



Temat specjalny

# Podtorze i nawierzchnia torowa – istotne elementy drogi kolejowej

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

**LIEBHERR**

**PORR**

 **SOLETANCHE**

**TITAN POLSKA**

Stabilność i trwałość infrastruktury kolejowej – w tym podtorza i nawierzchni torowej – w ogromnym stopniu wpływają na bezpieczeństwo ruchu. Te cechy elementów drogi kolejowej są uzyskiwane m.in. przez dobór odpowiednich materiałów i zastosowanie właściwej technologii budowy. Wprowadzanie na rynek najwyższej jakości rozwiązań dla przemysłu kolejowego, także w zakresie konstrukcji nawierzchni kolejowych i podtorza, umożliwia zwiększenie nośności i trwałości dróg kolejowych.



foto: altitudedrone, Adobe Stock

Podtorze kolejowe to budowla ziemna, wykonana jako nasyp lub przekop. Podlega oddziaływaniom eksploatacyjnym i wpływom klimatu, a przy tym pełni funkcję fundamentu, na którym układa się nawierzchnię torową, będącą podstawowym elementem infrastruktury technicznej kolei.

### Charakterystyka podtorza kolejowego

W skład podtorza wchodzi urządzenia, które zabezpieczają i ochraniają jego poszczególne elementy, a także urządzenia odwadniające. Główną rolą podtorza jest przejęcie obciążeń statycznych i dynamicznych, przekazywanych na torowisko przez nawierzchnię torową, pochodzących z oddziaływania przejeżdżającego taboru oraz od masy samej nawierzchni. Podtorze nie może przy tym ulegać trwałym odkształceniom. Kolejnym zadaniem podtorza jest tłumienie drgań wzbudzanych przez przejeżdżające pociągi.

Ponieważ podtorze jest narażone na długotrwałe działanie czynników atmosferycznych, zwłaszcza wody, jego konstrukcja powinna zapewniać mu nie tylko stateczność, ale także odporność na działanie tych czynników. Ponadto musi gwarantować szybkie i skuteczne odwodnienie podsypki oraz ochronę budowli ziemnej przed przemarzaniem.

W zależności od parametrów eksploatacyjnych linii górna część podtorza projektuje się przy założeniu trwałości na 30–50 lat. Torowisko musi spełniać wymagania związane z odpowiednią nośnością, sztywnością, trwałością i jednorodnością. W zależności od prędkości i natężenia przewozów wtórny moduł odkształcenia E2 torowiska na poziomie wierzchu warstwy ochronnej powinien wynosić od 80 do 120 MPa.

W najkorzystniejszej opcji podtorze jest wykonane z gruntów nośnych: kamienistych, żwirów, pospółki i piasku. Wówczas grubość warstwy ochronnej może wynosić 15 cm. Nie zawsze jednak takie grunty występują w podtorzu. Szczególnie w przy-

padku gruntów spoistych tak wysokie parametry nośności na torowisku są trudno lub nieosiągalne. W razie niskiej nośności gruntów w podtorzu należy stosować warstwy ochronne o większej grubości, rzędu 30–50 cm [1].

### Zasady budowy i wzmocnienia podtorza

Grunty do budowy podtorza jako materiał budowlany muszą spełniać określone wymagania. Przy budowie (naprawie) podtorza zaleca się po pierwsze rozważenie przydatności gruntów miejscowych, w tym także tych odzyskanych z przekopów oraz gruntów uzdatnionych, po drugie, warto wykorzystać odpady przemysłowe i wreszcie – grunty z dodatkowych ukopów. Przy budowie nasypów podkreśla się wagę pewnego i trwałego położenia nasypu na powierzchni terenu. Zaleca się, aby powierzchnia ta była pozioma lub tylko nieznacznie pochylona. Przy większym pochyleniu nasyp należy zabezpieczyć przed zsunieniem się po terenie. Również skarpy podtorza muszą mieć pochylenie zapewniające stateczność.

Istotną kwestią jest odwodnienie, któremu podlegają wszystkie budowle i urządzenia kolejowe. W zakresie podtorza odwodnienie oznacza właściwe ułożenie przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych gruntów w budowlu wraz z nadaniem jej odpowiedniego kształtu oraz wbudowanie niezbędnych urządzeń odwadniających. Podkreśla się szczególną rolę odwadniania jako jednego z podstawowych sposobów zwiększania wytrzymałości gruntów i stateczności podtorza. Podtorze odwadnia się w zasadzie powierzchniowo, przez odpowiednie kształtowanie jego powierzchni i stosowanie w miarę potrzeby pokryć filtracyjnych i szczelnych, rowów i płytowych drenaży podziemnych [2].

Modernizacja lub naprawa podtorza polega na realizowaniu trzech głównych celów. Jednym z nich jest poprawa stanu podtorza zbudowanego w przeszłości, według ówczynie

## Elementy podtorza [5]

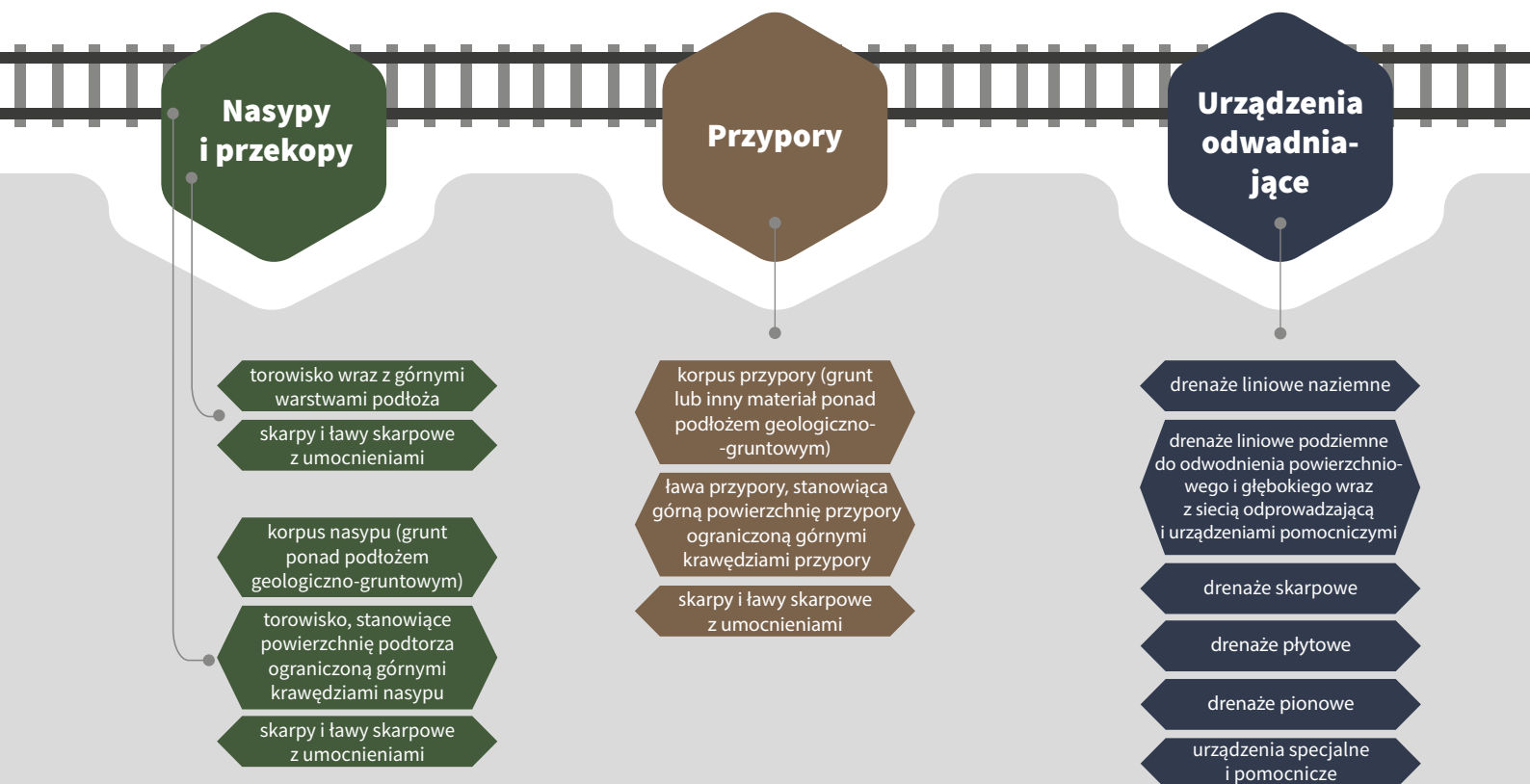




foto: Octavian, Adobe Stock

obowiązujących przepisów i metod budowy. Kolejnym celem tych działań jest usunięcie skutków wieloletniej eksploatacji i wreszcie dostosowanie podtorza do nowych warunków eksploatacyjnych, np. większych prędkości czy nacisków osiowych i przewozów.

Podstawowym zabiegiem modernizacyjnym lub naprawczym podtorza jest wzmocnienie jego górnej strefy warstwą ochronną oraz poprawa warunków odwodnienia, które wykonuje się, o ile w eksploatacji podtorze nie wykazuje oznak niestępczości oraz gdy nie następuje zmiana układu geometrycznego drogi. Wbudowanie warstwy ochronnej polega na wymianie zużytych materiałów i gruntów stanowiących górną strefę podtorza przed przebudową. Nową konstrukcję z gruntów naturalnych lub kamienia łamanego, w razie konieczności zawierającą geokompozyty, buduje się na wcześniej przygotowanym podtorzu. Konstrukcja ta zastępuje dotychczasową górną strefę podtorza.

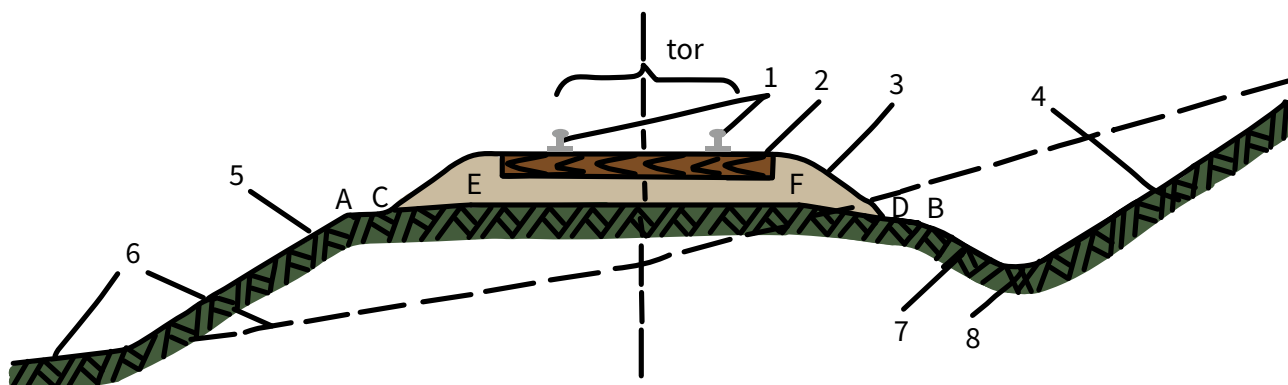
Podczas modernizacji lub naprawy podtorza, po usunięciu części istniejącego podtorza i po przygotowaniu powierzchni dla zbudowania warstwy ochronnej, weryfikuje się projekt jej konstrukcji. Polega to na porównaniu wartości parametrów gruntów przyjętych w projekcie z ich rzeczywistymi wartościami, określonymi w badaniach geotechnicznych wykonywanych na budowie, na poziomie posadowienia warstwy ochronnej. W przypadku rozbieżności, aby osiągnąć projektową nośność układu podtorze – warstwa ochronna, podejmuje się odpowiednie działania. Jednym z nich jest zastosowanie równoważnej konstrukcji wzmacniającej. Innym rozwiązaniem jest poprawa właściwości gruntów podtorza, np. przez ich stabilizację spoiwami hydraulicznymi [3].

Wzmacnianie i modyfikowanie podłoża gruntowego, prowadzące docelowo do zwiększenia nośności, realizuje się na wiele sposobów dzięki współczesnej geoinżynierii. Do podstawowych metod w tym zakresie należą m.in. zagęszczanie statyczne i dynamiczne oraz wymiana gruntów – płytką lub głęboką (np. pale piaskowe i żwirowe, kolumny kamienne, kolumny żwi-

rowo-betonowe). Kolejną metodą geoinżynierską jest prekonsolidacja gruntów na skutek wstępnego obciążenia, wstępnego obciążenia łącznie z zastosowaniem pionowych drenów piaskowych, jutowo-piaskowych i z tworzyw sztucznych, odwodnienia wgłębnego. Wykonuje się także cementację w gruntach i stabilizację przez zastrzyki cementowe, cementowo-iłowe, iłowo-cementowo-piaskowe, cementowo-popiołowe, zastrzyki chemiczne (sylikatyzacja), cebertyzację, zastrzyki z żywicy syntetycznych i uszczelniające (iłowe, bitumiczne), iniekcję strumieniową, stabilizację termiczną (zamrażanie i spiekanie gruntów), stabilizację wgłębną proszkową (kolumny wapienne i cementowo-wapienne, iniekcja proszkowa), stabilizację powierzchniową (mieszanki gruntowe optymalne, stabilizacja gruntów cementem, wapnem, popiołami lotnymi, żywicami, bitumami). W ramach zbrojenia podłoża i masywów gruntowych stosuje się klasyczny grunt zbrojony, będący technologią francuską z lat 60. XX w., ośrodek gruntowy zbrojony geosyntetykami, zbrojenie szkieletów (gabiony) czy zbrojenie prętami (mikropale, gwoździowanie, kotwy gruntowe) [4].

### **Rodzaje nawierzchni kolejowej**

Okres użytkowania nawierzchni kolejowej wynosi zwykle 20–30 lat (czasami nawet 50), stąd niezwykle ważny jest wybór odpowiedniego systemu konstrukcyjnego, który musi zapewniać spełnienie zmiennych w czasie wymagań eksploatacyjnych. Klasyczna nawierzchnia kolejowa składa się z szyn, złączek, podkładów oraz podsypki. Najczęściej stosowana na świecie konstrukcja nawierzchni kolejowej – która w zasadzie nie zmieniła się od początku istnienia kolei – to ruszt wykonany z szyn przytwierdzonych za pomocą złączek do poprzecznie ułożonych podkładów, spoczywających na warstwie podsypki. Postęp w dziedzinie konstrukcji nawierzchni wyraża się zasadniczo w zmianie sposobu łączenia ze sobą szyn tworzących toki szynowe, przytwierdzania szyn do podkładów, stosowaniu podkładów betonowych zamiast drewnianych, a zwłaszcza we wzroście masy poszczególnych elementów nawierzchni.



Przekrój podtorza i nawierzchni [6]: 1 – szyny, 2 – podkłady, 3 – podsypka, 4 – skarpa przekopu, 5 – skarpa nasypu, 6 – stok terenu, 7 – skarpa rowu, 8 – dno rowu, AB – torowisko, AC i DB – ława torowiska, EF – długość podkładu

Tradycyjna konstrukcja nawierzchni kolejowej – podsypkowa, którą stosuje się w praktycznie niezmiennym kształcie od ponad 150 lat, osiągnęła granicę swojej wytrzymałości na skutek dużych oddziaływań dynamicznych przy bardzo intensywnym transporcie kolejowym oraz bardzo dużych prędkościach. Pociągi osiągające prędkość rzędu 200 km/h zdecydowanie zwiększają dynamiczne obciążenie toru kolejowego. Istota prawidłowej eksploatacji każdej konstrukcji nawierzchni tkwi w wyeliminowaniu elementu najbardziej podatnego na odkształcenia. W przypadku nawierzchni klasycznej jest nim warstwa podsypki tłuczniowej. Nawierzchnie szynowe bez warstwy podsypki nazywa się bezpodsypkowymi lub niekonwencjonalnymi. W tego typu konstrukcjach warstwę podsypkową zastępuje się innymi materiałami, charakteryzującymi się minimalnymi odkształceniami, jak np. beton czy asfalt [2].

### Materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 25 lutego 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei, na podsystem „infrastruktura” składają się szyny, system przytwierdzeń i podkłady. Interoperacyjność systemu kolei definiuje się jako „zdolność systemu kolei do zapewnienia bezpiecznego i nieprzerwanego ruchu pociągów o charakterystykach odpowiednich dla danych linii kolejowych, zależną od wszystkich warunków technicznych, prawnych i eksploatacyjnych, których zachowanie zapewnia dotrzymanie zasadniczych wymagań”.

W ostatnich latach transport kolejowy odznacza się bardzo dużą innowacyjnością, także w zakresie stosowanych materiałów. Na rynek wprowadzane są nowe typy materiałów, a wcześniej stosowane wyroby są modyfikowane i udoskonalane.

## Materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej [7]

### Szyny

Podstawowy element nawierzchni kolejowej. Norma dotycząca szyn bardzo precyzyjnie określa wymagania techniczne, dlatego niemal w całej Europie stosuje się identyczne typy, co pozwala na swobodny handel tym wyrobem, bez przeszkód technicznych i organizacyjnych. W Polsce najczęściej stosuje się szyny typu 60E1 oraz 49E1 ze stali gatunku R260. Dzięki ciągłemu udoskonalaniu technologii produkcji wzrasta jakość wyrobów, a także możliwości realizowania szyn o długościach 60, 75 lub nawet 120 m. Stosowanie tak długich szyn pozwala na zmniejszenie liczby złączy zgrzewanych lub spawanych w torze bezстыkowym o kilkadziesiąt procent, co przekłada się na skrócenie czasu robót inwestycyjnych, zmniejszenie kosztów oraz zwiększenie trwałości nawierzchni.

### Systemy przytwierdzeń

Ich najważniejszym zadaniem jest zapewnienie odpowiedniej szerokości toru oraz docisku, aby zapobiegać przesuwaniu się szyn względem podkładów. W Polsce najpopularniejsze są systemy typu SB, stosowane w nawierzchni podsypkowej. Na podkładach strunobetonowych stosuje się również systemy typu W, zaś w nawierzchni na podkładach drewnianych szyny przytwierdza się systemami typu K (z łapką sztywną) lub KS (z łapką sprężystą). Systemy typu W dominują w nawierzchniach bezpodsypkowych na płycie betonowej, stosowanych głównie w tunelach, na stacjach, przejazdach kolejowo-drogowych lub na obiektach mostowych. Innymi spotykanymi systemami są 300-1, DFF-21 lub ERS (system szyny w otulinie).

### Podkłady

Do najbardziej rozpowszechnionych należą podkłady PS-94, PS-93 oraz PS-83. Specjalnym rodzajem podkładu kolejowego jest podrozjazdnicza – podkład dłuższy od zwykłego, ułożony pod rozjazdem. W Polsce wykorzystywane są podrozjazdnicze strunobetonowe typu SP-93 lub SP-06. W łukach o małych promieniach, gdzie konieczne jest zastosowanie projektowego poszerzenia toru, stosuje się podkład zaprojektowany na bazie podrozjazdniczy SP-06. Najbardziej popularnym materiałem na podkłady, obok betonu i stali, jest drewno. W systemach nawierzchni bezpodsypkowych występują podkłady (system RHEDA-2000), podpory (system EBS) lub płyty prefabrykowane (LC-L, Stelcon GTP, Żeltor, GTP).

W jaki sposób PLK diagnozują i monitorują stan i jakość infrastruktury kolejowej?



**RAFAŁ FRĄCZEK,**  
zastępca dyrektora Biura Dróg Kolejowych,  
PKP Polskie Linie Kolejowe SA

Diagnostyka stanu nawierzchni kolejowej jest bardzo istotna, gdyż od właściwego rozpoznania stanu technicznego zależy bezpieczeństwo ruchu pociągów oraz trafne określenie zakresu prac. Z uwagi na dynamikę zmian, jakie mogą zachodzić

w nawierzchni kolejowej oraz ze względu na przewidywany wzrost liczby pociągów, PKP Polskie Linie Kolejowe SA zwiększają wykorzystanie w diagnostyce takich technik i metod, które nie ograniczają przewoźnikom dostępu do kolejowych tras. System diagnostyczny bazuje na zasobach PKP Polskich Linii Kolejowych SA.

Podstawowa diagnostyka dróg szynowych realizowana jest przez wydzielone w zakładach linii kolejowych specjalistyczne zespoły diagnostyczne. Są one wyposażone przede wszystkim w coraz nowocześniejsze toromierze umożliwiające pomiary torów i rozjazdów. Zasadniczym zadaniem zespołów diagnostycznych jest jednak analizowanie wszelkich danych o stanie technicznym oraz wskazywanie potrzebnych działań.

Zespoły diagnostyczne są wspomagane przez Centrum Diagnostyki. To wyspecjalizowana jednostka organizacyjna PKP Polskich Linii Kolejowych SA, prowadząca pomiary

i badania diagnostyczne na rzecz wszystkich branż technicznych. Centrum Diagnostyki wykorzystuje specjalistyczny sprzęt umieszczony na pojazdach szynowych oraz posiada mobilne zespoły do pomiarów specjalnych. Centrum Diagnostyki dysponuje trzema samodzielnymi pojazdami pomiarowymi, zwanymi drezynami pomiarowymi: EM120 (dwie maszyny) i UPS. Najnowszy pojazd DP560 jest wielofunkcyjnym laboratorium wielobranżowym. Drezyny pozwalają dokonywać pomiarów geometrii torów i skrajni, natomiast najnowsze rozwiązania dostarczają także danych o zużyciu szyn oraz ich wadach powierzchniowych. PKP Polskie Linie Kolejowe SA planują rozszerzenie funkcjonalności diagnostycznych wysokowydajnych pojazdów pomiarowych przez wdrażanie urządzeń optycznych do zautomatyzowanej oceny zabezpieczenia toru tłuczniem oraz wykrywania wad konstrukcyjnych, takich jak np. braki pojedynczych złączy. Zespoły mobilne posiadają szeroką gamę przyrządów. To defektoskopy, profilomierze do szyn, a także unikatowe przyrządy (Scorpion) obrazujące trójwymiarowo zużycie krzyżownic w rozjazdach kolejowych. Obowiązek diagnostyki infrastruktury zarządzanej przez PKP Polskie Linie Kolejowe SA wynika z ustawy Prawo budowlane oraz ustawy o transporcie kolejowym. Na sieci kolejowej wykonywane są inspekcje, przewidziane regulacjami wewnętrznymi zarządcy infrastruktury kolejowej w ramach Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem w Transporcie Kolejowym.

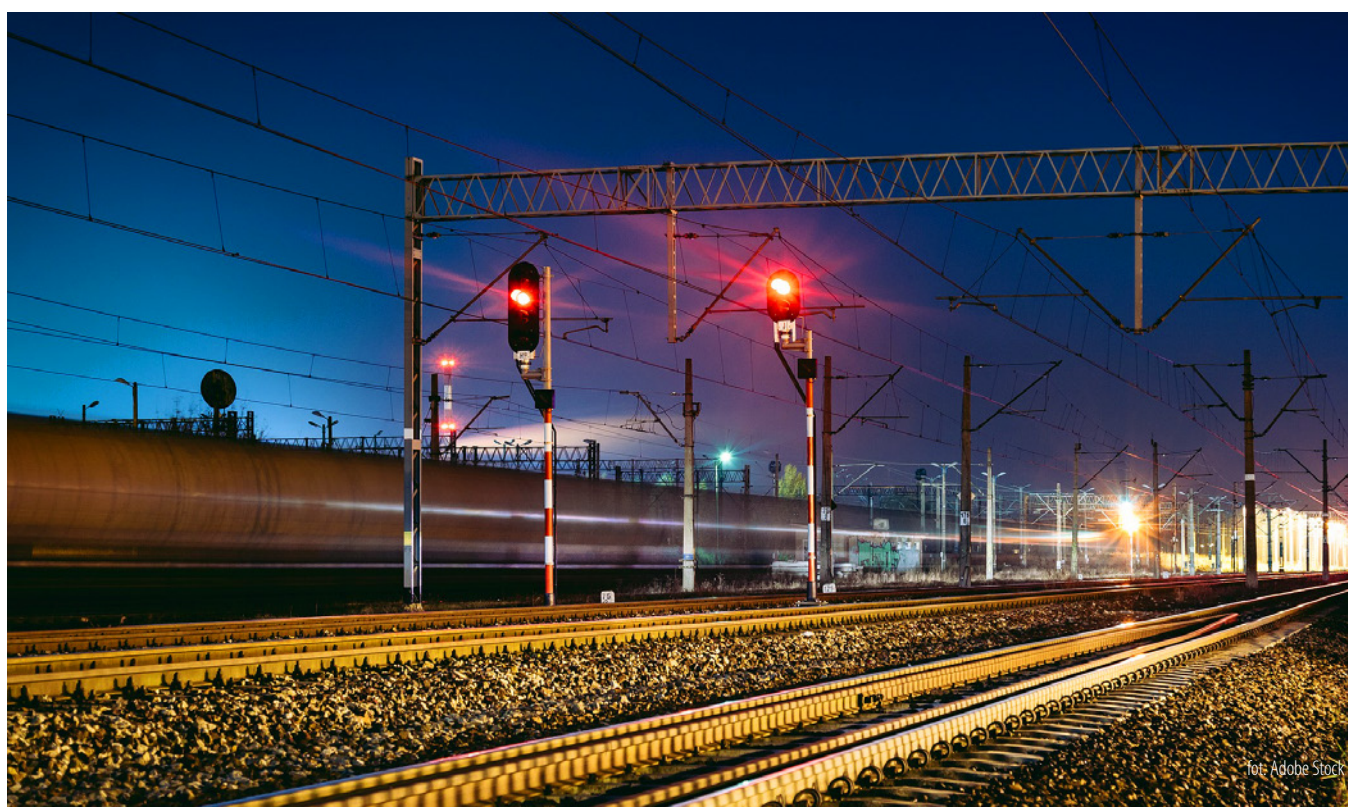


foto: Adobe Stock

## Technologia budowy nawierzchni kolejowej

Budowa nawierzchni kolejowej ma miejsce w przypadku nowych linii, drugich i następnych torów na istniejących liniach, nowych grup torów stacyjnych oraz przy modernizacji istniejących linii i stacji. Stanowi na ogół końcowy etap procesu inwestycji, poprzedzony budową podtorza wraz z elementami jego wzmocnienia i urządzeniami odwadniającymi oraz budową małych obiektów inżynierskich. Rodzaj technologii budowy nawierzchni kolejowej jest determinowany przez określone warunki. W przypadku robót o dużych obmiarach budowy nawierzchni konieczne jest stosowanie wydajnych procesów (min. 100 m/h), o dużym stopniu zmechanizowania. Rodzaj użytej technologii wynika ze stosowanej konstrukcji nawierzchni. Obecnie potencjał techniczny umożliwia dobre zagęszczenie gruntu nasypu, co pozwala na jednoetapową budowę nowych torów i stosowanie nawierzchni z torem bezstykowym [8].

## Podsumowanie

Polska zajmuje czwarte miejsce w Europie pod względem długości posiadanej sieci linii kolejowych. Warunki realizacji zamierzeń państwa w zakresie zarządzania infrastrukturą kolejową oraz ramy finansowe na najbliższe lata zawarto w programie *Pomoc w zakresie finansowania kosztów zarządzania infrastrukturą kolejową, w tym jej utrzymania i remontów do 2023 roku*. Do tego czasu skarb państwa zamierza przeznaczyć na realizację programu ok. 21 mld zł. Jego głównym celem jest wzmocnienie roli transportu kolejowego w zintegrowanym systemie transportowym kraju przez odwrócenie tendencji spadkowej udziału transportu kolejowego w przewozach oraz zapewnienie niezbędnych środków na prace utrzymaniowo-remontowe na istniejącej sieci kolejowej. Pozwoli to na utrzymanie parametrów technicznych zmodernizowanych linii kolejowych i systematyczną poprawę stanu pozostałych linii [9].

## Literatura

- [1] Gajewska B., Kraszewski C.: *Wzmacnianie podtorza*. „Budownictwo Kolejowe. Vademecum” 2016, s. 13–16.
- [2] Grukowski S., Kędra Z., Nowakowski M.J., Koc W.: *Drogi szynowe*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2013.
- [3] Siewczyński Ł., Pawłowski M.: *Sposoby postępowania w przypadku braku pełnych efektów zastosowania warstwy ochronnej podtorza*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria Materiały Konferencyjne” 2018, nr 1, s. 75–86. Konferencja *Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym = Modern technologies and management systems for rail transport*, Zakopane, 21–23 listopada 2018.
- [4] Surowiecki A.: *Modernizacja konstrukcji dróg szynowych. Badania modelowe i eksploatacyjne*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki. Wrocław 2013.
- [5] *Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3*. Załącznik do Zarządzenia nr 9 Zarządu PKP Polskich Linii Kolejowych SA z 4 maja 2009 r.
- [6] *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10.09.98 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie*. Dz.U. 1998, nr 151.
- [7] Stencel G.: *Materiały stosowane do budowy nawierzchni kolejowej* (online). Izbudujemy.pl. Dostępny w Internecie: <https://www.izbudujemy.pl/artykuly/890/Materiały-stosowane-do-budowy-nawierzchni-kolejowej> (dostęp 19 sierpnia 2020).
- [8] *Budownictwo komunikacyjne*. Red. H. Bałuch. Wojskowa Akademia Techniczna. Warszawa 2001.
- [9] *Pomoc w zakresie finansowania kosztów zarządzania infrastrukturą kolejową, w tym jej utrzymania i remontów do 2023 roku*. (online). Ministerstwo Infrastruktury. Dostępny w Internecie: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/pomoc-w-zakresie-finansowania-kosztow-zarzadzania-infrastruktura-kolejowa-w-tym-jej-utrzymania-i-remontow-do-2023-roku> (dostęp 17 sierpnia 2020).

