poprawy oraz powstałą zwłoką w realizacji prac na odcinku S7 Widoma – Kraków (...).

Nowoczesne piętrowe pociągi mają wozić pasażerów z Krakowa do Katowic

Arkadiusz Maciejowski, Gazeta Krakowska, 14.07.2021

Spółka PKP InterCity chce kupić 38 siedmioramionowych piętrowych pociągów typu push-pull wraz z 45 lokomotywami. Pojazdy mają być dostosowane do prędkości 200 km/h i obsługiwać połączenia międzyaglomeracyjne, takie jak np. Warszawa-Łódź czy Kraków-Katowice (...). Pierwszym etapem ogłoszonego postępowania jest składanie do 10 sierpnia br. wniosków o dopuszczenie do udziału w postępowaniu. Mogą je składać wszyscy zainteresowani wykonawcy. Następnie przeprowadzony zostanie dialog konkurencyjny z wykonawcami zaproszonymi do udziału w postępowaniu, którzy spełnią warunki udziału w postępowaniu określone w ogłoszeniu o zamówieniu (...).

Szybka kolej KDP do superlotniska CPK w Baranowie. Wybrano wykonawcę projektu trasy Łódź-Sieradz-Wrocław. Drugi tunel kolejowy w Łodzi?

Marcin Darda, Dziennik Łódzki, 14.07.2021

Rozstrzygnięte właśnie postępowanie dotyczy linii KDP na odcinku: Łódź-Sieradz Północny oraz Sieradz Północny-Kępno-Czernica Wrocławska-Wrocław Główny, czyli łącznie

około 200 km. Prace przygotowawcze wykona konsorcjum firm: Multiconsult Polska, Arcadis, Transport Gdański i IDOM Inżynieria, a ich wartość to 38,1 mln zł netto. Drugi z przetargów, który rozstrzygnięto w tym samym czasie, to zaprojektowanie trasy w Wrocławiu do Wałbrzyska i dalej do granicy z Czechami. Wykona je firma BBF za 15,1 mln zł netto.

Tym samym CPK ma już wykonawców kluczowych projektów KDP dla Łodzi i regionu łódzkiego. Przygotowanie studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego dla 140 km. odcinka tzw. szprychy kolejowej nr 9 między Warszawą a stacją Łódź-Niciarniana przygotuje to samo konsorcjum, które zajmie się trasą Łódź - Wrocław via Sieradz, tyle, że za 24,7 mln zł (...).

Alstom dostarczy 19 dodatkowych pociągów do obsługi metra we Francji. Wagony będą obsługiwać 11 linię metra Île-de-France

Olga Krzyżyk, Dziennik Zachodni, 22.07.2021

Alstom dostarczy 19 pociągów 5-wagonowych MP14 z kabiną maszynisty do obsługi 11 linii metra Île-de-France Mobilités, zarządzanej przez Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP). Wartość zamówienia wynosi 132 mln euro. To część umowy podpisanej w marcu 2015 r. między RATP (upoważnionym przez Île-de-France Mobilités), a Alstom na dostawę 217 pociągów MP14. Umowa ta wpisuje się w strategię Île-de-France Mobilités, dotyczącą modernizacji całego taboru sieci Île-de-France Mobilités i obejmuje 15 lat oraz ma wartość ponad 2 mld euro. Kontrakt obejmował 35 automatycznych pociągów 8 - wagonowych do obsługi 14 linii metra. Pierwsza część umowy na 20 dodatkowych 6 - wagonowych pociągów metra została zrealizowana w styczniu 2017 r. dla linii 4. Drugą część kontraktu, na 20 dodatkowych 5-wagonowych pociągów (z kabinami maszynisty) do obsługi linii 11, zrealizowano w lutym 2018 r (...).

Nowy system poboru opłat e-TOLL. Będzie nowa i prostsza aplikacja ułatwiająca płacenie za przejazd autostradami A2 i A4

Anna Dziedzic, Dziennik Zachodni, 22.07.2021

W nowym systemie e-TOLL zarejestrowano już ponad 163 tysiące transakcji. Korzystają z niego firmy transportowe i użytkownicy aut osobowych. Ministerstwo Finansów zapewni, że na początku sierpnia ci ostatni dostaną uproszczoną aplikację, bez skomplikowanego sposobu rejestracji w systemie, który działa obecnie. Dla transportu ciężkiego ministerstwo chce wprowadzić zachętę w postaci 25 proc. obniżki za korzystanie z płatnych dróg w Polsce. Zniżka będzie obowiązywała do 30 września, kiedy to ostatecznie zostanie wyła-

czony stary system viaTOLL. Za przedłużenie jego działania o trzy miesiące państwo zapłaciło dodatkowo 73,5 mln zł (brutto) (...).

Tramwaj na Swojczyce we Wrocławiu. Ruszyły pierwsze prace

az, Gazeta Wrocławska, 20.07.2021

Nowa linia poprowadzona zostanie z Sepolna do nowej pętli w pobliżu ulic Bazaltowej i Chałupniczej. Prace rozpoczęli już projektanci, którzy mają teraz ponad rok, by wszystko zaplanować. W przyszłym roku trzeba będzie wybrać wykonawcę prac budowlanych, by mogły one ruszyć w 2023 roku. Wybrana z końcem czerwca firma projektowa ma ponad rok na zaprojektowanie nowej linii tramwajowo-autobusowej we Wrocławiu. Nowa trasa wydłuży do Swojczyc obecną linię tramwajową kończącą się na pętli Sepolno. Inwestycja obejmie także przebudowę drogi wojewódzkiej 455 oraz budowę dróg rowerowych i chodników w tym rejonie miasta. Nową linię tramwajową projektuje wrocławska firma Bi-progeo-Projekt. Przygotowanie projektu ma potrwać 15 miesięcy i będzie kosztować ponad 1,7 mln zł (...).

Trzy nowe obwodnice dla czterech podkarpackich miejscowości:

Jaśła, Pilzna, Brzostku, Kołaczyc.

Ale to dopiero etap wstępny tych inwestycji

apl, nowiny24.pl, 21.07.2021

Wpłynęły oferty na opracowanie koncepcji programowych trzech nowych obwodnic na Podkarpaciu. W ramach rządowego krajowego programu „100 obwodnic” w naszym regionie ma ich powstać osiem. Do rzeszowskiego oddziału Generalnej Dyrekcji Dróg i Autostrad wpłynęło od firm wykonawczych 11 propozycji, dotyczących koncepcji budowy obwodnic Jaśła, Pilzna, Brzostku i Kołaczyc. GDKiA będzie najbardziej korzystne wybierać według kryteriów: cena (60 punktów na 100), doświadczenie głównego projektanta (25 pkt.), doświadczenie geologa (15 pkt.). Warunki przetargowy wymuszają również na oferentach wykonanie pełnego rozpoznania geologicznego terenu. Łączna długość nowych dróg będzie mierzyć 25 km. Wszystkie te miejscowości leżą w pasie drogi krajowej nr 73 z Pilzna do Jaśła (...).

Kolejny ważny odcinek Via Carpatia.

Podpisano umowę na projekt

i budowę odcinka S19 Miejsce

Piastowe - Dukla

Ewa Gorczyca, nowiny24.pl, 12.07.2021

W 2025 roku ma być gotowy 10-kilometrowy odcinek drogi ekspresowej S19 między Miejscem Piastowym a Duklą. To już ósmy odcinek

trasy Via Carpatia w województwie podkarpackim, skierowany do realizacji. Zaprojektuje go i zbuduje firma Strabag.

W poniedziałek (12 lipca) uroczyście podpisana została umowa między wykonawcą a przedstawicielami Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad. Wartość umowy to prawie 479 mln zł. To będzie jeden z najtrudniejszych odcinków S19, ze względu na specyfikę terenu: ukształtowanie, skomplikowaną budowę geologiczną, liczne osuwiska i obszary zagrożone ich występowaniem, dawne kopalnie (...).

DCT Gdańsk zbuduje Baltic Hub

3 za 2 mld zł. W przyszłości

mogą powstać terminale 4 i 5

zwiększające możliwości do 7,5 mln TEU

Jacek Klein, Dziennik Bałtycki, 26.07.2021

Zarząd Morskiego Portu Gdańsk rozstrzygnął postępowanie konkursowe, mające na celu wyłonienie dzierżawcy lub dzierżawców terenów, które powstaną w wyniku załadowania obszaru morskiego znajdującego się w granicach administracyjnych portu. W poniedziałek, 23.07.2021 r. nastąpiło oficjalne ogłoszenie wyników. Komisja konkursowa przyjęła ofertę DCT Gdańsk SA. Wygrany konkurs to kolejny krok milowy w historii DCT Gdańsk – od początku istnienia terminalu do osiągnięcia pozycji jednego z 15 największych terminali kontenerowych w Europie w 2020 roku (...). W ramach inwestycji Baltic Hub 3, której wartość wynosi 450 mln euro, powstaną: nabrzeże głębokowodne o długości 717 m, głębokości 18 m, plac o powierzchni 36 ha (...).

Z miesiąca na miesiąc Port Lotniczy

Gdańsk obsługuje coraz większą

liczbę pasażerów

MT, Dziennik Bałtycki, 19.07.2021

W ciągu sześciu miesięcy 2021 roku gdańskie lotnisko przyjęło 388 846 pasażerów. W porównaniu do pierwszego półrocza roku 2020, kiedy ruch do pierwszej połowy marca był duży i niezakłócony, a od czerwca zaczął się na nowo odradzać, to o 57,2 proc. mniej pasażerów. Z miesiąca na miesiąc notowany jest wzrost zainteresowania lataniem. W I kwartale 2021 było w Gdańsku 105 095 podróżujących, a w II kwartale już 283 751. W samym tylko czerwcu 2021 Port Lotniczy Gdańsk obsłużył 155 290 osób (...).

Badania defektoskopowe szyn kolejowych

Defectoscopic examinations of railway rails



Łukasz Rawicki

Mgr inż.

Łukasiewicz - Instytut
Spawalnictwa w Gliwicach

lukasz.rawicki@is.gliwice.pl



Jacek Słania

Prof. dr hab. inż.

Łukasiewicz - Instytut
Spawalnictwa w Gliwicach

Streszczenie: Badania nieniszczące stanowią kluczowy element zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania nawierzchni kolejowej. Pozwalają one na wykrywanie nieciągłości powstałych zarówno na etapie wytwarzania, jak i eksploatacji. Jednak badania nieniszczące wykazują pewne ograniczenia, które wynikają z ich natury. W zdecydowanej większości są one metodami pośrednimi, w których o występowaniu nieciągłości wnioskuje się na podstawie przebiegu określonych zjawisk fizycznych. Metody badań nieniszczących dostarczają informacji o właściwościach badanego obiektu. Ich cele to wykrywanie oraz ocena charakteru nieciągłości. W artykule przybliżono niektóre z metod możliwych do zastosowania przy badaniu szyn kolejowych takie jak badania wizualne oraz badania ultradźwiękowe. Zwrócono również uwagę na badania niekonwencjonalne stosowane w praktyce i pozwalające na wykrycie nieciągłości takie jak metodę strumienia pola rozproszona oraz pomiar pola prądu przemiennego.

Słowa kluczowe: Badania VT; Metoda MFL; Metoda MPM; Metoda AFCM; Metoda UT; Technika PA

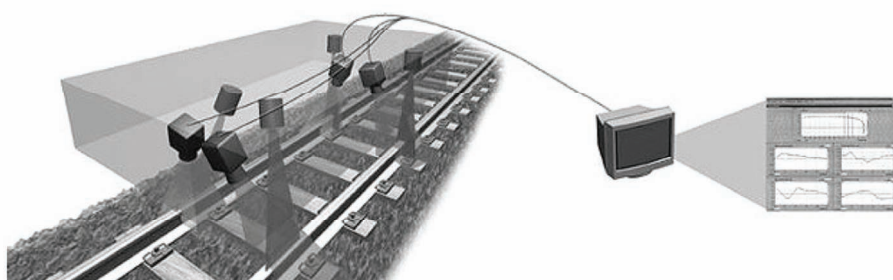
Abstract: Non-destructive testing is a key element in ensuring the safe operation of the railway track. They allow for the detection of discontinuities arising both at the stage of production and operation. However, non-destructive testing has some limitations due to its nature. The vast majority of them are indirect methods in which the occurrence of discontinuities is inferred from the course of specific physical phenomena. Non-destructive testing methods provide information about the properties of the tested object. Their goals are to detect and estimation the nature of the discontinuities. The article presents some of the methods that can be used in the examination of railway rails, such as visual and ultrasonic tests. Attention was also paid to unconventional tests used in practice and allowing the detection of discontinuities, such as the method of the scatter field flux and the measurement of the alternating current field.

Keywords: VT research; MFL method; MPM method; AFCM method; UT method, PA technique

Defektoskopia odgrywa bardzo ważną rolę w procesie wykrywania pęknięć szyn. Utrzymanie na właściwym poziomie nawierzchni kolejowej wymaga przeprowadzania systematycznych badań. Łączenie szyn odbywa się przez zgrzewania oporowe lub przez spawanie termitowe. Wymienione technologie łączenia generują możliwość występowania wad, które wykrywane są metodami diagnostycznymi w tym m.in. badaniami wizualnymi, magnetycznymi czy ultradźwiękowymi. Stanowi ona czynnik decydujący o bezpieczeństwie sieci kolejowych. Zasada oceny wad w badaniach defektoskopowych polega na porównaniu wielkości wad z ich wzorcami. Parametrami brany pod

uwagę są wielkości geometryczne takie jak długość czy pole wady. Bez względu na zasady funkcjonowania każdej z kolei, utrzymanie dróg kolejowych wymagać będzie zawsze usuwania pewnej części szyn z powodu ich pęknięć lub zniszczeń powstałych w procesie produkcyjnym lub podczas ich eksploatacji. Ważne jest więc monitorowanie zachowania się szyn w torze, dzięki czemu

zarówno użytkownicy jak i producenci mogą skupić swoje wysiłki na podnoszeniu jakości i jednocześnie poprawiać warunki ich eksploatacji [1]. Podstawowymi badaniami w kontroli wizualnej szyn kolejowych jest zastosowanie szybkich kamer [2]. Podczas przejazdu pociągu inspekcyjnego następuje rejestracja obrazu, który następnie analizowany jest przy użyciu odpowiedniego oprogramowania.



1. Kontrola toru kolejowego za pomocą kamer [2]

mowania. Systemy kontroli wzrokowej wykorzystywane są do pomiaru profilu główki szyny, poluzowań w stykach szyn. Zastosowanie kontroli wizualnej nie daje pełnych informacji i wykrycia wad wewnętrznych możliwych do uzyskania z zastosowaniem badań ultradźwiękowych. Systemy wizualne dają natomiast możliwość sprawdzenia całej powierzchni szyny jak również sprawdzenia braku przytwierdzeń, podkładów czy podsypki. Na rysunku 1 pokazano przykład kontroli toru kolejowego za pomocą kamer [2].

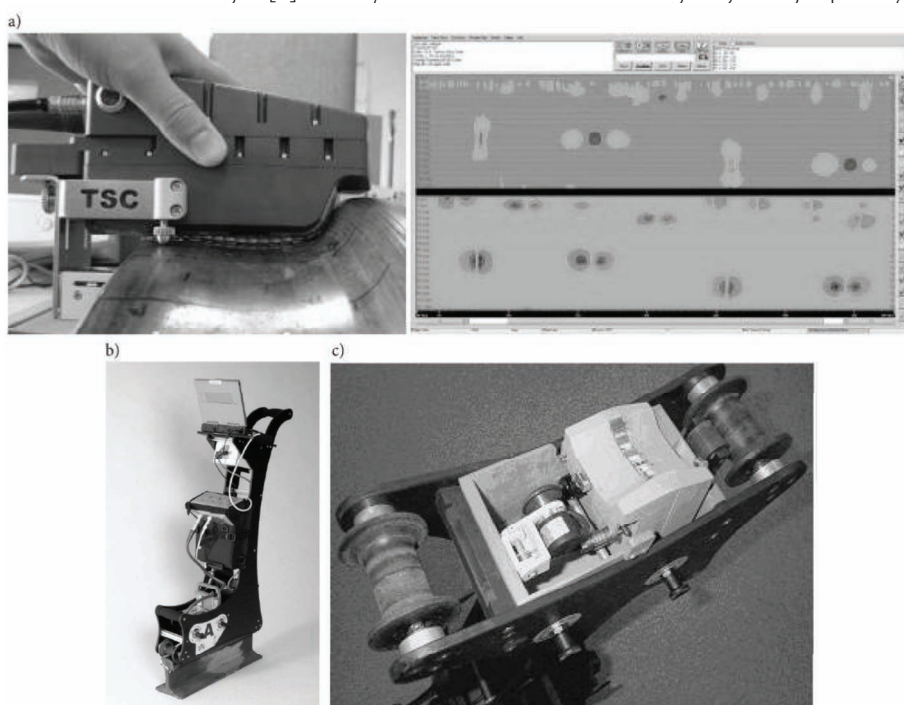
Wśród badań nieniszczących wykorzystywane są również metody magnetyczne stosowane w mobilnej diagnostyce szyn kolejowych. Do występujących tutaj metod można zaliczyć metodę strumienia pola rozproszenia oraz pomiar pola prądu przemiennego [3]. Metoda magnetycznego strumienia rozproszenia MFL wykorzystywana jest do wykrywania nieciągłości w zbiornikach, w stalowych linach, jak również w elementach podawanych ciągłej eksploatacji. Metoda MFL wykorzystywana jest do badania materiałów ferromagnetycznych i polega na uzyskaniu odpowiedniego nasycenia polem magnetycznym w obszarze materiału badanego [3]. W sąsied-

ztwie nieciągłości wzrasta opór do indukowania pola magnetycznego a przy wystarczająco wysokiej wartości, pole magnetyczne rozchodzi się wokół nieciągłości materiałowych. Rozproszenie pola magnetycznego mierzone jest za pomocą czujników magnetycznych znajdujących się w pobliżu powierzchni. Wysokość czujników reguluje wzmocnienie sygnału MFL. Metoda MFL jest znacznie prostsza pod względem interpretacji w stosunku do innych metod elektromagnetycznych. Poza sygnałem amplitudy można określić położenie sygnału od wad. Liczba czujników wpływa na dokładność wykonania pomiaru. Przeprowadzenie badania wymaga odpowiedniej kalibracji urządzenia, a interpretacji sygnałów może być obciążona błędem do geometrii powierzchni czy jej stanem oraz grubości powłoki. Zaletami metody MFL jest zdolność do bezkontaktowej kontroli szyn przy zachowaniu szczeliny od 8-10 mm między powierzchnią badanej szyny, wysoka prędkość wagonu defektoskopowego i wysoka wiarygodność w różnym zakresie temperatur. Obraz na defektogramach w zakresie elementów konstrukcyjnych toru takich jak podkłady kolejowe, krzyżownice [4].

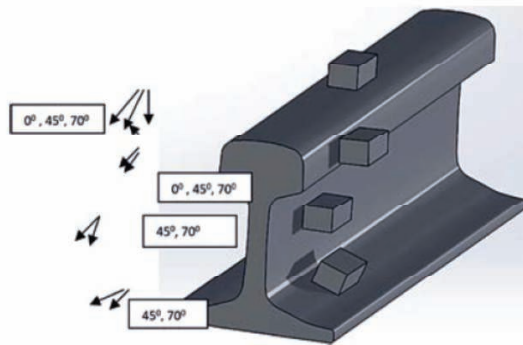
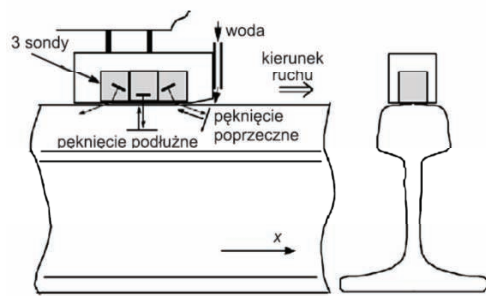
Metoda magnetycznej pamięci

metalu MPM opiera się na rejestracji lokalnych pól rozproszenia na powierzchni badanego przedmiotu w celu ustalenia stref koncentracji naprężeń, jednorodności struktury metalu. Zastosowanie metody nie wymaga zastosowania specjalnych urządzeń magnesujących. Badanie może być wykonywane bez wstępnego przygotowania kontrolowanej powierzchni. Do wykonywania badania potrzebne są urządzenia z niezależnym zasilaniem charakteryzujących się niewielkimi wymiarami [5]. Metoda MPM umożliwia wstępną diagnozę zużycia zmęczeniowego oraz przewidywanie niezawodności obiektu. Do istotnych wad rozpatrywanej metody zalicza się słabą powtarzalność wyników. Metoda znajduje zastosowanie do badania szyn kolejowych zarówno w trybie ręcznym jak i automatycznym. Do badań automatycznych znajdują zastosowanie wagony defektoskopowe [6].

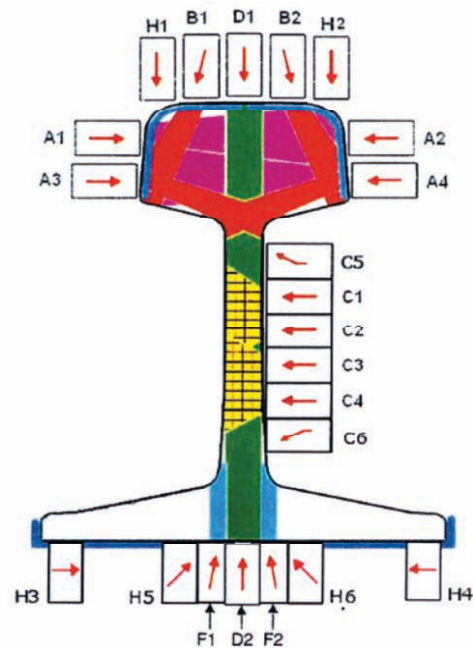
Metoda pomiaru pola prądu przemiennego (AFCM) znalazła zastosowanie w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku jako metoda bezstykowego potencjalnego spadku prądu przemiennego [1, 7]. Wykorzystywana była do pomiaru głębokości pęknięć. Jest to elektromagnetyczna metoda pomiaru głębokości pęknięć w metalach. Badanie polega na przepływie prądu przemiennego blisko powierzchni przewodnika i nie zależy od geometrii elementu. W elementach bez nieciągłości prąd elektryczny przepływa bez zakłóceń. W momencie natrafienia na nieciągłości przepływ prądu elektrycznego jest zakłócony. Przepływa wokół końców oraz w dół pęknięcia. Pole magnetyczne powyżej powierzchni metalu które związane jest z prądem ulega również zakłóceniu. Badanie nie wymaga kontaktu elektrycznego ani magnetycznego wykorzystywanych czujników. Może być stosowane bez usuwania powłoki ochronnej (farba, olej, rdza). Po usunięciu czujników natężenie prądu spada proporcjonalnie do kwadratu. Sygnał spada wolno nawet po odłączeniu od badanej po-



2. Technika AFCM [7]



3. Prowadzenie głowic podczas badania szyn [8]



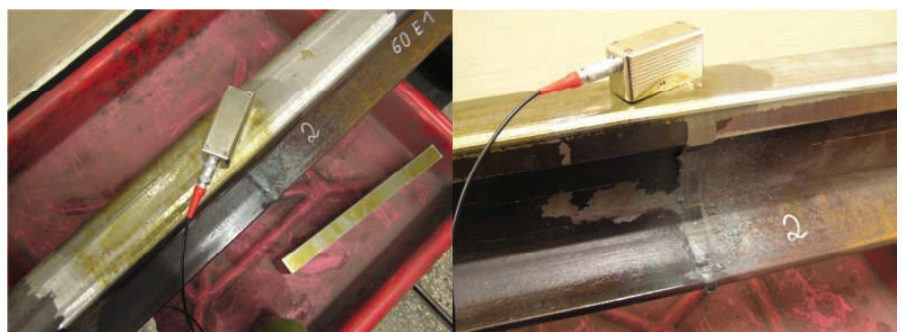
4. Układ głowic do badania szyn na ostatnim etapie wytwarzania [8]

wierzchni na odległość większą od 5 mm [3]. Nierówność powierzchni lub grubsza warstwa powłoki ochronnej stwarza mniej problemów niż przy badaniu wykonywanym za pomocą czujników prądów wirowych umieszczonych w mniejszej odległości niż w metodzie pomiaru pola prądu przemiennego. Technologia znalazła zastosowanie w przemyśle kolejowym jak również w badaniu szyn. Skupiono tutaj uwagę na wymiarowanie pęknięć zmęczeniowych na szynach, gdzie nie jest to możliwe z wykorzystaniem badań ultradźwiękowych oraz kontroli wzrokowej. W badaniach metodą ACFM wykorzystywane są czujniki ołówkowe jak również wieloelementowe czujniki matrycowe. Wykrywanie wad jest możliwe w każdym kierunku jednak najlepiej jeśli wady są pod kątem $0-30^\circ$ i $60-90^\circ$ względem kierunku sondy. Na rysunku 2 przedstawiono sprzęt i zobrazowanie w trakcie wykonywania badania ACFM [3,7].

Odpowiedzią na pytanie, co znajduje się w objętości elementu badanego dają badania ultradźwiękowe. Umożliwiają one wykrycie wad wewnętrznych oraz oceny ich wielkości. Podobnie jak w badaniach wizualnych istnieje możliwość monitorowania rozwoju wady i porównywania

ich z wcześniej przeprowadzanymi badaniami [8, 9]. Wykrywanie wad w szynach jest jednym z pierwszych zastosowań badań ultradźwiękowych. Układy defektoskopowe stosowane na stanowiskach kontrolnych w hutach i w ruchomych urządzeniach do badań torowych są bardzo zaawansowane. Zastosowanie odpowiedniej ilości głowic umożliwia objęciem badania obszaru przekroju szyny za wyjątkiem części stopki. Wadami nie dającymi się wykrywać w trakcie badań

ultradźwiękowych są wady powstające pod powierzchnią i rozwijające się w postaci poziomego pęknięcia. Poprzeczne pęknięcia zmęczeniowe są szczególnie niebezpieczne. Głowicami używanymi do badań są pojedyncze i podwójne głowice fal podłużnych oraz głowice fal poprzecznych o kącie wprowadzenia wiązki 45° i 70° [8]. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono sposoby przyłożenia głowic ultradźwiękowych w trakcie prowadzenia badań ultradźwiękowych



5. Przykład wykorzystania ultradźwiękowej techniki echa [10]

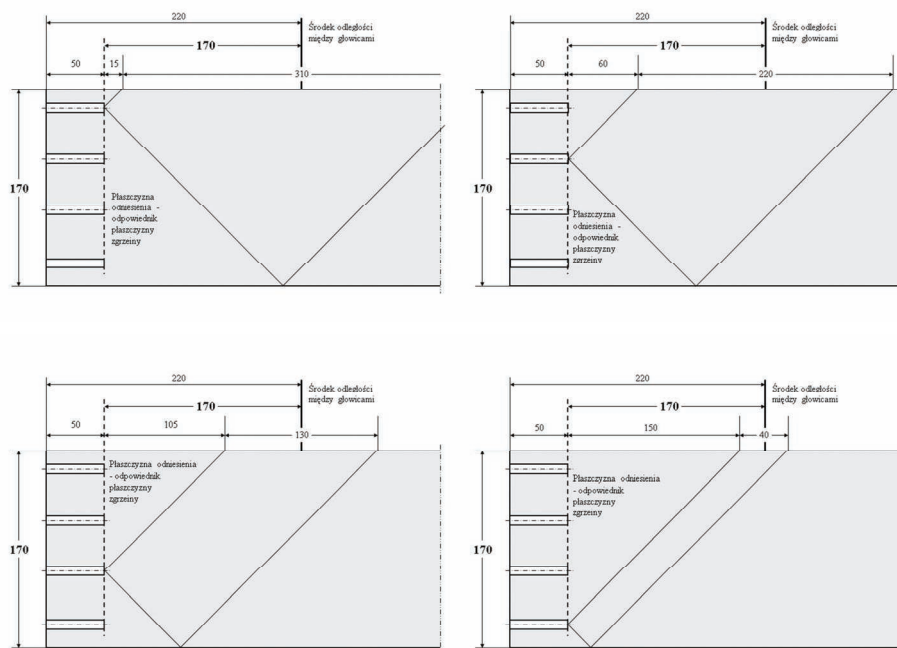
Badanie szyn zamocowanych na torze powoduje wprowadzanie fal ultradźwiękowych z powierzchni głowki przez warstwę cieczy sprzęgającej z powierzchnią badania. Niemożliwy jest dostęp z powierzchni stopki i nie można wykryć rozwijających się pęknięć eksploatacyjnych w stopce. Poprzeczne pęknięcia na szynach zaczynają się najczęściej na zewnętrznych krawędziach stopki. Nie wykryte wcześniej prowadzą do zniszczenia. Zestawy głowic ze sprzężeniem cieczowym nie dają właściwych efek-

tów przy wykrywaniu pionowych pęknięć w głowce, które powstają najczęściej w części środkowej głowki. Niekorzystna orientacja i rozwój pęknięć w kierunku podłużnym i poprzecznym są bardzo niebezpieczne. Celem badania złączy spawanych złączy szynowych jest wykrycie wad występujących w całym przekroju złącza. Badaniom podlegają spoiny i zgrzeiny wykonywane w trakcie napraw nawierzchni oraz inne w zależności od potrzeb [2]. W technice echa stosuje się pojedynczą głowicę, która

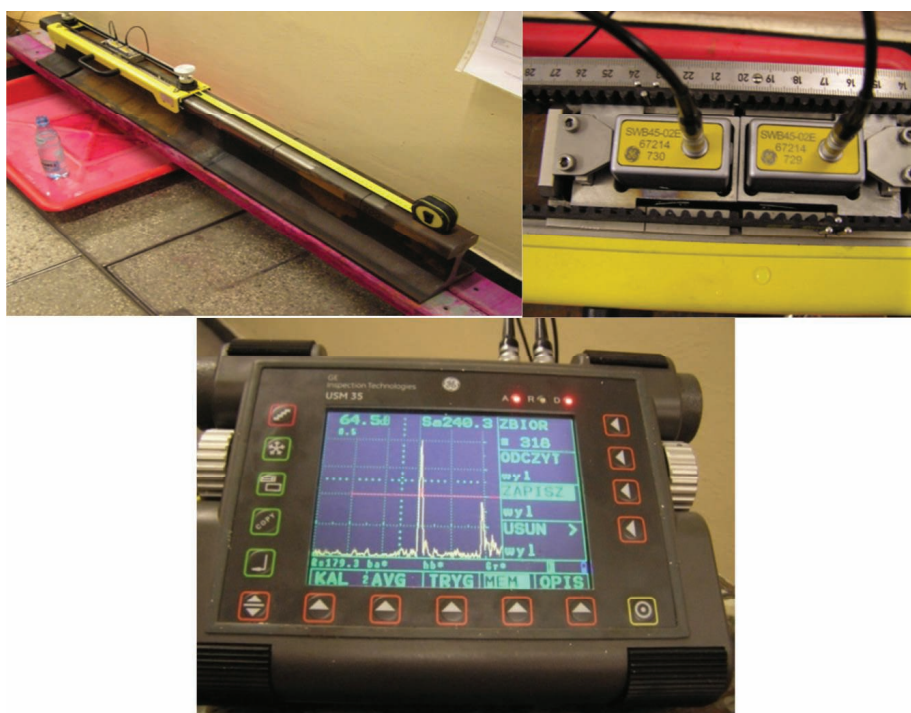
początkowo stanowi nadajnik impulsów, a następnie zostaje „przełączona” i odbiera rolę odbiornika. Sygnał wysyłany przez głowicę do materiału odbija się od nieciągłości lub od przeciwległej powierzchni i wraca do głowicy. Mierząc czas upływający od momentu wysłania impulsu do momentu jego powrotu i odebrania przez głowicę można określić, znając prędkość fali ultradźwiękowej w materiale, odległość głowicy od przeszkody. Na podstawie wysokości echa niezgodności na ekranie defektoskopu, można określić jej przybliżony wymiar. Na rysunku 5 przedstawiono przykład badania przy pomocy ultradźwiękowej techniki echa.

W technice tandem używa się układu dwóch głowic kątowych, nadawczej i odbiorczej, ustawionych w stałej odległości od siebie podczas przesuwania złącza. Dla zbadania całej objętości złącza układ głowic przesuwają się kilkakrotnie wzdłuż spoiny zmieniając odległość między głowicami tak, aby za każdym razem przesunąć inny obszar spoiny [9]. Sposób usytuowania głowic w technice tandem i lokalizacji wskazań na przykładzie próbek odniesienia pokazano na rysunku 6. Natomiast na rysunku 7 widać przyrząd do badania szyn w technice tandem. Na specjalnych prowadnicach osadzone są głowice 2T45°. Podziałka milimetrowa ułatwia ustawienie głowic w odpowiednich położeniach względem siebie. Przewody zasilające wyprowadzone od góry ułatwiają przesuwanie głowic względem siebie i umożliwiają ich stabilne zamocowanie [10, 11].

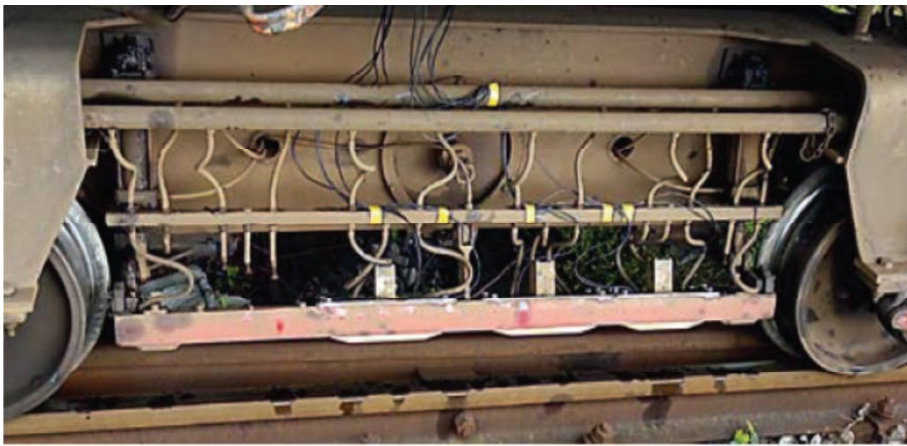
Badanie z powierzchni tocznej szyny daje możliwość zastosowania defektoskopów wielokanałowych z zastosowaniem pojedynczych i podwójnych głowic ultradźwiękowych o różnych kątach wprowadzenia fali ultradźwiękowej co pokazano na rysunku 8. Prędkość wagonów inspekcyjnych wynosi około 50 km/h. Do wykonania i kontaktu głowicy z powierzchnią toczną szyny konieczne jest zastosowanie środka sprzęgającego jakim jest woda.



6. Przykłady lokalizacji wskazań na przykładzie próbek z reflektorami wzorcowymi [10]



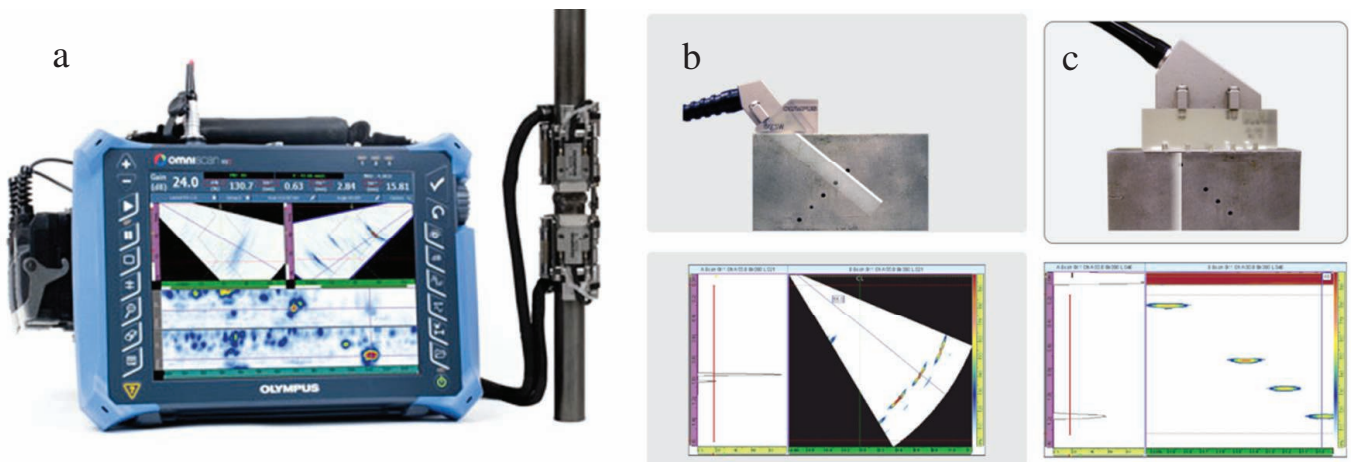
7. Przyrząd do badania techniką Tandem [10]



8. Płoza wózka wagonu z zamontowanymi głowicami UT [8]



9. Wózek RDM-12 do badania szyn kolejowych [8]



10. Aparatura do badania techniką PA: a) defektoskop i skaner, b) głowica skośna i wyniki badania z wykorzystaniem skanu sektorowego, c) głowica prosta i wyniki badania z wykorzystaniem skanu liniowego [12]

Obrazy przeglądane na monitorach dają możliwość kwalifikacji wad. Zastosowanie wózków do badania szyn w zakresie lokalnego badania przy zastosowaniu głowic fal podłużnych i poprzecznych o kątach 0° , 45° , 70° . Rejestracja badania wykonywana jest za pomocą systemu komputerowego dającego możliwość podglądu badania w dowolnym momencie. Połączenia szyn z krzyżownicami rozjazdów wymagają zastosowania badań ręcznych. Proste odcinki szyn mogą być badane z zastosowaniem wózków ręcznych oraz wózków inspekcyjnych co pokazano na rysunku 9.

Przełomem w zastosowaniu badań ultradźwiękowych jest technika *Phased Array* PA, która stanowi rozwinięcie konwencjonalnych badań ultradźwiękowych techniką echa. W technice *Phased Array* znalazły zastosowanie głowice mozaikowe, zawierające pewną liczbę niewielkich, nie-

zależnie sterowanych przetworników (zazwyczaj 16-64) [12]. Zastosowanie głowicy mozaikowej umożliwia wprowadzenie serii wiązek ultradźwiękowych, przetworzenie otrzymanych sygnałów i ich analizę w postaci graficznej z amplitudą kodowaną paletą barw. Powstały w ten sposób S-skan obrazujący położenie wskazań na tle konturu rowka spiny znacznie ułatwia późniejszą ocenę i charakteryzowanie wykrytych wskazań [12].

W technice *Phased Array* możliwe jest sterowanie kątem wprowadzenia wiązki ultradźwiękowej, co daje możliwość uzyskania dowolnych kątów padania lub załamania wiązki poprzez pobudzenie wskazanych przetworników głowicy w zaprogramowanych sekwencjach. Jedną głowicą daje możliwość przeprowadzenia skanów przy różnych kątach. Zaletą tej techniki jest również skrócenie czasu badań co wiąże się m.in.

z brakiem konieczności wymiany głowic, a co za tym idzie ponownych kalibracji sprzętu [13]. Na rysunku 8 pokazano przykład bloku kalibracyjnego oraz głowicy w badaniach PA. Zobrazowanie niezgodności oraz system do badania półautomatycznego PA przedstawione są na rysunku 9. W technice PA do obiektu badanego w celu przeszukania objętości badanego materiału wprowadza się wiązkę ultradźwiękową przy wykorzystaniu fal poprzecznych. Stosowane częstotliwości, zakresy stosowanych przetworników jak również stosowane charakterystyki wiązek ultradźwiękowych nie różnią się od stosowanych w tradycyjnych badaniach ultradźwiękowych. Zasada badania jest bardzo zbliżona do klasycznej metody ultradźwiękowej. Akceptacja wskazania polega na pomiarze maksymalnej amplitudy echa w odniesieniu do ustalonego echa reflektora wzorco-

wego [14]. Na rysunku **10a** pokazano defektoskop wraz ze skanerem do przeprowadzania badań PA. Na ilustracjach **b** i **c** widoczne są przykłady zobrażeń skanu liniowego i sektorowego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Makuch J.: Prezentacja. Diagnostyka szyn, wady w szynach. Katedra Mostów i Kolei. Politechnika Wrocławska. Wrocław 2015
- [2] Lesiak P., Wlazło M.: Badania wad Head Checking w szynach kolejowych metodą optyczną, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport zeszyt 104, 2014
- [3] Nichoha V, Shkliarskiy V.: Metoda strumienia rozproszenia pola magnetycznego w diagnostyce szyn kolejowych oraz jej miejsce wśród mobilnych środków badania nieniszczącego, Problemy kolejnictwa Zeszyt 180, wrzesień 2018, s.23-27
- [4] Costain J., Pearson N.R.: Możliwo-
- ści współczesnych skanerów den zbiorników działających w oparciu o metodę strumienia rozproszenia pola magnetycznego. Badania Nieniszczące i Diagnostyka, 2017, nr 1–2, s. 20–23.
- [5] Roskosz M., Witoś M., Żurek Z.H., Fryczkowski K.: Porównanie możliwości diagnostycznych metod magnetycznej pamięci metalu, szumu Barkhausena i niskoczęstotliwościowej impedancji. Przegląd Spawalnictwa, 2016, nr 10, s. 57–62.
- [6] Sikora R., Chady T.: Badania nieniszczące metodami elektromagnetycznymi. Przegląd Elektrotechniczny, 2016, nr 9, s. 1–7.
- [7] Cost H.: Pomiar głębokości pęknięć – aktualna technika pomiarowa. Tech Control.
- [8] Kowalczyk D., Antolik Ł., Miklaszewicz I.: Wady szyn kolejowych, a badania ultradźwiękowe Badania nieniszczące i diagnostyka, 2019, nr.4, s.9-13
- [9] Deputat J.: Nowe Techniki Badań
- Ultradźwiękowych. Pracownia Ultradźwiękowych badań materiałów. IPPT PAN Warszawa
- [10] Hottowy G.: Materiały własne firma Ekstplast.
- [11] Wytyczne PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Id-17:2005.: Wytyczne ultradźwiękowych badań złączy szynowych, zgrzewanych i spawanych. Warszawa 2005
- [12] Kaczmarek K.: Prezentacja. Nowoczesne techniki badań ultradźwiękowych oraz ich zastosowanie. Gliwice 2017
- [13] Mackiewicz S.: Badania złączy spawanych techniką Phased Array w świetle wymagań PN-EN ISO 13588. Przegląd Spawalnictwa nr 12/2015, s. 101-106
- [14] Mackiewicz S.: Ultradźwiękowe badania złączy spawanych techniką Phased Array. XXI Nieniszczące Badania Materiałów. Zakopane 18-20 marca 2015.

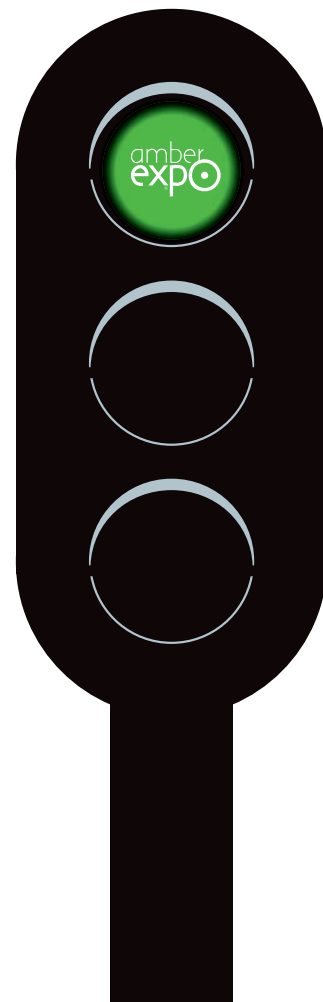


14. MIĘDZYNARODOWE TARGI KOLEJOWE

TRAKO

[21–24.09.2021]
GDAŃSK – TRAKOTARGI.PL

warto **TU** być



Koncepcja rozbudowy estakady kolejowej w centralnej części WWK

The concept of the extension of the railway overpass in the central part of WWK



Maciej Kruszyna

dr hab. inż. prof. PWR

Politechnika Wrocławska,
Wydział Budownictwa Lądowego
i Wodnego, Katedra Dróg,
Mostów, Kolei i Lotnisk
ORCID: 00-0001-8876-6307
maciej.kruszyna@pwr.edu.pl



Jacek Makuch

Dr inż.

Politechnika Wrocławska,
Wydział Budownictwa Lądowego
i Wodnego, Katedra Dróg,
Mostów, Kolei i Lotnisk
ORCID: 0000-0001-6052-0970
jacek.makuch@pwr.edu.pl

Streszczenie: We wstępie artykułu scharakteryzowano w skrócie Wrocławski Węzeł Kolejowy (WWK) oraz zwrócono uwagę na potrzebę zwiększenia poziomu wykorzystania kolei w obsłudze ruchu miejskiego we Wrocławiu. Odwołano się do autorskich propozycji systemu kolei aglomeracyjnej dla Wrocławia. Przeanalizowano zakres niezbędnych działań inwestycyjnych oraz pozainwestycyjnych w celu zwiększenia przepustowości kolejowej trasy średnicowej i przyległych szlaków. Zaproponowano dobudowanie czwartego toru po południowej stronie estakady wrocławskiej średnicy kolejowej oraz nowych przystanków "Świdnicka" i "Grabiszewska". W podsumowaniu zasygnalizowano potrzebę wykreowania w dalszej perspektywie czasowej drugiej - tunelowej średnicy kolejowej.

Słowa kluczowe: Kolej aglomeracyjna; Trasa średnicowa; Estakada kolejowa; WWK

Abstract: The Wrocław Railway Node (WWK) was briefly characterized in the introduction to the paper. The attention to the need to increase the level of rail use in servicing city traffic in Wrocław was drawn too. Reference was made to the original proposals of the agglomeration railway system for Wrocław. The scope of necessary investment and non-investment activities was analyzed in order to increase the capacity of the cross-city railway route and the adjacent routes. It was proposed to build the fourth track on the south side of the overpass of Wrocław railway diameter and new stops "Świdnicka" and "Grabiszewska". In the conclusion, the need to create a second railway tunnel diameter in the longer term was signaled.

Keywords: Agglomeration railway; Cross-city route; Railway overpass; WWK (Wrocław Railway Node)

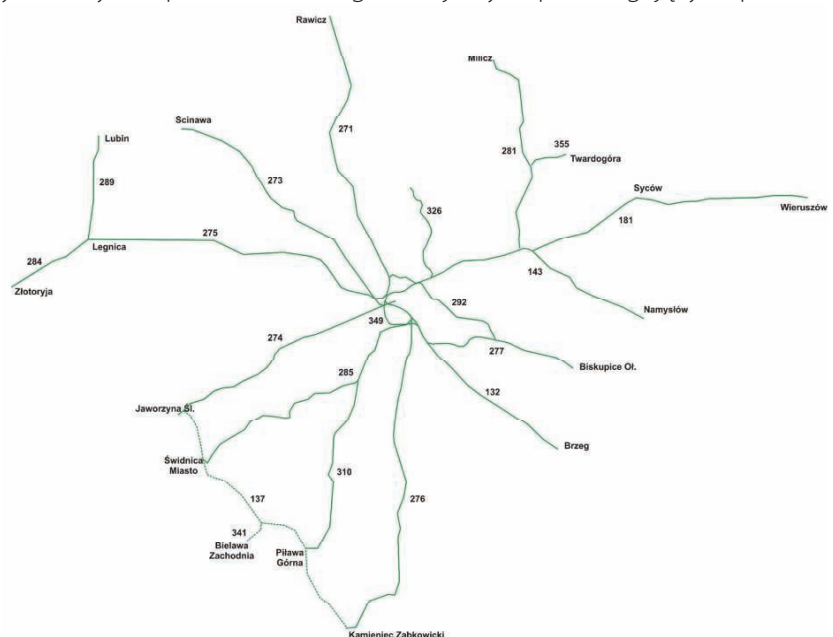
Wprowadzenie

Koleje obsługujące ruch pasażerski w obszarach zurbanizowanych funkcjonować mogą pod różnymi nazwami: koleje miejskie, aglomeracyjne, SKM, "S-Bahn" itp. Niezależnie od nazwy służyć będą do obsługi podróży o nie-dużych dystansach, ale za to z dużą intensywnością (wyrażoną znaczną liczbą pasażerów, częstotliwością kursów). Wymaga to specyficznego trasowania, pożądanej separacji od ruchu innych pociągów, gęsto rozmieszczanych przystanków i ich integracji z innymi środkami transportu. W sieciach kolei aglomeracyjnych (dalej określanych jako KA) wskazane jest kreowanie trasy średnicowej (lub kilku średnic) w celu koncentracji przewozów i intensyfikacji oferty. W artykule omówiona jest koncepcja rozbudowy estakady kolejowej zlokalizowanej w

centralnej części Wrocławskiego Węzła Kolejowego (dalej: WWK) w celu wydzielania torów dla KA i umożliwienia tym samym wprowadzenia regu-

larnego i częstego ruchu pociągów lokalnych.

WWK obejmuje kilkanaście linii kolejowych przebiegających przez Wro-



1. WWK według [10] z numeracją najważniejszych linii kolejowych

claw lub w jego sąsiedztwie. Zasięg węzła może być różnie definiowany (w zależności od opracowania i jego celów). Przykładową limitację obszaru podano w warunkach realizacji zamówienia zleconego w 2019 przez PLK [10]. Rozważany tam zasięg węzła pokazano na rysunku 1. Otwarta pozostaje kwestia, czy KA powinna obsługiwać całość prezentowanego obszaru, a w szczególności jego części znacznie oddalone od rdzenia aglomeracji. Niezależnie jednak od faktu, czy w całym WWK zostanie wydzielony segment KA oraz KR (kolei regionalnej) i jakie będą zasady współistnienia tych segmentów, w centralnej części węzła dojdzie do nałożenia się tras i kursów, co oznaczać będzie zapotrzebowanie na funkcjonalną średnicę.

Opracowano wiele koncepcji tras KA (i podobnych, inaczej nazywanych) w ramach WWK. Ich bogaty przegląd zamieszczono m.in. w książce [5], raporcie [4] oraz w [7]. Nie przesądzając o finalnej (optymalnej) liczbie linii oraz kursów należy liczyć się z ich dużą liczbą w centralnej części węzła, a w szczególności na trasie średnicowej. Zasadne wydaje się zaplanowanie przekształceń lub kreacji średnicy w kierunku zapewnienia zdolności przewozowej (przepustowości) umożliwiającej realizację prze-

widywanej liczby kursów (oczywiście z rezerwą przepustowości). Proponowane są co prawda rozwiązania "zastępcze" typu prowadzenie części tras alternatywnymi liniami, ale bardziej efektywne będzie wprowadzenie jak największej liczby pociągów na zmodyfikowaną średnicę. W przypadku WWK rozważane są różne warianty "modyfikacji średnicy", w tym rozwiązania tunelowe [2], [3]. Jako pierwszoplanowe i zasadne ekonomicznie proponuje się rozbudowę estakady kolejowej z przekroju trzytorowego na czterotorowy.

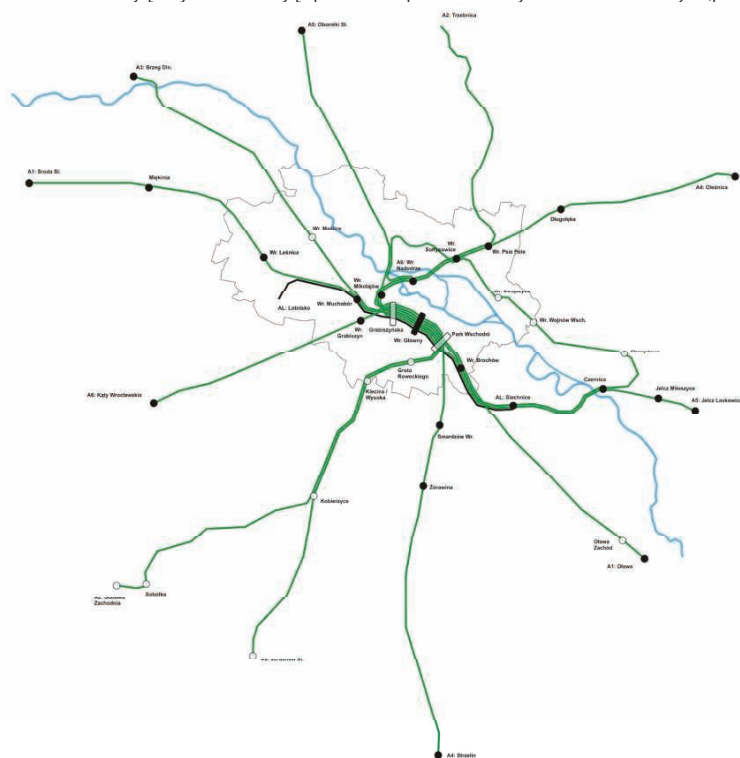
Rola średnicy w koncepcji KA

Niżej opisaną koncepcję KA we WWK zaproponowano (jako jeden z wariantów) i opisano w [4]. Założono w niej konkretne parametry dla poszczególnych tras. Sieć KA dociera do miejscowości położonych w zasięgu 30 minutowego dojazdu do centrum. Docelowo zakłada się 6 linii średnicowych łączących po 6 miejscowości z zachodniej i z wschodniej strony dworca Wrocław Główny (WG). Realizacja takiej sieci wymaga reaktywacji tras do Sobótki i Jordanowa Śl. przez Kobierzycę oraz linii z Jelcza Laskowic do Wrocławia Sołtysowice po północnej stronie Odry (plus łączni-

ca). W celu zrównoważenia liczby linii docierających do dworca WG z obu stron proponuje się wybudowanie łącznicy pomiędzy liniami 292 i 277, także dla umożliwienia poprowadzenia linii aglomeracyjnej z północnej części gminy Czernica krótszą trasą do centrum Wrocławia (kursy od stacji Sołtysowice). Opisany wyżej układ tras z zaznaczeniem wybranych (najważniejszych przystanków) pokazano na rysunku 2. Oprócz omawianych tu 6 tras średnicowych na rysunku zaznaczono potencjalną linię "lotniskową" (kolor czarny) o mniej regularnym systemie kursowania (dostosowanym do rozkładu lotów).

Zakończenia linii kolei aglomeracyjnej lokalizowane są w dystansie pozwalającym w przebiegu 30 minut dojechać do centrum Wrocławia. Pozwala to optymalizować wykorzystanie taboru (przejazd jednego pociągu na linii średnicowej tam i z powrotem trwa do 2 godzin, zatem dla obsługi linii przy takcie 30 minut konieczne są 4 składy, a przy takcie 20 minut – 6). Stacje odleglejsze przeznaczone są do obsługi liniami regionalnymi. Przy założonej liczbie tras korzystających ze średnicy (6) oraz szczytowych taktach dla każdej z tras (30 lub 20 minut) otrzymuje się obciążenie ruchem w wysokości: 12 lub 18 pociągów na godzinę i kierunek (czyli przejazd średnio co 5 minut lub 3 minuty i 20 sekund). Istotne jest również planowanie 2 przystanków dla KA na średnicy pomiędzy Dworcem Głównym a post. odg. Grabiszyn. Średnicę wraz z przystankami pokazano na rysunku 3.

Dla kierunków wybiegających poza obszar aglomeracji wskazać można po kilka stacji docelowych. Pokazuje to elastyczną możliwość konfiguracji kursów. Istotna jest koordynacja przewozów na liniach aglomeracyjnych i regionalnych według zasad opisanych wyżej. Stacja końcowa dla linii aglomeracyjnej (i przesiadkowa dla relacji region – aglomeracja) może także być różnie lokalizowana. O wyborze stacji może decydować infrastruktura umożliwiająca zawrót pociągu (istniejąca lub planowana) albo znaczenie (wielkość) danej miejscowości



2. Proponowany układ 6 tras średnicowych KA plus linia lotniskowa

w systemie przewozów aglomeracyjnych. Przykładowo, dla linii do Środy Śląskiej istnieje jeszcze inna możliwość zakończenia linii. Postulowane jest wydłużenie linii (dobudowę odcinka przybliżającego transport zbiorowy do centrum miejscowości). Węzłową stacją przesiadkową pozostała by dzisiejsza Środa Śl. z tym że linia aglomeracyjna nie kończyłaby tam biegu, ale podążała jeszcze kawałek dalej do przystanku Środa Śl. Miasto. Taka stacja oraz torowisko do niej prowadzące istniała zresztą w Środzie Śl. do lat 60. XX wieku. Odbudowa torowiska po dawnym śladzie może napotkać przeszkody własnościowe, ale możliwe jest poprowadzenie nowej trasy w zbliżonym przebiegu. Rozwinięcie sieci podobne do wyżej zarysowanego możliwe jest także w innych miejscach sieci (np. w Oleśnicy).

Wskazanie możliwości zwiększenia przepustowości trasy średnicowej i przyległych szlaków

Chcąc uzyskać docelowo takt 20 minutowy nie uniknie się konieczności wykonania pewnych punktowych albo odcinkowych inwestycji infrastrukturalnych [8]. Niezbędne inwestycje ujęto w program zadań. Zadania dla opcji oznaczającej rozwój średnicy w oparciu o istniejącą estakadę i jej otoczenie ponumerowano od 1 do 10 (zob. rysunek 4).

1. Przebudowa głowic torowych stacji WG z obu stron w celu umożliwienia pociągów KA zatrzymywania się przy obecnych peronach 5 i 6 (albo nowozbudowanym wyspowym dwukrawędziowym peronie 5),
2. Bezkolizyjne przeprowadzenie dwóch torów przeznaczonych wyłącznie dla pociągów KA ponad albo poniżej torów łączących perony 1 - 4 stacji WG z torami wagonowni i lokomotywni (w celu uniknięcia kolizji ruchu pociągów KA z ruchem podstawianych albo odstawianych pociągów dalekobieżnych i KR),
3. Na odcinku WG - planowany

nowy przystanek Wr. Armii Krajowej (zlokalizowany pod wiaduktem w ciągu tejże ulicy) przeznaczenie torów 203 i 204 wyłącznie dla ruchu pociągów KA, natomiast torów 201 i 202 - dla ruchu pociągów dalekobieżnych i KR, zarówno dla linii 132 („opolskiej”) jak i 276 („strzelińskiej”),

4. Bezkolizyjny rozplot torów dla pociągów KA w stosunku do torów dla pociągów dalekobieżnych i KR pomiędzy planowanym nowym przystankiem Wr. Armii Krajowej, a rozejściem się linii 132, 276 i 285 (rejon wiaduktów w ciągu ulic Gązowa - Karwińska),
5. Dobudowanie czwartego toru na długości odcinka Podg Wr. Grabiszyn - WG i przeznaczenie jednej pary torów wyłącznie dla ruchu pociągów KA, a drugiej - dla ruchu pociągów dalekobieżnych i KR,
6. Bezkolizyjne przeprowadzenie

dwóch torów przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pociągów KA ponad Podg Wr. Grabiszyn (w celu uniknięcia kolizji ruchu pociągów KA z ruchem pociągów dalekobieżnych i KR), korekta układu torowego Podg Wr. Grabiszyn

7. Dobudowanie 2 nowych torów przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pociągów KA na odcinku Podg Grabiszyn - Wr. Mikołajów,
8. Bezkolizyjny rozplot torów dla pociągów „z Nadodrza” (linia 143) w stosunku do pociągów „do Poznania” (linia 271) pomiędzy stacją Wr. Mikołajów a rozejściem się linii 271 i 143 (rejon wiaduktów nad ulicami Ścinawska, Starograniczna - Gnieźnieńska),
9. Dobudowanie dodatkowych torów w celu ominięcia przez pociągi towarowe stacji Wr. Mikołajów,
10. Dobudowanie drugiego toru dla pociągów KA w ciągu łącznicy



3. Średnica z rozstawem przystanków (źródło mapy: <http://gis.um.wroc.pl/>)



4. Inwestycje infrastrukturalne niezbędne dla uzyskania docelowego taktu 20 minutowego w ruchu pociągów KA [4]

757 (pomiędzy stacją Wr. Muchobór a proponowanym węzłem przesiadkowym „Górska”) - to zadanie jedynie w przypadku reaktywacji ruchu kolejowego również w kierunku dworca Wrocław Świebodzki [9].

Lokalizację tych zadań inwestycyjnych przedstawiono schematycznie na rys.4. W opracowaniu [4] oszacowano koszt proponowanych inwestycji, niemniej wykracza to poza ramy niniejszego artykułu.

Zadania oznaczone numerami od 1 do 7 mają na celu realizację na odcinku od stacji Wr. Mikołajów przez WG, do planowanego nowego przystanku Wr. Armii Krajowej osobnej pary torów (w dwóch przeciwnych kierunkach) przeznaczonych wyłącznie dla ruchu pociągów KA, równoległe do analogicznej pary torów przeznaczonych dla ruchu pociągów dalekobieżnych i KR. Działania takie są niezbędne dla wykreowania atrakcyjnego systemu KA, co potwierdzają liczne przykłady zagraniczne, a nawet krajowe: warszawska linia średnicowa, trójmiejska SKM, realizowana obecnie „dobudowa” torów na odcinku Kraków Gł. - Kraków Zabłocie.

Innym zadaniem inwestycyjnym koniecznym dla uzyskania taktu 20 minutowego w ruchu pociągów KA jest wykonanie w odpowiednich lokalizacjach mijanek na liniach, które planuje się pozostawić jako jednotorowe - zarówno już będących w eksploatacji: 326 (do Trzebnicy) jak i planowanych

do reaktywacji: 292 (Do Jelcza Miłoszyc przez Swojczyce), 285 (do Świdnicy) oraz 310 (do Niemczy).

Dla uzyskania docelowo taktu 20 minutowego w ruchu pociągów KA, oprócz wymienionych powyżej inwestycji infrastrukturalnych, konieczna jest również zmiana „filozofii” układania rozkładów jazdy na kolei w skali całego kraju, gdyż praktycznie niewykonalne (a nawet niewskazane) jest aby pociągi KA w Polsce korzystały wyłącznie z własnych torów (niezależnej od ruchu pociągów dalekobieżnych i KR). Otóż, konstruując rozkład jazdy należy w pierwszej kolejności rozplanować ruch pociągów KA we wszystkich węzłach kolejowych posiadających taki rodzaj ruchu, a dopiero w drugiej kolejności, pomiędzy te pociągi „wpasowywać” ruch pociągów KR oraz dalekobieżnych - czyli dokładnie na odwrót, jak to się robi obecnie. Przy takim sposobie układania rozkładów jazdy korzystna okazuje się być zasada stosowania cyklicznych godzin odjazdów również dla pociągów dalekobieżnych (do czego próbuje się od pewnego czasu dążyć) - oczywiście pod warunkiem, że takt zastosowany w przypadku pociągów dalekobieżnych będzie wielokrotnością taktu zastosowanego dla pociągów KA i KR.

Przykładowe zadania (1a i 5)

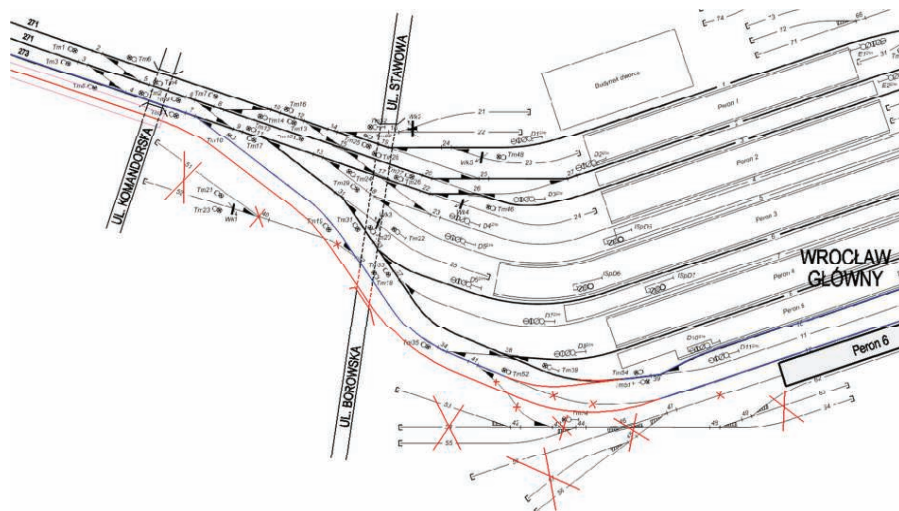
Rozbudowa estakady z przekroju trzytorowego na czterotorowy wymaga podjęcia decyzji odnośnie lokalizacji

dodatkowego toru, przeznaczenia par torów dla poszczególnych segmentów oraz lokalizacji przystanków. W opracowaniu [4] na podstawie przeprowadzonych analiz zarekomendowano budowę dodatkowego toru po południowej stronie istniejących, przeznaczenie dla KA dwóch południowych torów oraz wykreowanie peronów wyspowych na obu zakładanych przystankach (pomiędzy parą torów dla KA). Uwzględniono między innymi uwarunkowania terenowe oraz możliwości rozprowadzenia ruchu pociągów na krańcach średnicy, w tym w szczególności wprowadzenie KA na WG.

Wprowadzenie KA na WG od strony zachodniej (zadanie 1a, rysunek 5) uwarunkowane jest nieprzeplataniem relacji pociągów różnych segmentów. Jeżeli założy się że do obsługi KA służyć będzie peron (lub perony) na południowej stronie stacji, wtedy zasadne jest przeznaczenie południowej pary torów (czerwony - nowy i niebieski - istniejący) na estakadzie dla KA.

Zagadnienie realizacji nowych przystanków opisano na przykładzie lokalizacji przy ulicy Świdnickiej (zadanie 5, rysunek 6). Oprócz uwarunkowań przestrzennych (tu dla zapewnienia miejsca na przystanek oraz nowy tor - dodatkowo odsunięty od dzisiejszej estakady z uwagi na peron) konieczne będzie wyburzenie tylko jednego budynku. Poza powyższym istnieją rezerwy terenowe utrzymywane z uwagi na „długowieczność” koncepcji rozbudowy estakady.

Istotnym zagadnieniem jest również integracja z innymi środkami transportu publicznego (miejskiego), w przypadku przystanku Świdnicka - z tramwajami. W poprzek średnicy kolejowej przebiegają ważne trasy łączące południe miasta z centrum. Równoległe do średnicy prowadzona jest m.in. okólna trasa linii 0. Proponuje się budowę nowego przystanku tramwajowego po południowej stronie estakady i tym samym rozbudowę węzła przystanków tramwajowych na skrzyżowaniu Świdnicka - Piłsudskiego. Odpowiednia konfiguracja wejść na peron kolejowy pozwoli na wy-



5. Szczegóły zadania 1a [4]

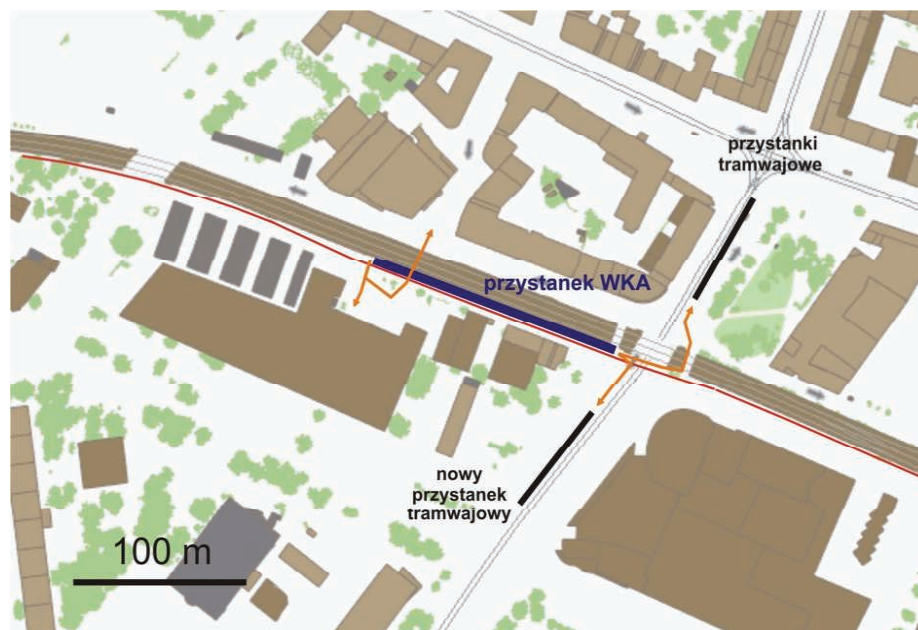
godne i szybkie przesiadki pomiędzy pociągami a tramwajami.

Podsumowanie

Dla WWK proponowanych jest wiele inwestycji. Z uwagi na potrzebę zapewnienia stosownej przepustowości w centralnej części węzła jako kluczowe wydają się działania związane z rozbudową centralnego odcinka średnicowego lub wykreowaniem nowej średnicy. Autorzy cytowanych tu analiz (oraz niniejszego artykułu) widzą potrzebę zarówno rozbudowy estakady, jak i budowy (czy choćby podjęcia dyskusji) nowej (prawdopodobnie podziemnej) średnicy. Przykład Lipska lub Monachium pokazuje, że uruchomienie dwutorowego tunelu średnicowego wiąże się po iluś latach eksploatacji z wyczerpaniem przepustowości [1] [11]. Zatem, w dłuższej perspektywie czasowej, również w WWK potrzebna będzie więcej jak jedna średnica. Potencjał dla intensyfikacji przewozów KA jest w aglomeracji wrocławskiej ogromny [6]. Konieczne jest zaplanowanie szeregu inwestycji ze wskazaniem na kolejność realizacji. W opinii autorów, jako pierwszoplanowa proponowana jest rozbudowa estakady według zasad przedstawionych w niniejszym artykule. Druga (tunelowa) średnica może być zrealizowana w późniejszym czasie. Za powyższym przemawiają aspekty ekonomiczne (stosunek korzyści do kosztów) oraz potencjalny czas realizacji inwestycji i uzyskania jej efektów. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Bogdanowicz A., "W Monachium powstanie drugi tunel średnicowy S-Bahn", Rynek Kolejowy, 31.10.2016, <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/w-monachium-powstanie-drugi-tunel-srednicowy-sbahn-78817.html>
- [2] Korzeń M. „Koncepcja tunelu dla SKM we Wrocławiu”. Praca dyplomowa magisterska, opiekun I. Gisterek, Politechnika Wrocławska,



6. Szczegóły zadania 5 [4]

- 2021 r.
- [3] Kruszyna M., „Propozycja wprowadzenia odcinków podziemnych w transporcie zbiorowym Wrocławia”, Transport Miejski i Regionalny. 2015, nr 12
- [4] Kruszyna M., Makuch J., Popiołek A., Gasz K. „Koncepcja rozwoju pasażerskiego transportu kolejowego w Aglomeracji Wrocławskiej poprzez uruchomienie Wrocławskiej Kolei Aglomeracyjnej. Raporty Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Raport SPR nr 32/2017.
- [5] Kruszyna M. „Koleje miejskie i regionalne w Polsce”, Monografia, Łódź: Księży Młyn Dom Wydawniczy, 2018.
- [6] Kruszyna M., „Investment challenges pertaining to the achievement of the goals of the Mobility Policy based on the analysis of the results of traffic surveys in Wrocław”, Archives of Civil Engineering, 3/2021
- [7] Makuch J.: Dotychczasowe koncepcje uruchomienia we Wrocławiu kolei miejskiej lub aglomeracyjnej, XI Konferencja Naukowo-Techniczna „INFRASZYN”, Zakopane 18 – 20 kwietnia 2018
- [8] Makuch J.: Działania niezbędne dla uruchomienia atrakcyjnego systemu kolei aglomeracyjnej na przykładzie Wrocławia, XI Konferencja Naukowo-Techniczna „INFRASZYN” Zakopane 18 – 20 kwietnia 2018
- [9] Makuch J.: Stacja Wrocław Świebodzki jako element kolei aglomeracyjnej, XVII Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Nowoczesne Technologie i Systemy Zarządzania w Transporcie Szynowym, Zakopane 21 – 23 listopada 2018
- [10] Opis Przedmiotu Zamówienia dla przetargu nieograniczonego na wykonanie dokumentacji przedprojektowej w ramach projektu: „Wstępne Studium Wykonalności dla Wrocławskiego Węzła Kolejowego wraz z opracowaniem Studium Wykonalności dla C-E 59 – odcinek Święta Katarzyna – Wrocław Brochów – Wrocław Muchobór/Wrocław Kuźniki”. Zadanie I: „Wstępne Studium Wykonalności dla Wrocławskiego Węzła Kolejowego” (WSW WrWK). PLK 2019
- [11] Ryszka R. “City-Tunnel Leipzig – kulisy pewnego projektu”, Transport Publiczny, 21.12.2013 <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/citytunnel-leipzig--kulisy-pewnego-projektu-cz-i-961.html>

Kształtowanie toru zwrotnego z nieliniową krzywizną w rozjeździe kolejowym dla zwiększonej prędkości

Shaping the turnout diverging track with nonlinear curvature for enhanced speed



Władysław Koc

Prof.dr hab.inż.

Politechnika Gdańska, Katedra
Transportu Szynowego i Mostów

kocwl@pg.edu.pl

Streszczenie: W pracy podjęto kwestię kształtowania zmiennej krzywizny w torze zwrotnym rozjazdu kolejowego. Na podstawie wcześniejszych badań jako modelowe przyjęto rozwiązanie posiadające w strefie środkowej łuk kołowy, a w strefach skrajnych odcinki krzywizny nieliniowej o jednakowej długości oraz zerową krzywiznę na początku i końcu rozjazdu. Dokonano wyboru najkorzystniejszego rodzaju krzywizny z punktu widzenia warunków kinematycznych. Przedstawiono analityczny zapis krzywizny i kąta nachylenia stycznej na długości toru zwrotnego oraz współrzędnych kartezjańskich tegoż toru. Końcowym etapem było wyznaczenie zbioru wartości podstawowych parametrów geometrycznych, odpowiadających zadanej prędkości jazdy pociągów oraz zapewniających minimalizację długości całego rozjazdu przy zadanej rzędnej końcowej.

Słowa kluczowe: Rozjazdy kolejowe; tor zwrotny; Modelowanie krzywizny; Dobór parametrów geometrycznych

Abstract: In the paper an attempt has been made to concentrate attention on shaping the variable curvature in the diverging track of the railway turnout. Making use of some earlier studies, solutions provided with a circular arc in the mid-zone, and in the extreme regions with segments of nonlinear curvature of equal length and zero curvature at the start and end of the turnout, have been assumed as models. The most advantageous choice of the type of curvature has been made taking into account the kinematic conditions. A presentation made includes an analytical record of the curvature and the tangent inclination angle in the diverging track length and the Cartesian coordinates of the track. The final part of the paper referred to the determination of a set of some basic magnitudes relating to geometric parameters appropriate for a given speed of trains and adequate to ensure the minimization of the length of the entire turnout at a given final ordinate.

Keywords: Railway turnouts; Diverging track; Curvature modelling; Selection of geometrical parameters

Wprowadzenie

Problematyka rozjazdów kolejowych jest rozwijana w wielu publikacjach [1, 2, 4, 18, 21, 23, 24], często odnoszących się do kolei dużych prędkości [3, 20, 25, 26]. Sama konstrukcja rozjazdu ulega ciągłym modyfikacjom, jednak nadal w typowym ukształtowaniu geometrycznym toru zwrotnego w rozjeździe zwyczajnym stosuje się pojedynczy łuk kołowy bez krzywych przejściowych. Takie rozwiązanie nie jest stosowane na szlakach kolejowych i oznacza konieczność ograniczenia prędkości jazdy pociągów. Wynika to z występowania miejsc gwałtownej, skokowej zmiany rzędnych wykresu krzywizny na początku

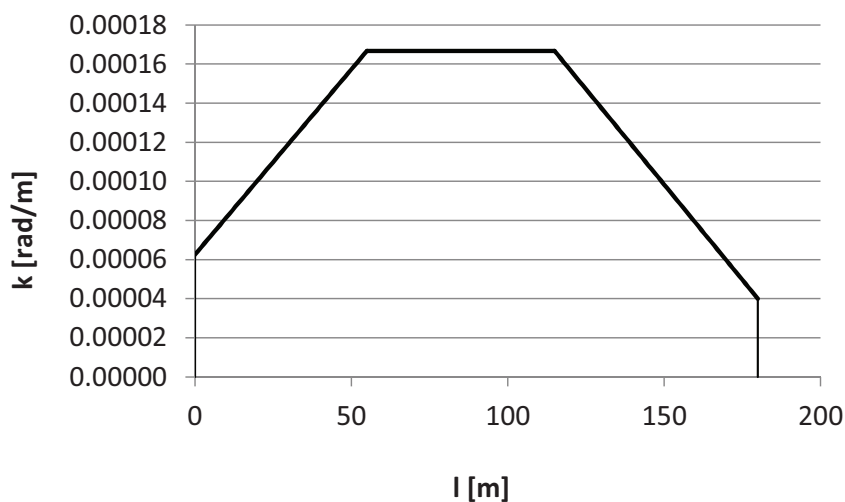
i końcu rozjazdu. W ostatnim okresie w niektórych krajach, w szczególności na kolejach dużych prędkości, dąży się do wyłagodzenia wykresu krzywizny w tych rejonach. Uzyskuje się to przez wprowadzenie tzw. „odcinków klotoidy” po obu stronach łuku kołowego, na których krzywizna zmienia się w sposób liniowy, często jednak nie osiągając w punktach skrajnych wartości zerowych [2, 3, 20, 25].

Długość toru zwrotnego zostaje tutaj podzielona na trzy strefy (rys. 1):

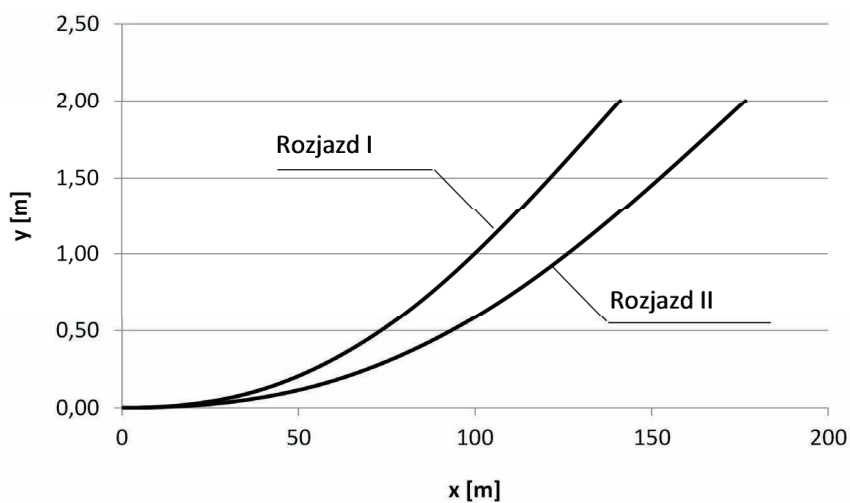
- strefę początkową o długości l_1 , posiadającą krzywiznę liniową,
- strefę środkową o długości l_2 , posiadającą krzywiznę ustaloną,
- strefę końcową o długości l_3 , posiadającą krzywiznę liniową.

Parametry kinematyczne określają wartość promienia łuku kołowego (czyli krzywiznę k_2) i długości odcinków o zmiennej krzywiznie dla zadanej prędkości jazdy pociągów. Oczywiście, możliwe są różne warianty rozwiązań, związane z wartościami krzywizny oraz długościami poszczególnych stref. Pozwala to również na dowolne kształtowanie skosu rozjazdu i jego rzędnej końcowej.

W pracy [8] przedstawiono analityczne rozwiązanie problemu dla omawianego przypadku. Zostały wyznaczone równania krzywizny $k(l)$ i kąta nachylenia stycznej $\Theta(l)$, gdzie parametr l określa położenie danego punktu na długości krzywej. Na tej



1. Wykres krzywizny z odcinkami krzywizny liniowej na długości toru zwrotnego rozjazdu ($R_1 = 16000$ m, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = 25000$ m) [8]



2. Wykresy rzędnych poziomych na długości toru zwrotnego rozjazdów I i II z tab. 1 (w skali skażonej) [8]

podstawie określono równania parametryczne $x(l)$ i $y(l)$ dla strefy początkowej i strefy końcowej oraz równanie $y(x)$ dla strefy środkowej (tj. łuku kołowego). Stosując te równania można ustalić charakterystykę dowolnego rozjazdu posiadającego odcinki krzywizny liniowej.

Pozwoliło to, między innymi, wyjaśnić kwestię ukształtowania geometrycznego dwóch wybranych rozjazdów produkowanych przez firmę Voestalpine [20]:

- Rozjazd I:
Rz 60E1-10000/4000/∞-1:39,111
 $R_1 = 10000$ m, $l_1 = 37,500$ m, $R_2 = 4000$ m, $l_2 = 48,383$ m, $l_3 = 55,225$ m, $R_3 = \infty$
- Rozjazd II:
Rz 60E1-16000/6100/∞-1:47,833
 $R_1 = 16000$ m, $l_1 = 56,000$ m, $R_2 = 6100$ m, $l_2 = 58,0624$ m, $l_3 = 62,500$

$$m, R_3 = \infty$$

Wyniki obliczeń wielkości charakterystycznych toru zwrotnego obydwu rozjazdów przedstawiono w tab. 1, zaś wykresy rzędnych poziomych pokazano na rysunku 2.

W pokazanych przykładach mamy do czynienia z sytuacją, kiedy krzywizna na końcu układu geometrycznego przyjmuje wartość zerową. Przedstawione w pracy [8] rozwiązanie obejmuje więc również takie przypadki szczególne. Uzyskana rzędna końcowa $y_k = 2,000$ m wskazuje na to, że obydwa rozjazdy są przewidziane

do stosowania w połączeniach torów równoległych na szlaku, których rozstaw wynosi 4 m. W pracy [8] przedstawiono również metodę tworzenia zadanych rozwiązań geometrycznych – uzyskanie określonego skosu rozjazdu i określonej rzędnej końcowej toru zwrotnego.

Na X Konferencji Naukowo-Technicznej „Projektowanie, budowa i utrzymanie infrastruktury w transporcie szynowym” INFRASZYN 2017 przedstawiono modyfikację omawianego rozwiązania, polegającą na analitycznym rozwiązaniu problemu przy łagodzeniu krzywizny w skrajnych strefach rozjazdu [11]. Na rysunku 3 przedstawiono wykres krzywizny na długości toru zwrotnego rozjazdu posiadającego odcinki krzywizny nieliniowej, a charakterystyki liczbowe odpowiadające rozjazdowi z rysunku 1.

Analizie porównawczej poddano przypadki ogólne występujące na rysunkach 1 i 3 oraz odpowiadające przypadki z krzywizną zerową po obu stronach układu, powstałe po przyjęciu $k_1 = k_3 = 0$. Wykaz tych przypadków był następujący:

- rozjazd I (z odcinkami krzywizny liniowej)
 $R_1 = 16000$ m, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = 25000$ m,
- rozjazd II (z odcinkami krzywizny liniowej)
 $R_1 = \infty$, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = \infty$,
- rozjazd III (z odcinkami krzywizny nieliniowej)
 $R_1 = 16000$ m, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = 25000$ m,
- rozjazd IV (z odcinkami krzywizny nieliniowej)
 $R_1 = \infty$, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = \infty$.

Zbiorcze wykresy krzywizny toru zwrotnego na długości wymienio-

Tab. 1. Zestawienie wielkości charakterystycznych dla wybranych rozjazdów

	$l = l_1$			$l = l_1 + l_2$			$l = l_1 + l_2 + l_3$		
	$x(l)$ [m]	$y(l)$ [m]	$\theta(l)$ [rad]	$x(l)$ [m]	$y(l)$ [m]	$\theta(l)$ [rad]	$x(l)$ [m]	$y(l)$ [m]	$\theta(l)$ [rad]
I	37,499	0,105	0,00656	85,878	0,716	0,01866	141,088	2,000	0,02556
II	55,999	0,151	0,00634	114,058	0,795	0,01586	176,546	2,000	0,02098

nych rozjazdów pokazano na rysunku 4.

Omawiana problematyka była również podejmowana w pracach [9, 10, 12, 13].

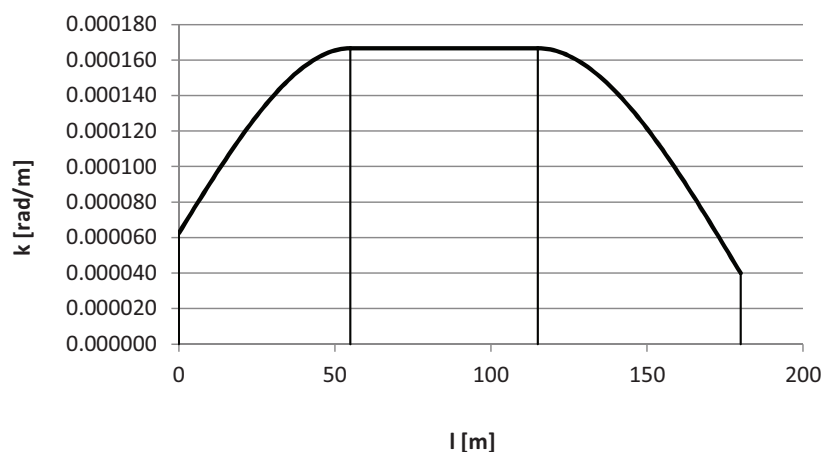
Poszukiwanie rozwiązania najkorzystniejszego

W tym miejscu narzuca się jednak kluczowe pytanie: jaki zestaw wartości charakteryzujących rozpatrywany rozjazd, tj. k_1 , k_2 i k_3 oraz l_1 , l_2 i l_3 , jest w danej sytuacji najkorzystniejszy? Liczbę możliwych wariantów zawęży w znacznym stopniu analiza dynamiczna przedstawiona w pracach [16, 17].

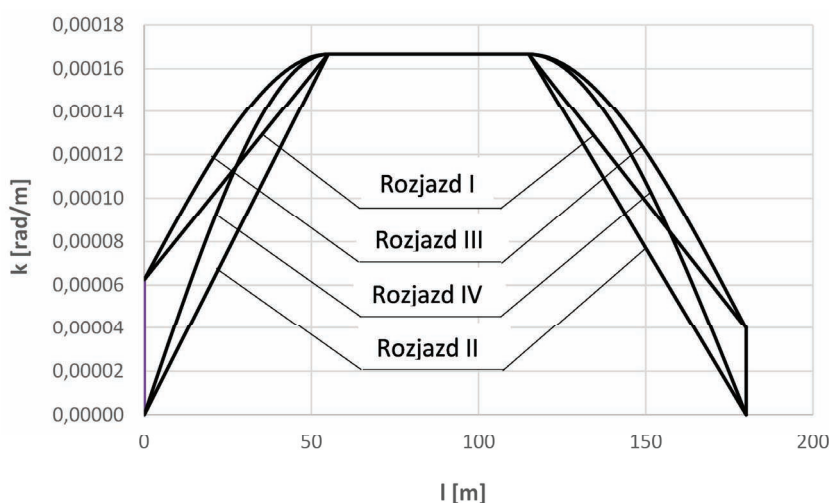
W analizie tej rozpatrzono kilkanaście przypadków zastosowania odcinków krzywizny liniowej i nieliniowej. Zdecydowanie najkorzystniejszym rozwiązaniem, tj. charakteryzującym się najmniejszymi wartościami oddziaływań dynamicznych (przyspieszeń), okazał się przypadek z odcinkami krzywizny nieliniowej o jednakowej długości oraz zerową krzywizną na początku i końcu rozjazdu. Na rysunku 5 przedstawiono przykładowy wykres krzywizny na długości toru zwrotnego rozjazdu dla tego właśnie przypadku. W porównaniu do wykresów modelowych na rysunkach 1 i 3 liczba wielkości sterujących występujących na rysunku 5 zmniejszyła się o połowę. Można też tutaj zmodyfikować podział długości toru zwrotnego rozjazdu na poszczególne strefy:

- strefę początkową, która ma długość l_1 oraz krzywiznę zmieniającą się nieliniowo od zera do wartości $k = 1/R$,
- strefę środkową, która ma długość l_2 oraz krzywiznę ustaloną o wartości $k = 1/R$,
- strefę końcową, która ma długość l_1 oraz krzywiznę zmieniającą się nieliniowo od wartości $k = 1/R$ do zera.

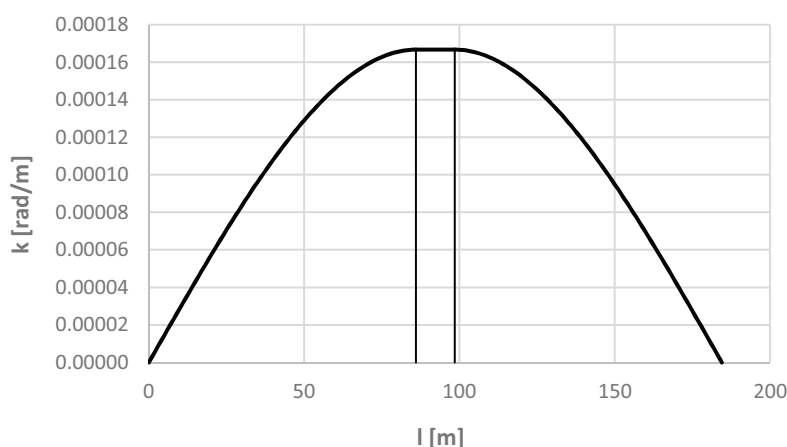
W niniejszej pracy przedstawiono pełne rozwiązanie omawianego problemu. Wymagało to określenia charakteru zmienności krzywizny w skrajnych strefach toru zwrotnego rozjazdu. Modelowanie odcinków zmiennej



3. Wykres krzywizny z odcinkami krzywizny nieliniowej na długości toru zwrotnego rozjazdu ($R_1 = 16000$ m, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = 25000$ m) [11]



4. Wykresy krzywizny na długości toru zwrotnego porównywanych rozjazdów ($R_1 = 16000$ m, $l_1 = 55$ m, $R_2 = 6000$ m, $l_2 = 60$ m, $l_3 = 65$ m, $R_3 = 25000$ m) [11]



5. Korzystny wykres krzywizny z odcinkami nieliniowymi na długości toru zwrotnego rozjazdu ($k_1 = 0$, $l_1 = 86$ m, $k_2 = 1/6000$ rad/m, $l_2 = 12,484$ m, $l_3 = 86$ m, $k_3 = 0$) [17]

krzywizny na długości toru zwrotnego rozjazdu pozwala stworzyć jej zapis analityczny w postaci funkcji $k(l)$. Następnym etapem jest wyznaczenie zbioru wartości liczbowych R , l_1 i l_2 , odpowiadających zadanej prędkości jazdy pociągów oraz zapewniających minimalizację długości całego rozjazdu (przy zadanej rzędnej końcowej).

Równania współrzędnych szukanego połączenia możemy zapisać w postaci parametrycznej [5]:

$$x(l) = \int \cos \Theta(l) dl \quad (1)$$

$$y(l) = \int \sin \Theta(l) dl \quad (2)$$

Analityczne rozwiązanie problemu

Rozwiązanie problemu dla strefy początkowej

Zastosowanie odcinków krzywizny nieliniowej oznacza, że w strefie początkowej (dla $l \in <0, l_1>$) obowiązują następujące warunki brzegowe:

$$\begin{cases} k(0) = 0 & k(l_1) = k \\ k'(0) = C \frac{k}{l_1} & k'(l_1) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

równanie różniczkowe

$$k^{(4)}(l) = 0 \quad (4)$$

przy czym współczynnik liczbowy $C \geq 0$.

W wyniku rozwiązania problemu różniczkowego (3), (4) otrzymujemy następujące równanie krzywizny:

$$k(l) = \frac{Ck}{l_1} l - \frac{(2C-3)k}{l_1^2} l^2 + \frac{(C-2)k}{l_1^3} l^3 \quad (5)$$

a funkcja kąta nachylenia stycznej $\Theta(l)$ jest opisana zależnością

$$\Theta(l) = \frac{Ck}{2l_1} l^2 - \frac{(2C-3)k}{3l_1^2} l^3 + \frac{(C-2)k}{4l_1^3} l^4 \quad (6)$$

Na końcu strefy początkowej $\Theta(l_1) = ((6+C)/12)kl_1$.

Kwestia doboru wartości współczynnika C została rozpatrzona w pracy [12]. Dokonując wyboru najkorzystniejszej spośród krzywych parametrycznych, należy w pierwszym rzędzie kierować się kryterium najmniejszej wymaganej długości, limitowanej przez dopuszczalną wartość przyrostu przyspieszenia. Dla $C = 0$ (który to przypadek odpowiada krzywej Blossa) długość odcinka skrajnego musi być o 50% większa niż dla krzywizny liniowej. Natomiast najmniejsza wartość wydłużenia (tylko o 1/3) występuje dla $C = 1$. Przyjęcie takiej wartości współczynnika C prowadzi to do następujących równań funkcji $k(l)$ i $\Theta(l)$ dla strefy początkowej:

$$k(l) = \frac{k}{l_1} l + \frac{k}{l_1^2} l^2 - \frac{k}{l_1^3} l^3 \quad (7)$$

$$\Theta(l) = \frac{k}{2l_1} l^2 + \frac{k}{3l_1^2} l^3 - \frac{k}{4l_1^3} l^4 \quad (8)$$

Funkcja $\Theta(l)$ umożliwia wyznaczenie równań parametrycznych $x(l)$ i $y(l)$ dla tej strefy poprzez wykorzystanie zależności (1) i (2). Do rozwinięcia funkcji $\cos\Theta(l)$ i $\sin\Theta(l)$ w szereg Maclaurina wykorzystano program Maxima [19], a następnie scałkowano poszczególne wyrazy, uzyskując następujące równania parametryczne:

$$x(l) = l - \frac{k^2}{40l_1^2} l^5 - \frac{k^2}{36l_1^3} l^6 + \frac{5k^2}{504l_1^4} l^7 + \frac{k^2}{96l_1^5} l^8 + \left(\frac{k^4}{3456l_1^4} - \frac{3k^2}{864l_1^6} \right) l^9 \quad (9)$$

$$y(l) = \frac{k}{6l_1} l^3 + \frac{k}{12l_1^2} l^4 - \frac{k}{20l_1^3} l^5 - \frac{k^3}{336l_1^3} l^7 - \frac{k^3}{192l_1^4} l^8 + \frac{k^3}{2592l_1^5} l^9 \quad (10)$$

Na końcu strefy kąt nachylenia stycznej $\Theta(l_1) = (7/12)kl_1$.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że przedstawione rozwiązanie odpowiada nowej postaci krzywej przejściowej, dostosowanej do kolejowych wymagań eksploatacyjnych, która została zaproponowana w pracach [14, 15].

Rozwiązanie problemu dla strefy środkowej

W strefie łuku kołowego, tj. dla $l \in <l_1, l_1 + l_2>$ występuje stała krzywizna

$$k(l) = k \quad (11)$$

a funkcja $\Theta(l)$ jest opisana zależnością

$$\Theta(l) = \frac{(C-6)k}{12} l_1 + kl \quad (12)$$

Na końcu łuku kołowego wartość kąta $\Theta(l)$ wynosi $\Theta(l_1 + l_2) = ((6+C)/12)kl_1 + kl_2$; dla współczynnika $C = 1$ wartość $\Theta(l_1 + l_2) = (7/12)kl_1 + kl_2$.

Równanie łuku kołowego można zapisać w postaci funkcji jawnej $y(x)$. Sposób jej wyznaczania jest tutaj analogiczny jak w pracach [6, 7]. Przyj-

mujemy długość łuku kołowego l_2 (mierzoną po samym łuku). Jego promień wynosi R , a nachylenie stycznej w punkcie początkowym $s_1 = \tan\Theta(l_1)$. Wyznaczamy najpierw współrzędne środka łuku – punktu $S(x_s, y_s)$.

$$x_s = x(l_1) - \frac{s_1}{\sqrt{1+s_1^2}} R \quad (13)$$

$$y_s = y(l_1) + \frac{1}{\sqrt{1+s_1^2}} R \quad (14)$$

Równanie łuku kołowego jest następujące:

$$y(x) = y_s - \sqrt{R^2 - (x_s - x)^2}, \quad x \in \langle x(l_1), x(l_1 + l_2) \rangle \quad (15)$$

Ponieważ kąt zwrotu stycznych łuku kołowego wynosi $\alpha = l_2/R$, wzór na kąt nachylenia stycznej do łuku na jego końcu, tj. dla $x(l_1 + l_2)$, można również zapisać jako $\Theta(l_1 + l_2) = \Theta(l_1) + \alpha$. Wynika stąd wartość nachylenia stycznej w tym punkcie $s_2 = \tan[\Theta(l_1) + \alpha]$. Współrzędne końca łuku kołowego są następujące:

$$x(l_1 + l_2) = x(l_1) + \tan \frac{\alpha}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1+s_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{1+s_2^2}} \right) R \quad (16)$$

$$y(l_1 + l_2) = y(l_1) + \tan \frac{\alpha}{2} \left(\frac{s_1}{\sqrt{1+s_1^2}} + \frac{s_2}{\sqrt{1+s_2^2}} \right) R \quad (17)$$

Rozwiązanie problemu dla strefy końcowej

Przyjmujemy warunki brzegowe

$$\begin{cases} k(l_1 + l_2) = k & k(2l_1 + l_2) = 0 \\ k'(l_1 + l_2) = 0 & k'(2l_1 + l_2) = -C \frac{k}{l_1} \end{cases} \quad (18)$$

i równanie różniczkowe (4). Rozwiązanie problemu różniczkowego (4), (18) jest następujące:

$$k(l) = c_1 + c_2 l + c_3 l^2 + c_4 l^3 \quad (19)$$

gdzie

$$c_1 = \left[1 - \frac{3-C}{l_1^2} (l_1 + l_2)^2 - \frac{2-C}{l_1^3} (l_1 + l_2)^3 \right] k$$

$$c_2 = \left[\frac{2(3-C)}{l_1^2} (l_1 + l_2) - \frac{3(2-C)}{l_1^3} (l_1 + l_2)^2 \right] k$$

$$c_3 = - \left[\frac{3-C}{l_1^2} + \frac{3(2-C)}{l_1^3} (l_1 + l_2) \right] k$$

$$c_4 = \frac{2-C}{l_1^3} k$$

Równanie kąta nachylenia stycznej ma postać

$$\Theta(l) = c_0 + c_1 l + \frac{1}{2} c_2 l^2 + \frac{1}{3} c_3 l^3 + \frac{1}{4} c_4 l^4 \quad (20)$$

gdzie

$$c_0 = \left[\frac{C-6}{12} l_1 + \frac{3-C}{3l_1^2} (l_1 + l_2)^3 + \frac{2-C}{4l_1^3} (l_1 + l_2)^4 \right] k$$

Na końcu krzywej wartość kąta $\Theta(l)$ wynosi $\Theta(2l_1 + l_2) = ((6+C)/6)kl_1 + kl_2$; dla współczynnika $C = 1$ wartość $\Theta(2l_1 + l_2) = (7/6)kl_1 + kl_2$.

Dla $C = 1$ wartości współczynników liczbowych wynoszą:

$$c_0 = \left[-\frac{5}{12} l_1 + \frac{2}{3l_1^2} (l_1 + l_2)^3 + \frac{1}{4l_1^3} (l_1 + l_2)^4 \right] k$$

$$c_1 = \left[1 - \frac{2}{l_1^2} (l_1 + l_2)^2 - \frac{1}{l_1^3} (l_1 + l_2)^3 \right] k$$

$$c_2 = \left[\frac{4}{l_1^2} (l_1 + l_2) - \frac{3}{l_1^3} (l_1 + l_2)^2 \right] k$$

$$c_3 = - \left[\frac{2}{l_1^2} + \frac{3}{l_1^3} (l_1 + l_2) \right] k$$

$$c_4 = \frac{1}{l_1^3} k$$

Po rozwinięciu funkcji $\cos\Theta(l)$ i $\sin\Theta(l)$ w szereg Taylora z wykorzystaniem programu Maxima [19] i scałkowaniu poszczególnych wyrazów otrzymujemy równania parametryczne:

$$x(l) = x(l_0) + \cos\Theta_0 (l - l_0) - \frac{k}{2} \sin\Theta_0 (l - l_0)^2 - \frac{k^2}{6} \cos\Theta_0 (l - l_0)^3 + \frac{k^3}{24} \sin\Theta_0 (l - l_0)^4 + \frac{k^4}{120} \cos\Theta_0 (l - l_0)^5 \quad (21)$$

$$y(l) = y(l_0) + \sin\Theta_0 (l - l_0) + \frac{k}{2} \cos\Theta_0 (l - l_0)^2 - \frac{k^2}{6} \sin\Theta_0 (l - l_0)^3 - \frac{k^3}{24} \cos\Theta_0 (l - l_0)^4 + \frac{k^4}{120} \sin\Theta_0 (l - l_0)^5 \quad (22)$$

gdzie $l_0 = l_1 + l_2$, $\Theta_0 = \Theta(l_1 + l_2)$.

Tab. 2. Zestawienie wielkości charakterystycznych dla generowanych wariantów przy zwiększaniu promienia łuku kołowego

R [m]	l_1 [m]	l_2 [m]	lk [m]	$\Theta(l_k)$ [rad]	n	$x(l_k)$ [m]	$y(l_k)$ [m]
1800	146	0	292	0,09463	10,53595	291,362	15,177
2000	131	0	262	0,07642	13,06067	261,627	11,002
2200	119	0	238	0,06319	15,82530	237,769	8,256
2400	109	0	218	0,05299	18,85520	217,851	6,350
2600	101	0	202	0,04532	22,04995	201,899	5,034
2800	94	0	188	0,03917	25,51886	187,930	4,049
3000	88	0	176	0,03422	29,20937	175,950	3,312
3200	82	0	164	0,02990	33,43951	163,964	2,696
3400	77	0	154	0,02642	37,83906	153,974	2,238
3600	73	0	146	0,02366	42,26217	145,980	1,900
3800	69	0	138	0,02118	47,19791	137,985	1,608
4000	66	0	132	0,01925	51,94164	131,988	1,397
4200	63	0	126	0,01750	57,12702	125,991	1,213
4400	60	0	120	0,01591	62,85184	119,993	1,050
4600	57	0	114	0,01446	69,16811	113,994	0,906
4800	55	0	110	0,01337	74,80074	109,995	0,809
5000	53	0	106	0,01237	80,85841	105,996	0,721

Obowiązuje przy tym podstawowa dla każdego rozjazdu zależność

$$\tan \Theta(2l_1 + l_2) = \frac{1}{n} \quad (23)$$

Analiza wartości promienia łuku kołowego

Zakładamy prowadzenie analizy dla prędkości jazdy pociągów $V = 140$ km/h. Dla zachowania dopuszczalnej wartości przyspieszenia niezrównoważonego $a_{dop} = 0,85$ m/s², w dalszych obliczeniach przyjmujemy jako wyjściowy promień łuku kołowego $R = 1800$ m. Przyjmując dopuszczalną wartość przyrostu przyspieszenia $\psi_{dop} = 0,3$ m/s³ (jak dla pojedynczych krzywych przejściowych o krzywiznie liniowej), otrzymujemy – jako wyjściowe – długości odcinków skrajnych $l_1 = 146$ m.

Analiza wartości promienia łuku kołowego została przeprowadzona przy założeniu, że długość $l_2 = 0$. Oznacza to, że w torze zwrotnym rozjazdu część środkowa (czyli sam łuk kołowy) nie występuje, a parametr R odnosi się wyłącznie do odcinków skrajnych. Przyjęte założenie prowadzi oczywiście do skrócenia całego rozjazdu (czyli wartości l_k). Zwiększanie promienia R daje możliwość zmniejszenia długości

odcinków krzywizny nieliniowej. Skutki przeprowadzania tej operacji przedstawia tab. 2.

Dla przyjętych $R = 1800$ m i $l_1 = 146$ m otrzymujemy rozjazd o długości $l_k = 292$ m, skosie 1:10,53595 i rzędnej końcowej 15,177 m. Zwiększanie promienia R powoduje skrócenie całego rozjazdu oraz zmniejszenie zarówno jego rzędnej końcowej $y(l_k)$, jak i skosu 1:n (czyli zwiększenie wartości n). Jest to zatem operacja bardzo korzystna z punktu widzenia praktyki wykonawczej. Ponieważ jednak względy konstrukcyjne sprawiają, że rzędna końcowa toru zwrotnego i skos rozjazdu nie mogą być zbyt małe, istnieje górna granica, której wartość R nie powinna przekroczyć.

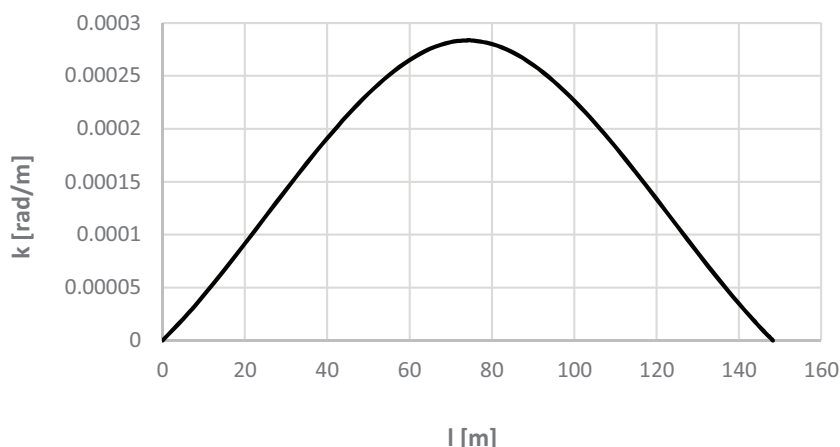
Uzyskanie wymaganej rzędnej końcowej toru zwrotnego rozjazdu

Zakładamy uzyskanie rzędnej końcowej $y(2l_1 + l_2) = 2$ m. Rozjazd o takiej rzędnej końcowej może znaleźć zastosowanie w połączeniu torów równoległych o rozstawie 4 m. Tok postępowania ma tutaj charakter iteracyjny. W tab. 3 przedstawiono warianty pozbawione strefy środkowej (dla $l_2 = 0$).

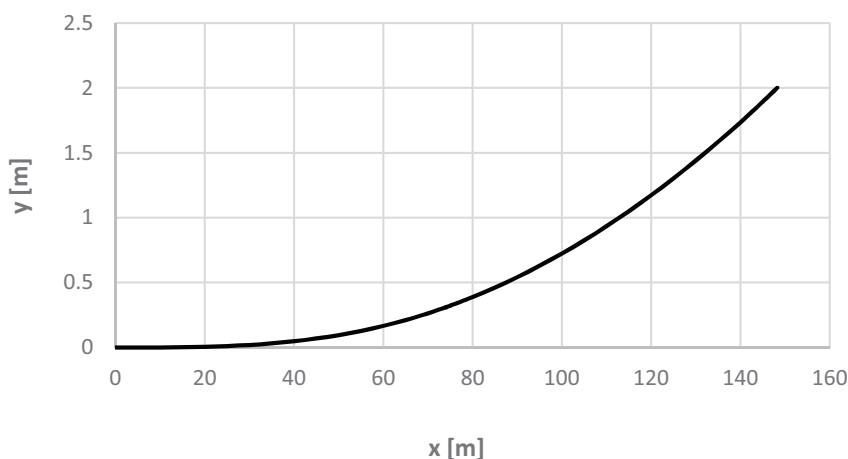
Dla przyjętych jako wyjściowe wartości $R = 1800$ m i $l_1 = 146$ m otrzymujemy rozjazd o długości $l_k = 292$ m, skosie 1:10,53595 oraz rzędnej końcowej

Tab. 3. Zestawienie wielkości charakterystycznych dla generowanych wariantów bez strefy środkowej dla uzyskania rzędnej końcowej 2 m

R [m]	l_1 [m]	l_2 [m]	lk [m]	$\theta(lk)$ [rad]	n	$x(lk)$ [m]	$y(lk)$ [m]
1800	146	0	292	0,09463	10,53595	291,362	15,177
2200	119	0	238	0,06311	15,82530	237,769	8,256
2600	101	0	202	0,04535	22,04995	201,899	5,034
3000	88	0	176	0,03422	29,20937	175,950	3,312
3400	77	0	154	0,02642	37,83906	153,974	2,238
3500	75	0	150	0,02500	39,99167	149,977	2,063
3600	73	0	146	0,02366	42,26217	145,980	1,900
3700	71	0	142	0,02239	44,66055	141,983	1,748
3510	74,48	0	148,96	0,02476	40,38610	148,938	2,028
3520	74,26	0	148,52	0,02461	40,62124	148,498	2,010
3530	74,05	0	148,1	0,02447	40,85226	148,078	1,993
3540	73,84	0	147,68	0,02433	41,08460	147,659	1,976
3525	74,16	0	148,32	0,02454	40,73384	148,298	2,0020
3526	74,14	0	148,28	0,02453	40,75640	148,258	2,0004
3527	74,12	0	148,24	0,02452	40,77897	148,218	1,9988
3528	74,1	0	148,2	0,02450	40,80155	148,178	1,9970
3526	74,133	0	148,266	0,02453	40,76025	148,244	2,000049
3526	74,132	0	148,264	0,02453	40,76080	148,242	1,999995
3526	74,131	0	148,262	0,02453	40,76135	148,240	1,999941



6. Wykres krzywizny na długości wyznaczonego toru zwrotnego rozjazdu ($R = 3526$ m, $l_1 = 74.133$ m, $l_2 = 0$)



toru zwrotnego równej 15,177 m. Tak, więc rzędna końcowa znacznie odbiega od wymaganej wartości 2 m. Jak się okazuje, podstawowym sposobem jej zmniejszenia jest zwiększenie promienia R . Stwarza to możliwość zmniejszenia długości odcinków skrajnych. W sposób iteracyjny dochodzimy do promienia $R \in \langle 3500; 3600 \rangle$ m i odpowiadającej długości $l_1 \in \langle 73; 75 \rangle$ m, dla których rzędna końcowa mieści się w przedziale $\langle 1,900; 2,063 \rangle$ m. Korygując dalej wartości R i l_1 uzyskujemy wymaganą rzędną końcową; przyjęty ostatecznie układ geometryczny rozjazdu posiada promień $R = 3526$ m i długości odcinków zmiennej krzywizny $l_1 = 74,133$ m.

Wykres krzywizny na długości wyznaczonego toru zwrotnego rozjazdu pokazano na rysunku 6, zaś wykres rzędnych toru zwrotnego w układzie współrzędnych prostokątnych na rysunku 7.

Z przeprowadzonej dalej analizy wynika, że uzyskanie założonej rzędnej końcowej przy wprowadzeniu strefy środkowej (tj. odcinka łuku kołowego) powoduje w każdym przypadku wydłużenie całego rozjazdu w stosunku do sytuacji przedstawionej w tab. 3. Dlatego też preferowanie takiego rozwiązania nie wydaje się celowe.

Podsumowanie

W torze zwrotnym typowego rozjazdu kolejowego (zwykajnego) stosuje się pojedynczy łuk kołowy bez krzywych przejściowych. Wskutek tego występują miejsca gwałtownej, skokowej zmiany rzędnych wykresu krzywizny na początku i końcu rozjazdu. W ostatnim okresie w niektórych krajach, dążąc do wygładzenia wykresu krzywizny w tych rejonach, wprowadza się tzw. „odcinki kłotojdy” po obu stronach łuku kołowego, na których krzywizna zmienia się w sposób liniowy.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej w pracach [16, 17] analizy dynamicznej wykazano, że najkorzystniejsze właściwości posiada tor zwrotny rozjazdu z nieliniowym przebiegiem krzywizny w strefie początkowej i strefie końcowej oraz zerowymi wartościami krzywizny w punktach skrajnych układu geome-

trycznego. Jednocześnie nasunęła się wątpliwość, czy ma swoje uzasadnienie występujące w praktyce wykonawczej stosowanie tzw. „odcinków kłotojdy” z niezerowymi wartościami krzywizny w punktach początkowym i końcowym toru zwrotnego.

W niniejszej pracy została przedstawiona analityczna metoda rozwiązania problemu, mająca charakter ogólny i pełny. Jako modelowe przyjęto rozwiązanie posiadające w strefie środkowej łuk kołowy, a w strefach skrajnych odcinki krzywizny nieliniowej o jednakowej długości. Dokonano wyboru najkorzystniejszego rodzaju krzywizny z punktu widzenia warunków kinematycznych. Przedstawiono analityczny zapis krzywizny i kąta nachylenia stycznej na długości toru zwrotnego rozjazdu oraz współrzędnych kartezjańskich tegoż toru.

Kończącą część pracy poświęcono analizie parametrów geometrycznych toru zwrotnego dla zadanej prędkości jazdy pociągów. Zaproponowana metoda projektowania pozwoliła na przeprowadzenie analizy wartości promienia łuku kołowego oraz uzyskania wymaganej rzędnej końcowej toru zwrotnego. Kierowano się przy tym kryterium minimalizacji długości całego rozjazdu przy zadanej rzędnej końcowej jego toru zwrotnego. ◀

Materiały źródłowe

[1] Alfí S., Bruni S.: Mathematical modelling of train-turnout interaction. *Vehicle System Dynamics*, Vol. 47, No. 5, pp. 551-574, 2009.

[2] Bugarin M. R., García Díaz-de-Villegas J. M.: Improvements in railway switches. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Rail and Rapid Transit*, Vol. 216, No. 4, pp. 275-286, 2002.

[3] Bugarin M., Orro A., Novales M.: Geometry of high speed turnouts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Dec. 2011, Vol. 2261, pp. 64-72, 2011.

[4] Esveld C.: *Modern railway track*, second ed. MRT-Productions, Zaltbommel, Netherlands, 2001.

[5] Koc W.: Design of rail-track geometric systems by satellite measurement. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 138, No. 1, pp. 114-122, 2012.

[6] Koc W.: Design of reverse curves adapted to the satellite measurements. *Advances in Civil Engineering*, Vol. 2016, Article ID 6503962.

[7] Koc W.: The analytical design method of railway route's main directions intersection area. *Open Engineering*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-9, 2016.

[8] Koc W.: Kształtowanie toru zwrotnego rozjazdu z odcinkami krzywizny liniowej. *Problemy Kolejnictwa*, Tom 61, Zesz. 174, s. 39-46, 2017.

[9] Koc W.: Modelowanie zmiennej krzywizny na długości toru zwrotnego rozjazdu. *Przegląd Komunikacyjny*, Rok 72, Nr 8, s. 9-12, 2017.

[10] Koc W.: Shaping of the turnout diverging track with variable curvature sections. *International Journal of Rail Transportation*, Vol. 5, No. 4, pp. 229-249, 2017.

[11] Koc W.: Zastosowanie odcinków nieliniowej krzywizny w torze zwrotnym rozjazdu kolejowego. *Przegląd Komunikacyjny*, Rok 72, Nr 7, s. 27-31, 2017.

[12] Koc W.: Rozjazdy z nieliniową krzywizną toru zwrotnego dla różnych prędkości jazdy pociągów. *Problemy Kolejnictwa*, Tom 62, Zesz. 181, s. 33-41, 2018.

[13] Koc W.: Optimum shape of turnout diverging track with segments of variable curvature. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, Vol. 145, Iss. 1, pp. 04018077, 2019.

[14] Koc W.: New transition curve adapted to railway operational requirements. *Journal of Surveying Engineering*, Vol. 145, Iss. 3, pp. 04019009, 2019.

[15] Koc W.: Wygładzona krzywa przejściowa dla dróg kolejowych. *Przegląd Komunikacyjny*, Rok 74, Nr 7, s. 12-17, 2019.

[16] Koc W., Palikowska K.: Dynamic analysis of the turnout diverging track for HSR with variable curva-

ture sections. *World Journal of Engineering and Technology*, Vol. 5, pp. 42-57, 2017.

[17] Koc W., Palikowska K.: Wyznaczenie optymalnej krzywizny toru zwrotnego w rozjazdach dla kolei dużych prędkości na podstawie analizy dynamicznej. *Przegląd Komunikacyjny*, Rok 72, Nr 10, s. 2-7, 2017.

[18] Lichtberger B.: *Track Compendium. Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics*. Eurailpress Tetzlaff-Hestra GmbH & Co., Hamburg, Germany, 2005.

[19] Maxima, a Computer Algebra System. [Dostęp: 30 marca 2020], dostępny na <http://maksima.sourceforge.net>.

[20] Ping W.: *Design of high-speed railway turnouts. Theory and Applications*. Elsevier Science & Technology, Oxford, United Kingdom, 2015.

[21] Ping W., Xueyi L.: *Computing theories and design methods of CWR turnout*. Southwest Jiaotong University Press, Chengdu, China, 2007.

[22] Plank B.: *Linie dużych prędkości realizowane przez VAE*. Prezentacja firmy Voestalpine GmbH, 2007.

[23] Prasad A.: Turnout design: higher diverging speed in the same footprint. *Proceedings of the AREMA 2011 Annual Conference*, September 18-21, 2011, Minneapolis, USA.

[24] Sadeghi J., Masnabadi A., Mazraeh A.: Correlations among railway track geometry, safety and speeds. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport*, Vol. 169, No. 4, pp. 219-229, 2016.

[25] Technical Memorandum: *Alignment design standards for high-speed train operation*. Parsons Brinckerhoff for the California High-Speed Rail Authority, USA, 2009.

[26] Weizhu F.: Major technical characteristics of high-speed turnout in France. *Journal of Railway Engineering Society*, Vol. 26, No. 9, pp. 18-35, 2009.



**WROCŁAWSKA RADA FEDERACJI STOWARZYSZEŃ
NAUKOWO - TECHNICZNYCH NOT**



INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH
ULEPSZAMY KAŻDĄ TECHNOLOGIĘ



Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP

Oddział we Wrocławiu



**DOLNY
ŚLĄSK**

**PATRONAT HONOROWY MARSZAŁKA WOJEWÓDZTWA
DOLNOŚLĄSKIEGO CENZAREGO PRZYBYLSKIEGO**

mają zaszczyt zaprosić
na
Konferencję Naukowo – Techniczną

**BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE
W GOSPODARCE
WYMIAR EKONOMICZNY - STRATEGICZNY - SPOŁECZNY**

Jelenia Góra 18 – 19 listopada 2021 r.

Szanowni Państwo!

**Organizatorzy Konferencji Naukowo-Technicznej pt.:
WSPÓŁLISTNIENIE DRÓG I LOTNISK
Z INFRASTRUKTURĄ TOWARZYSZĄCĄ I OTOCZENIEM
Jelenia Góra, 20-22 października 2021 r.**

składają propozycję sponsorowania w/w konferencji wg następującego schematu:

SPONSOR GENERALNY – jedno miejsce

- przyznanie firmie tytułu SPONSOR GENERALNY – na wyłączność
- logotyp sponsora na wszystkich materiałach dotyczących konferencji, w tym na zaproszeniach oraz zamieszczanych w internecie
- wyczytanie sponsora przez prowadzącego
- przedstawienie działalności firmy (2 min.) - przez prowadzącego
- powitanie gości - krótkie przemówienie przedstawiciela sponsora
- roll-up na sali konferencyjnej i w holu
- możliwość wystąpienia z prezentacją firmy podczas konferencji (20 min. sesja do wyboru)
- stoisko o pow. 4 m kw.
- bezpłatny udział w konferencji dla 3 przedstawicieli firmy (z wyjątkiem kosztów noclegu)
- reklama na okładce wydawnictwa z referatami konferencyjnymi (A4 – kolor)

Koszt pakietu: 20 000 zł + 23% VAT

SPONSOR GŁÓWNY – trzy miejsca

- logotyp sponsora na wszystkich materiałach dotyczących konferencji, w tym na zaproszeniach oraz zamieszczanych w internecie
- wyczytanie sponsora przez prowadzącego
- roll-up na sali konferencyjnej
- możliwość wystąpienia z prezentacją firmy podczas konferencji (10 min. sesja do wyboru)
- możliwość wyłożenia materiałów promocyjnych w holu konferencji
- reklama wewnątrz wydawnictwa z referatami konferencyjnymi (A4-kolor)
- bezpłatny udział w konferencji dla 2 przedstawicieli firmy (z wyjątkiem kosztów noclegu)

Koszt pakietu: 10 000 zł + 23% VAT

SPONSOR

- logotyp sponsora na wszystkich materiałach dotyczących konferencji, w tym na zaproszeniach oraz zamieszczanych w internecie
- wyczytanie sponsora przez prowadzącego
- roll-up w sali konferencyjnej
- możliwość wyłożenia materiałów promocyjnych w holu konferencji
- bezpłatny udział w konferencji dla 1 przedstawiciela firmy (z wyjątkiem kosztów noclegu)

Koszt pakietu: 5 000 zł + 23% VAT

Realizacja sponsorowania odbywać się będzie na podstawie umowy pomiędzy organizatorem, a firmą sponsorującą.

Zgłoszenia: wroclaw@sitkrp.org.pl

Informacje, negocjacje: Wiesław Murawski, tel. 71 343 18 74, kom. 535 799 133

Z poważaniem:

Prezes Zarządu Wrocławskiego Oddziału SITK RP
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego Konferencji
/-/ dr hab. inż. Marek Krużyński
Wrocław, marzec 2020 r.



Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
Oddział we Wrocławiu



Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad



INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH
ULEPSZAMY KAŻDĄ TECHNOLOGIĘ

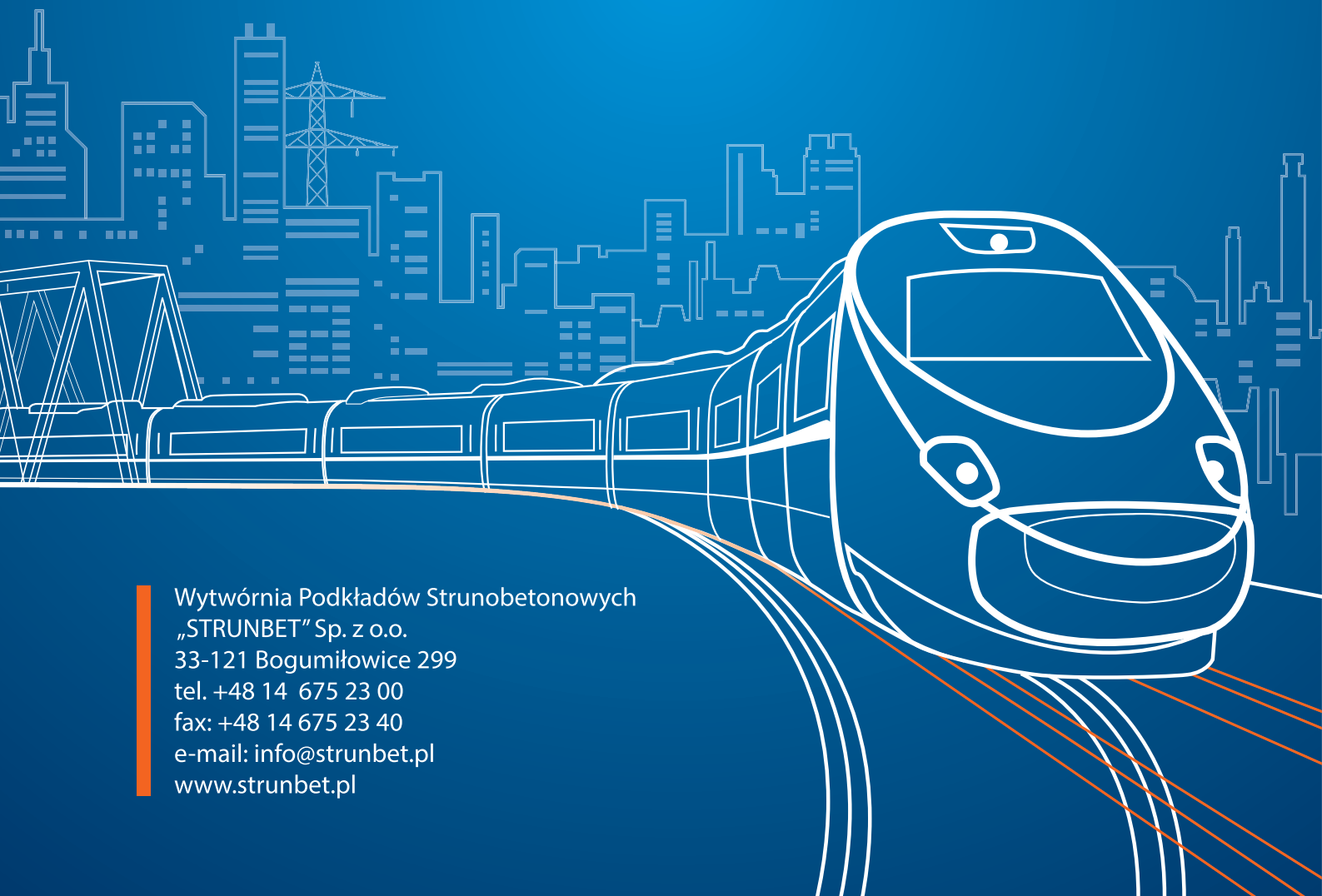


Politechnika
Wrocławska



Wytwórnia Podkładów Strunobetonowych STRUNBET Sp. z o.o.

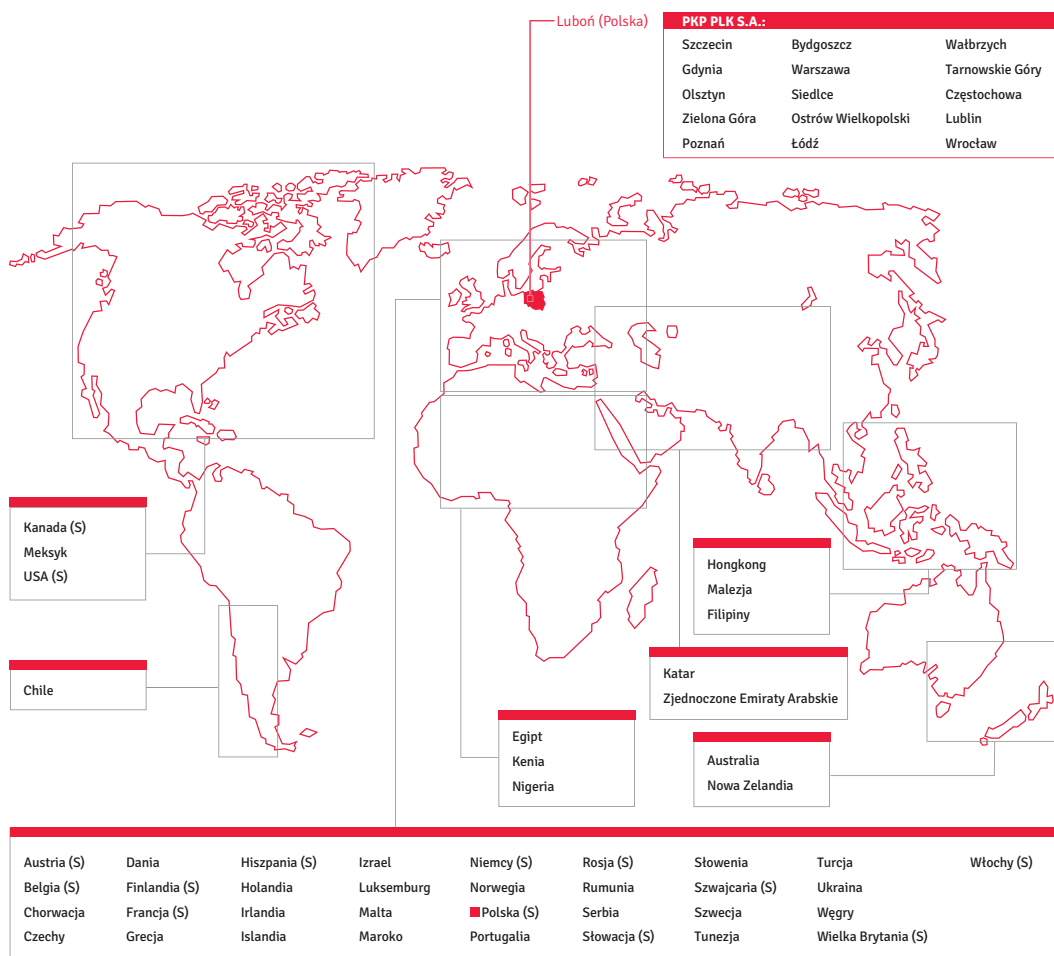
- Podrozdżadnice strunobetonowe
- Podkłady kolejowe strunobetonowe
- Podkłady tramwajowe strunobetonowe
- Podkłady podsuwnicowe PS-D-N i PS-D-W
- Podkłady wzdłużne tramwajowe
- Płyty żelbetowe



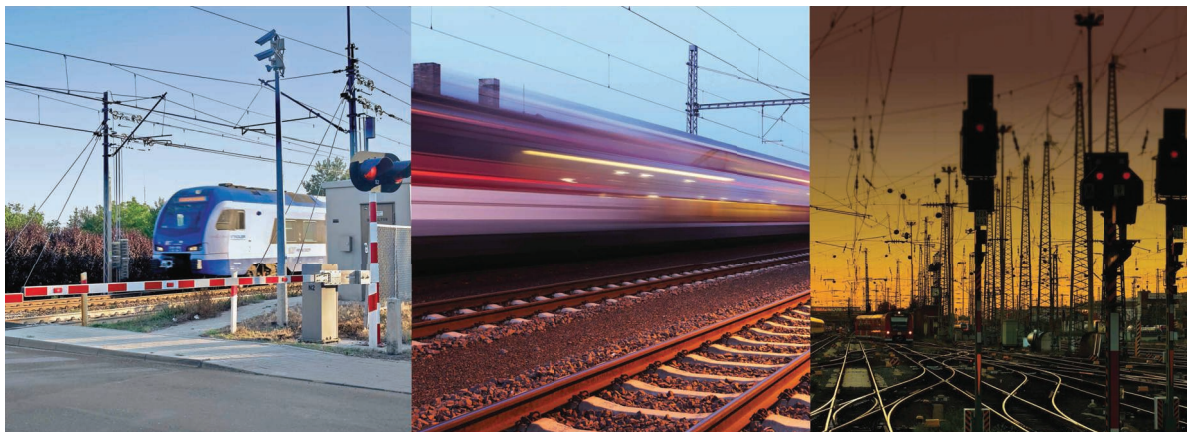
Wytwórnia Podkładów Strunobetonowych
„STRUNBET” Sp. z o.o.
33-121 Bogumiłowice 299
tel. +48 14 675 23 00
fax: +48 14 675 23 40
e-mail: info@strunbet.pl
www.strunbet.pl

PONAD 140 LAT

tradycji i doświadczenia w dostarczaniu
kompleksowych rozwiązań systemowych dla kolei



S = Spółka córka



www.scheidt-bachmann.pl
sbp@scheidt-bachmann.pl

TOROMIERZ INERCYJNY iTEC

Dokładny pomiar strzałek



www.graw.com

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łańcuch
58-130 Żarów



REKMA Sp. z o.o.

ul. Szlachecka 7

32-080 Brzezie

tel. +48 12/633 59 22

fax +48 12/397 52 20

www.rekma.pl

- Dylatacje bitumiczne EDM typ Rekma
- Dylatacje mechaniczno-asfaltowe
SILENT-JOINT^{RESA}
- Szczeliny dylatacyjne w nawierzchniach betonowych i asfaltowych
- Naprawa spękań nawierzchni
- Specjalistyczne cięcie nawierzchni betonowych i asfaltowych
- Wypełnianie szczelin dylatacyjnych w torowiskach tramwajowych
- Natrysk środkami hydrofobowymi i hydrofilowymi
- Rowkowanie (grooving) nawierzchni
- Specjalistyczne wiercenie otworów pod kotwy i dyble
- Kruszenie nawierzchni betonowych metodą ultradźwiękową – RMI



SPECJALISTYCZNE PRACE DROGOWE

Największy projekt inwestycyjny Szybkiej Kolei Miejskiej

Zakup pojazdów IMPULS 2

21 x 

liczba pojazdów

668 MLN PLN 

wartość inwestycji

czerwiec
2022 

w rozkładzie jazdy od

newac
GROUP

producent



dostęp do Wi-Fi



ładowarki USB



defibrylatory AED



przestrzeń na wózek, bagaż, rower



SMCV

SYSTEM POMIARU OBCIĄŻEŃ PIONOWYCH

System wagowy umożliwiający przeprowadzanie pomiaru obciążenia pionowego wywieranego przez każde pojedyncze koło taboru jadącego po torze z zainstalowanymi urządzeniami pomiarowymi.

Celem systemu jest monitorowanie taboru przejeżdżającego na określonym odcinku linii lub wyjeżdżającego ze stacji. Umożliwia to wskazanie przypadków nadmiernego i/lub dysproporcjonalnego obciążenia pionowego oraz ocenę geometrii kół.

SMCV to gwarancja kontroli jakości i zwiększenia bezpieczeństwa w kolejowych przewozach ładunków.

TransComfort
Bezpieczeństwo i wygoda w ruchu

MMR
TRADING POLSKA

TransComfort
ul. Hutnicza 25 DE, 81-061 Gdynia

T: 58 627 49 27
biuro@transcomfort.pl

transcomfort.pl