

## Problemy modernizacji i rewitalizacji podtorza

Eugeniusz SKRZYŃSKI<sup>1</sup>

### Streszczenie

W artykule przedstawiono doświadczenia z modernizacji i rewitalizacji podtorza na liniach zarządzanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Scharakteryzowano stan podtorza, nieprawidłowości napotymane w trakcie planowania robót, diagnostyki podtorza, projektowania i wykonawstwa robót. Szczególną uwagę zwrócono na nieprawidłowości występujące w systemie zleceń „projektuj i buduj”. Określono najczęstsze przyczyny nieprawidłowości i zaproponowano sposoby ich eliminowania. Wskazano na potrzebę archiwizacji danych o podtorzu.

**Słowa kluczowe:** podtorze kolejowe, modernizacja, rewitalizacja, nieprawidłowości

### 1. Wstęp

Od wielu lat w Polsce utrzymuje się tendencja spadku kolejowych przewozów pasażerskich i towarowych. W dużej mierze jest ona wynikiem uwarunkowań gospodarczych i społecznych, takich jak racjonalizacja gospodarki i zmniejszenie jej transportochłonności, ale jest też skutkiem braku strategii zrównoważonego rozwoju transportu, w tym planów rozwoju sieci transportowej.

Obecny udział państwa w finansowaniu transportu kolejowego nie jest wystarczający. Zgodnie z ustawą o finansowaniu infrastruktury transportu lądowego, nakłady na drogi w całości są finansowane z budżetu państwa i budżetów jednostek samorządu terytorialnego, natomiast nakłady na kolej pochodzą głównie ze środków zarządcy infrastruktury, pewnej pomocy budżetu oraz wsparcia Unii Europejskiej. Wskutek tego w 2011 r. proporcja rocznych nakładów na 1 km linii kolejowych do nakładów na 1 km dróg wynosiła w Polsce jak 15 do 85, podczas gdy rekomendowana przez UE proporcja powinna wynosić jak 40 do 60. Grozi to dalszą degradacją infrastruktury kolei i nieodwracalnymi zmianami w strukturze transportu lądowego [18].

Wejście Polski do Unii Europejskiej, a w konsekwencji konieczność wdrażania dyrektyw UE i norm europejskich, jest pewną szansą i wyzwaniem dla polskiego kolejnictwa. Dzięki dofinansowaniu z funduszy strukturalnych UE trwa przebudowa i naprawa wielu linii. Prace te są wykonywane w trakcie modernizacji i rewitalizacji tych linii.

Według warunków technicznych [4] modernizacja podtorza, tzn. jego przebudowa i rozbudowa, ma na celu przystosowanie podtorza do wyższych niż dotychczasowe parametrów techniczno-eksploatacyjnych. Podczas modernizacji wykonuje się:

- roboty podtorzowe wynikające z konieczności sprostania trudniejszym warunkom użytkowania podtorza (większe prędkości, obciążenia na oś, roczne obciążenie przewozami),
- roboty podtorzowe na stacjach i szlakach, pociągające za sobą przyrost długości torów i rozjazdów lub zmianę granic pasa wyłączenia,
- poszerzanie torowisk z uwagi na dostosowanie do odpowiedniej skrajni (w tym również wynikającą z niej przebudowę podtorza lub jego elementów),
- dobudowę, rozbudowę i przebudowę sieci odwadniających w celu sprostania trudniejszym warunkom użytkowania podtorza.

Rewitalizacja, nazywana niekiedy rehabilitacją, polega na przywróceniu projektowych parametrów techniczno-eksploatacyjnych istniejącej drogi kolejowej.

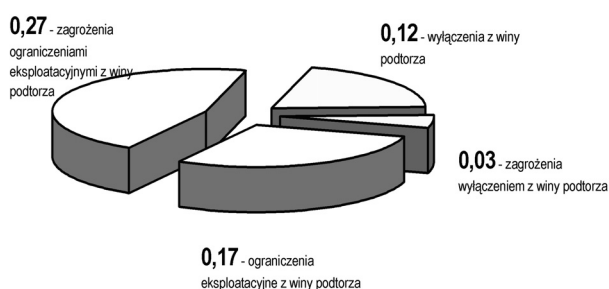
### 2. Stan podtorza i jego wpływ na eksploatację

Obecnie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. utrzymuje podtorze na około 18,5 tys. km linii. Stan tego podtorza nie jest zadowalający. Pomimo zmniejszenia się przewozów na PKP, długość odcinków z wadami podtorza nie maleje. Przyczyniają się do tego wieloletnie zaległości w kompleksowych naprawach dróg kolejowych, zaostrzenie wymagań na podstawowych ciągach komunikacyjnych i gorsze niż w ubiegłych latach utrzymanie dróg kolejowych o mniejszym znaczeniu. Według oceny PKP PLK S.A. w 2005 r. podtorze na długości 590 km linii kolejowych wymagało pilnej naprawy, a głównymi przyczynami występujących wad były [13]:

<sup>1</sup> Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: eskrzynski@ikolej.pl.

- zniszczone i niedrożne odwodnienie lub brak odwodnienia,
- zniszczona warstwa filtracyjna lub jej brak,
- osuwiska, osiadania nasypów, mała nośność podłoża,
- szkody górnicze.

Wpływ wad podtorza na eksploatację linii kolejowych w 2005 r. ilustruje rysunek 1, natomiast typowe wady podtorza pokazano na rysunkach 2–6.



Rys. 1. Wpływ podtorza na eksploatację linii kolejowych w 2005 r. (długości linii w tys. km)



Rys. 2. Niedrożny przepust pod torami



Rys. 3. Zniszczony przepust pod torami



Rys. 4. Brak odwodnienia rejonu przejazdu



Rys. 5. Wychłapki w torze spowodowane brakiem warstwy ochronnej torowiska



Rys. 6. Osuwisko nasypu obejmujące zasięgiem jeden tor

Przedstawione dane nie w pełni charakteryzują stan podtorza, gdyż dotyczą jedynie odcinków, na których podtorze jest już przyczyną ograniczeń eksploatacyjnych. Ograniczeń takich nie powodują na przykład

zwiększone osiadania torowiska, które z reguły zalicza się do nieuniknionych odkształceń nawierzchni. Poza tym wiarygodną ocenę stanu podtorza utrudniają wieloletnie suche okresy, podczas których stan podtorza pozornie polepsza się. Faktyczny stan podtorza ujawniają dopiero:

- bardziej szczegółowe badania wykonywane na etapach studiów wykonalności dla modernizacji linii kolejowych (wynika z nich na przykład, że wzmocnienia torowisk są konieczne na 30–70% długości linii),
- długotrwałe i silne opady (na przykład podczas deszczowego lata w 1980 r. odkształcenia podtorza wystąpiły na 285 km torów, z czego osuwiska na około 85 km, zalania na 67,5 km, podmycia na 46,5 km, rozmycia na 57 km, inne odkształcenia na 29 km).

Rzeczywista długość linii z podtorzem zagrożonym wadami jest więc prawdopodobnie wielokrotnie większa, bowiem w budowie obecnie eksploatowanego podtorza wykorzystywano przede wszystkim grunty miejscowe, a z przeprowadzonej przez autora analizy udziału różnych gruntów w podłożu na głównych ciągach komunikacyjnych w Polsce wynika, że [13]:

- na około 40% długości linii mogą wystąpić niekorzystne warunki gruntowe (grunty o zmniejszonej wytrzymałości, grunty wymagające dobrego odwodnienia itp.),
- na około 10,8% długości linii występują grunty zdecydowanie złe.

Na przykład według pracy [9], długości odcinków, na których wymagane są wzmocnienia torowisk wynoszą 28–73% długości torów. Długości te zależą przede wszystkim od modułów odkształceń podtorza, mniejszy wpływ mają przeciążenia gruntów. W praktyce długości odcinków podtorza wymagających wzmocnienia górnych warstw są większe z powodu przemarzania i niestabilności gruntów znajdujących się bezpośrednio pod podsypką.

Należy tu podkreślić, że obecny stan podtorza w dużym stopniu wynika z czasu jego budowy. Około 83% obecnych dróg kolejowych PKP zostało wybudowanych przed I wojną światową, a więc w okresie rozbiorów. Drogi te stanowiły trzy odrębne, nie powiązane ze

sobą układy komunikacyjne, dostosowane przede wszystkim do potrzeb zaborczych metropolii. Różne też były przepisy w poszczególnych zaborach. Po uzyskaniu niepodległości doprowadzono do scalenia sieci kolejowej, zbudowano 1704 km nowych linii normalnotorowych oraz 320 km drugich torów i wielokrotnie zmieniano przepisy, na przykład dotyczące szerokości torowiska.

Wbrew przepisom nie zawsze jednak dokonywano zmian kształtu lub konstrukcji podtorza. Powstawały więc odkształcenia torowisk, których skutki najczęściej usuwano przez zwiększanie grubości warstwy podsypki, rzadziej przez wzbudowanie warstwy filtracyjnej lub rozplantowanie starej podsypki. Do pogorszenia jakości przyczyniła się dobudowa podtorza pod drugie tory wykonywana bez należytego rozpoznania geotechnicznego. Wskutek tego, układy gruntów w podtorzu w wielu przypadkach są niekorzystne i sprzyjają gromadzeniu się wód opadowych. Na niektórych liniach brak jest warstw ochronnych, są one zbyt cienkie i wykonane z niewłaściwych materiałów, zamulone lub uszkodzone.

Niekorzystny wpływ na podtorze wywarły również liczne korekty układów torowych. Największe odstępstwa od obecnie obowiązujących wymagań pod tym względem występują na najstarszych liniach, na których do zwiększonych obciążeń i prędkości pociągów przystosowano tylko nawierzchnię. Na takich liniach spotyka się na przykład zbyt małą szerokość torowisk na odcinkach prostych, zbyt małe poszerzenia torowisk na krzywych przejściowych oraz niesymetryczne ułożenie nawierzchni względem podtorza. Podobna sytuacja występuje na liniach budowanych stosunkowo niedawno, a przystosowywanych obecnie do zwiększonych prędkości. Zaostrzanie wymagań w zakresie układu geometrycznego toru (większe promienie łuków poziomych, szersze międzytorza, mniejsze pochylenia) powoduje, że istniejące zapasy wytrzymałości podtorza są szybko wyczerpywane. Uważa się, że znikają one już po poprzecznym przesunięciu nawierzchni o 20–30 cm [17]. Na stan podtorza wpłynęły również sposoby utrzymania dróg kolejowych. Wpływ sposobów utrzymania na podtorze w Polsce po II wojnie światowej ilustruje tablica 1.

Tablica 1

### Wpływ sposobów utrzymania dróg kolejowych PKP na podtorze po II wojnie światowej [13]

Stosowane konstrukcje i technologie	Skutki
Lata 1945–1965	
Wymiana przęseł torowych ręcznymi suwnicami bramowymi SBR-3. Ręczne oczyszczanie podsypki i jej zagęszczanie podbijarkami PD-90 z usuwaniem odsiewek na skarpy. Układanie ochronnych pokryć torowisk w postaci warstw filtracyjnych z piasku.	Zanieczyszczanie skarp nasypów i przekopów odsiewkami. Zwiększanie nachyleń skarp. Osiedlenia toru, wynikające z wciskania się podsypki w podtorze.

cd. Tablica 1

Stosowane konstrukcje i technologie	Skutki
Lata 1965–1975	
Wprowadzenie szyn typu S-60 (1968 r.) i toru bezстыkowego na podkładach betonowych. Wymiana przęseł torowych elektrycznymi suwnicami bramowymi SBT-5 oraz dźwigami UK-25. Wprowadzenie ciężkich oczyszczarek tłucznia RM-62, 12CB8, 3C5, OT 400 (1967 r.) oraz profilarek USP 3000 C i zgarniarek	Zwiększone odkształcenia torowiska i toru, wynikające ze zwiększonych nacisków od podkładów betonowych. Wycinanie przez oczyszczarki tłucznia warstw filtracyjnych i samoistnie wytworzonych w eksploatacji warstw przejściowych. Zanieczyszczenia ław torowisk, rowów i skarp odsiewkami.
Lata 1975–1990	
Powszechne stosowanie zmechanizowanej przęsłowej oraz wdrażanie bezpręsłowej wymiany nawierzchni. Wprowadzenie ścinarki ław torowisk SŁT (1973 r.) oraz UMT. Podjęcie produkcji profilarek ław torowisk PŁT 500 z frezem umożliwiającym pracę z obu stron toru oraz pociągów PTO 200 do odbierania odsiewek z oczyszczarek tłucznia. Stopniowe wprowadzanie geosyntetyków, zwłaszcza włókien separacyjnych i filtracyjnych.	Wylimitowanie negatywnych oddziaływań na podtorze w rejonach styków szynowych. Stopniowe usuwanie zanieczyszczeń z ław torowisk. Zmniejszenie zanieczyszczeń rowów bocznych i skarp. Poprawa jakości pokryć ochronnych torowisk i urządzeń odwadniających.
Lata 1990–2000	
Dostosowywanie dróg do wymagań europejskiej sieci układu AGC i AGTC (prędkość 160 km/h, nacisk osi 225 kN). Powszechne stosowanie podkładów betonowych i wprowadzenie rozjazdów na podrozjazdnicach betonowych. Potokowa wymiana nawierzchni pociągami SUM, P 93, P 95. Zapobiegawcze szlifowanie szyn. Wprowadzenie pociągu do napraw podtorza z maszyną AHM 800-R PL i wagonami samowładowczymi typu MFS (1998 r.). Wprowadzanie elementów drenarskich z tworzyw sztucznych.	Stopniowe dostosowywanie kształtu i wymiarów podtorza do wymagań obowiązujących na liniach modernizowanych. Poprawa stanu podtorza na liniach modernizowanych. Zwiększenie trwałości odwodnień.
Lata 2000–	
Coraz szersze stosowanie kruszyw łamanych do budowy warstw ochronnych torowisk. Powszechne stosowanie materiałów geotekstylnych przy wzmocnianiu torowisk.	Poprawa jakości wzmocnień torowisk oraz odwodnień na liniach modernizowanych.

Należy też zwrócić uwagę na ogólnie zły stan obiektów inżynierskich, takich jak przepusty i małe mosty. Obecnie spółka PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. administruje 25 591 obiektami inżynierskimi. W większości te obiekty są zaawansowane wiekowo [19]:

- 45,0% obiektów jest w wieku powyżej 100 lat,
- 32,9% obiektów jest w wieku 50–100 lat,
- 20,1% obiektów jest w wieku 20–50 lat,
- 3,6% obiektów jest w wieku poniżej 20 lat.

### 3. Problemy przebudowy i naprawy podtorza

#### 3.1. System realizacji projektów

Prace związane z modernizacją i rewitalizacją w większości są wykonywane w systemie realizacji projektów „projektuj i buduj” (albo inaczej „zaprojektuj i zbuduj”), w którym w przeciwieństwie do systemu tradycyjnego mamy do czynienia z jednym podmiotem gospodarczym, odpowiadającym zarówno za zapro-

jektowanie, jak i wykonanie zleconego dzieła. Podmiot ten zwyczajowo jest nazywany wykonawcą projektu typu „projektuj i buduj” lub też czasem generalnym wykonawcą. Najczęściej takim generalnym wykonawcą (ze względu na skalę przedsięwzięcia) zostaje faktyczny (fizyczny) wykonawca robót budowlanych.

W warunkach amerykańskich częsta jest praktyka, że generalnym wykonawcą w projekcie typu „projektuj i buduj” zostaje firma inżynierska lub architektoniczna, a więc taka, która zajmuje się albo projektowaniem, albo też nadzorowaniem przedsięwzięcia budowlanego, a nie jego fizycznym wykonaniem. W celu wykazania słuszności realizacji kontraktu według ścieżki „projektuj i buduj” stworzono też narzędzie w postaci listy sprawdzającej, nazwane *Design Build Selector* (DBS). Najważniejsze z warunków stosowania ścieżki „projektuj i buduj” według tej listy to [3]:

- projekt musi mieć jasno i precyzyjnie zdefiniowany zakres robót i warunki ich wykonania,
- projekt powinien być wolny od wad prawnych, takich jak brak dostępu do terenu, użycie materiałów

niebezpiecznych, brak uzgodnień środowiskowych i społecznych, konflikty użytkownika i innych możliwych do przewidzenia uwarunkowań generujących problemy,

- projekt nie może generować konfliktów społecznych i politycznych (np. z władzami samorządowymi),
- projekt powinien umożliwiać zastosowanie innowacyjnych metod i rozwiązań wpływających na jakość i czas trwania,
- projekt wymaga wiedzy i doświadczenia, których nie ma inwestor,
- projekt powinien umożliwiać dokonywanie zmian w dokumentacji w celu uzyskania potencjalnych oszczędności finansowych.

Jak widać, kryteria stosowania ścieżki „projektuj i buduj” są dość ściśle określone, jednak w Polsce nie zawsze stosowane. Problemem jest wybór przez zamawiającego zazwyczaj najtańszego wykonawcy, a nie najbardziej odpowiedniego, albo wymaganie zbyt krótkiego terminu zakończenia prac. Kłopotliwym elementem są też uzgodnienia i pozwolenia. Niejednokrotnie inwestor nie ma kompletu tych dokumentów i z tego właśnie powodu przerywa całą odpowiedzialność za załatwienie formalności na wykonawcę. Często problemem jest bardzo ogólnie określony zakres robót podtorzowych, co wynika z braku dostatecznie szczegółowego rozpoznania geotechnicznego.

### 3.2. Planowanie robót

Po pewnym okresie eksploatacji zwiększa się oddziaływanie na tor i następuje szybsza degradacja drogi kolejowej (uszkodzenia szyn i podkładów, zanieczyszczenie podsypki i odwodnienia, odkształcenia torowiska), co ogranicza możliwości jej eksploatacji. Powinny być wtedy wykonane prace mające na celu:

- zapewnienie bezpieczeństwa ruchu,
- utrzymanie zdolności przewozowej (rozkładu jazdy),
- utrzymanie wymaganego komfortu jazdy,
- zapobieżenie nieodwracalnym uszkodzeniom elementów i zmianom właściwości materiałów.

Prace te mogą być planowane według różnych zasad [14]:

- tylko w przypadku wystąpienia niekorzystnych zjawisk,
- systematycznie, według ustalonego planu (prace planowo-zapobiegawcze albo prewencyjne, wskazane zwłaszcza dla linii szybkiego ruchu),
- cyklicznie, z uwzględnieniem wyników oceny stanu toru i stwierdzonych potrzeb.

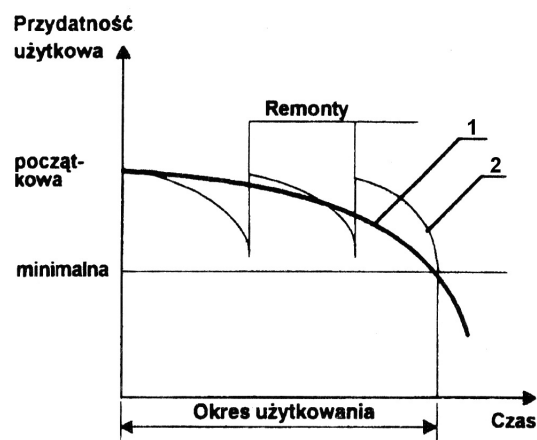
Niezależnie jednak od przyjętej zasady:

- częstość przeglądów i pomiarów powinna być taka, aby stan toru pomiędzy dwiema kolejnymi kontro-

lami nie osiągnął poziomu krytycznego i można było zaplanować i wykonać wymagane prace utrzymaniowe,

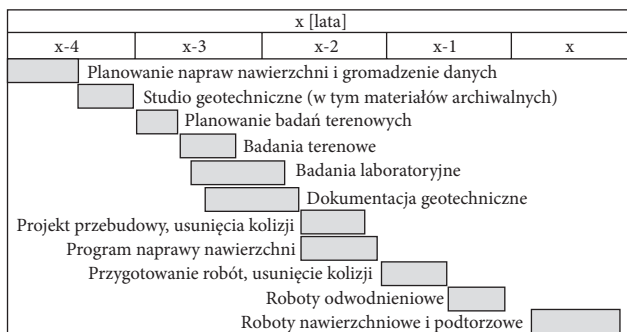
- konieczne jest posiadanie sprawnego systemu gromadzenia danych i ich przetwarzania (np. wspomaganie decyzji), pozwalającego zaplanować prace utrzymaniowe; takie planowanie pozwala zminimalizować zarówno koszt samych prac, jak i zakłócenia w ruchu pociągów.

Przejście PKP do gospodarki rynkowej i ograniczenie środków spowodowały odejście od prac planowo-zapobiegawczych i zastąpienie ich na większości linii pracami wykonywanymi dopiero po wystąpieniu niekorzystnych zjawisk – jedynie na liniach z prędkościami pociągów  $V > 160$  km/h prace planuje się z wyprzedzeniem (zapobiegawczo) [4]. Rozwiązanie takie wydaje się tańsze, jednak w długim okresie nie jest efektywne, poza tym sprzyja ciągłemu ograniczaniu prędkości ruchu pociągów do prędkości uznanych za bezpieczne. Pogarszanie się właściwości użytkowych podtorza przy zachowaniu prawidłowych cykli remontowych ilustruje rysunek 7.



Rys. 7. Zmiany właściwości użytkowych podtorza [20]:  
1) projektowany okres użytkowania, 2) zabiegi konserwacyjne umożliwiające uzyskanie projektowanego okresu użytkowania

Obecnie zaleca się przyjmowanie trwałości nowo budowanego podtorza równej co najmniej 100 lat, przy czym trwałość górnych warstw podtorza ocenia się na 40–60 lat. Po tym okresie najczęściej zmieniają się warunki eksploatacji budowli i konieczna jest jej modernizacja lub rewitalizacja. Jednak prace te nie zawsze są przygotowane z odpowiednim wyprzedzeniem, w stopniu umożliwiającym wykorzystanie funduszy unijnych. Zalecane przez UIC etapy i terminy prac pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Zalecane przez UIC etapy i terminy prac [2]

Przy planowaniu przebudowy podtorza warto zastanowić się nad założeniami projektowymi. Często bowiem okazuje się, że przystosowanie podtorza do większych prędkości wymaga jedynie nieznacznego zwiększenia nakładów. Przykładowo z obliczeń wzmocnień torowisk dla poszczególnych wariantów przebudowy na trasie Warszawa – Gdynia wynika, że [14]:

- rewitalizacja torowiska w celu przywrócenia prędkości  $V = 120$  km/h wymaga wykonania robót na 35% długości linii,
- dostosowanie torowiska do ruchu z prędkością  $V = 160$  km/h zwiększa długość odcinków wymagających robót do 47%,
- zwiększenie prędkości do  $V = 200$  km/h wymaga wydłużenia wzmocnień torowiska już tylko do 48%.

Podobnie przedstawiają się proporcje objętości robót ziemnych; wynoszą one odpowiednio 100%, 165% i 189%. Racjonalne może więc być przystosowywanie torowisk od razu do ruchu z prędkością 200 km/h zamiast 160 km/h. Objętości robót ziemnych zwiększą się wtedy niewiele i będą one wykonywane praktycznie na tych samych odcinkach linii. Na innych liniach proporcje robót ziemnych mogą być odmienne z powodu konieczności poszerzeń podtorza lub przebudowy jego na łukach poziomych.

### 3.3. Diagnostyka podtorza

Według warunków technicznych Id-3 rozpoznanie przed modernizacją lub rewitalizacją powinno umożliwić określenie przydatności podtorza do eksploatacji w zmienionych warunkach, a w razie stwierdzenia nieprzydatności – zebranie danych do zaprojektowania odpowiednich konstrukcji, w tym określenie możliwości powtórnego wykorzystania miejscowych materiałów. Zakres rozpoznania ustala się każdorazowo, w zależności od celu i zakresu planowanych robót, zasięgów i przyczyn wad lub zagrożeń, miejscowych warunków i etapu prac projektowych, ze szczególnym uwzględnieniem podtorza na odcinkach z wadami i zagrożeniami, podłoża podkładów, odwodnienia podtorza i terenu robót. Rozpoznanie powinno zapewnić ocenę rozpatrywanych

wariantów budowy, przebudowy lub naprawy w zakresie umożliwiającym rozpoczęcie prac projektowych, w tym:

- 1) rodzajów i zakresów potrzebnych wzmocnień torowisk,
- 2) zakresu budowy nowych i renowacji istniejących odwodnień,
- 3) rodzajów i zakresów innych robót, w tym budowa, dobudowa, poszerzenia i wzmocnienia podtorza, budowa nowych i naprawa istniejących przepustów, przekładanie cieków i tym podobne.

Stan podtorza powinien być określony na podstawie:

- 1) materiałów archiwalnych,
- 2) informacji z dotychczasowej eksploatacji (wyników przeglądów podtorza i okresowych ocen stanu toru),
- 3) wyników wstępnego rozpoznania metodami wskaźnikowymi (np. oględziny, sondowania, georadar),
- 4) wyników badań geotechnicznych metodami wzorcowymi (wiercenia, badania próbek gruntów, pomiary modułów odkształceń),
- 5) analiz i ocen warunków wodno-gruntowych, w tym przeprowadzonych przy użyciu systemu eksperckiego Diagnostyka Podtorza DP.

Rozpoznanie terenu robót powinno umożliwić określenie między innymi:

- 1) rodzajów i zakresów niezbędnych prac wyprzedzających, np. odwodnieniowych, wyburzeniowych,
- 2) lokalizacji przeszkód, takich jak wzmocnienia torowiska w postaci bruku, stare fundamenty, słupy i obiekty, nadlewki przy fundamentach słupów utrudniające bądź uniemożliwiające wykonanie robót według przewidywanych technologii (np. maszyną AHM 800-R),
- 3) przydatności podsypki do powtórnego wykorzystania w nawierzchni, przeróbki i użycia do wzmocnienia torowiska lub usunięcia,
- 4) wymiarów podtorza i nawierzchni kolejowej, niezbędnych do obliczenia objętości mas ziemnych.

Dokumentacja z badań powinna zawierać wszystkie informacje niezbędne do opracowania projektu budowlanego. Informacje te powinny być wiarygodne, zwłaszcza wyniki badań metodami wzorcowymi, archiwalne dokumentacje, wyniki specjalistycznych ekspertyz. Wskaźnikowe metody badań można stosować tylko w trakcie rozpoznania wstępnego oraz jako uzupełnienie badań podstawowych. W przypadku wariantowania rozwiązań projektowych, wadom i zagrożeniom istniejącego podtorza powinny być przypisane oceny pilności robót, a dokumentacja z badań powinna być przygotowana z dostatecznym wyprzedzeniem, jednak nie później niż w roku poprzedzającym planowane roboty.

Podczas **wizji lokalnych** trudno zauważyć wszystkie wady podtorza. Dlatego jednostki eksploatacyjne powinny prowadzić odpowiednie rejestry, w tym „Karty ewidencyjne słabych (zagrożonych) miejsc w podtorzu” według warunków technicznych Id-3 i udostępniać projektantom wszystkie informacje o stanie użytkowanego podtorza, w tym:

- wyniki przeglądów i badań przeprowadzonych w celu oceny stanu nawierzchni i podtorza,
- dokumentację projektową i powykonawczą.

Przykładowe zestawienia informacji o stanie podtorza potrzebne do opracowania studium wykonalności ilustrują tablice 2 i 3.

Stan podtorza najczęściej ocenia się na podstawie wyników **badania geotechnicznych**, polegających na punktowych płytkich wierceniach i sondowaniach oraz pomiarach modułów odkształceń na poziomie projektowanego torowiska, następnie zaś makroskopowych lub laboratoryjnych badaniach pobranych próbek gruntów. Na liniach eksploatowanych takie badania są utrudnione ze względu na ruch pociągów, brak sprzętu umożliwiającego wiercenia przez podsypkę i na skarpach, istnienie licznych urządzeń podziemnych,

takich jak drenaże, kable, rurociągi itp. Pracochłonne są również późniejsze badania laboratoryjne gruntów oraz interpretacja uzyskanych wyników. Pomimo tych niedogodności, metody geotechniczne są nadal najchętniej stosowane i wiąże się to z największą wiarygodnością uzyskiwanych w ten sposób wyników i możliwością wykorzystania ich w projektowaniu wzmocnień podtorza. W warunkach technicznych Id-3 metody geotechniczne są uznawane jako wzorcowe.

Ze względu na niejednorodność podtorza, ustalenie jednego, stałego odstępu pomiędzy badaniami górnych warstw podtorza nie jest możliwe. Gęstość badań musi być zmienna, dostosowywana do konstrukcji podtorza i miejscowych warunków wodno-gruntowych. Na odcinkach jednorodnych badania wykonuje się co 100–150 m w każdym torze, natomiast na odcinkach niejednorodnych zaleca się zmniejszanie odległości pomiędzy miejscami badań do 50 m. Postępowanie takie ogranicza ryzyko pominięcia odcinków ze słabym podtorzem i nie zwiększa kosztów modernizacji lub rewitalizacji linii, gdyż koszt badań geotechnicznych w porównaniu z całością nakładów jest znikomy [9]. W praktyce wykonywane są wiercenia płytke, niezbędne do zaprojektowania wzmocnień torowisk.

Tablica 2

### Wady budowli ziemnej i torowiska

Tor nr	Kilometry		Łączna długość	Strona: L – lewa P – prawa	Wysokość nasypu (+) lub głębokość przekopu (-)	Charakterystyka wady (czego dotyczy, objawy, prawdopodobne przyczyny, wpływ na eksploatację itp.) <sup>1)</sup>	Jednostka stwierdzająca wadę Wiarygodność oceny stanu <sup>2)</sup> Dostępność wyników badań <sup>3)</sup>	Stopień pilności robót <sup>4)</sup>
	od	do						
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Objaśnienia:

<sup>1)</sup> Na przykład „zawężenie torowiska o 0,5 m”, „zły stan torowiska – wychlapki z gruntu podtorza i odkształcenia toru”, „osuwisko skarpy nasypu na terenie podmokłym, obejmujące swoim zasięgiem tor”.

<sup>2)</sup> Wiarygodność oceny stanu podtorza: 1 – ocena wiarygodna (rodzaj wady i jej zasięg określony na podstawie przeglądów, badań, pomiarów, ekspertyz itp.), 2 – wada prawdopodobna (gdy badań nie przeprowadzono albo objawy lub wyniki badań nie są jednoznaczne).

<sup>3)</sup> Podać dostępne materiały z wynikami badań i ocen, które mogłyby być wykorzystane przy opracowywaniu projektu budowlanego.

<sup>4)</sup> Pilność robót: 1 – roboty konieczne, 2 – roboty pożądane, niekonieczne, np. w przypadku ograniczeń finansowych.

Tablica 3

### Wady odwodnienia

Tor nr	Kilometry		Łączna długość	Strona: L – lewa P – prawa	Rodzaj istniejącego lub proponowanego ciągu odwadniającego: R – rów ziemny, ROP – rów obudowany korytkami płytkimi, ROG – rów obudowany korytkami głębokimi, D – drenaż podziemny K – kolektor P – przepust	Stan odwodnienia: • brak odwodnienia, konieczna budowa <sup>1)</sup> • wymagana przebudowa • wymagane oczyszczenie i naprawa
	od	do				
1	2	3	4	5	6	7

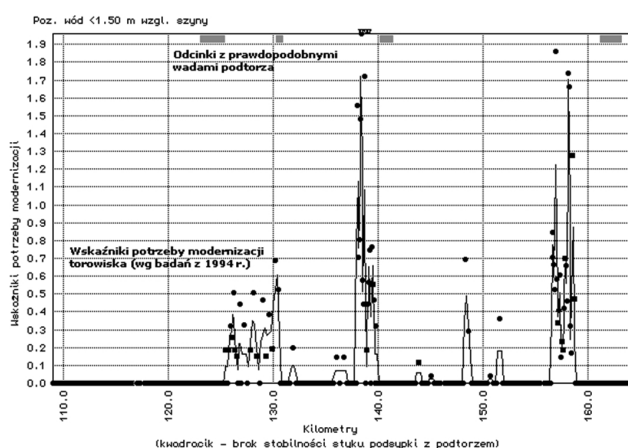
Objaśnienia:

<sup>1)</sup> Podać miejsce odprowadzenia wód (kilometr linii, nazwa odbiornika).

Znacznie rzadziej są wykonywane wiercenia głębsze w celu oceny stateczności nasypów.

Wykorzystanie do oceny stanu podtorza **wyników oględzin i okresowych pomiarów stanu toru** znacznie skraca okres od wystąpienia wady podtorza do momentu podjęcia jego naprawy. Uzyskiwane w ten sposób wyniki nie są jednak w pełni wiarygodne i w zasadzie mogą służyć jedynie do typowania odcinków do dalszych szczegółowych badań. Wpływa bowiem na nie zróżnicowanie stanu nawierzchni na poszczególnych odcinkach badanej linii (uszkodzenia przytwierdzeń szyn do podkładów, zanieczyszczenie podsypki), zmiany położenia toru na skutek robót torowych (podbicia podkładów, oczyszczanie podsypki), niejednorodność torów w rejonach obiektów inżynierskich, sezonowe zmiany zagęszczenia gruntów znajdujących się bezpośrednio pod podsypką oraz wiele innych czynników [11].

Na etapie opracowywania projektów wykonawczych należy więc wykonać szczegółowe badania geotechniczne podtorza i określić faktyczne potrzeby w zakresie jego wzmocnień i odwodnień na poszczególnych odcinkach. Może okazać się, że stan toru na danym odcinku jest zły tylko z powodu braku podsypki lub jej nadmiernego zanieczyszczenia i poprawi się po wymianie nawierzchni, albo wręcz przeciwnie – wycięcie górnych warstw podłoża podkładów w celu zabudowy nowej nawierzchni spowoduje odsłonięcie niekorzystnych spoiwytch gruntów podtorza i lawinowe narastanie odkształceń toru. Przykładowe porównanie lokalizacji odcinków ze złym stanem toru i lokalizacji wad torowiska określonych na podstawie wierceń pokazano na rysunku 9.



Rys. 9. Porównanie wad podtorza z na linii E-20 w km 109–164 [8, 16]

Udaną próbę wstępnej oceny stanu podtorza na podstawie okresowych pomiarów stanu toru przeprowadzono podczas przygotowań do naprawy głównej CMK [5, 11].

W ostatnich latach liczne firmy zachęcają do stosowania geofizycznej wskaźnikowej **metody georadarowej** (GPR – *Ground Penetrating Radar*), polegającej na generowaniu impulsów elektromagnetycznych i odbieraniu promieniowania rozproszonego oraz odbitego na granicach ośrodków o odmiennych właściwościach. Metoda ta pozwala uwidoczniać zmiany względnej przenikalności elektrycznej ośrodka gruntowego (względna przenikalność elektryczna, dawniej stała dielektryczna, jest wielkością bezwymiarową, określającą ilokrotnie przenikalność elektryczna danego ośrodka  $\epsilon$  jest większa od przenikalności elektrycznej próżni  $\epsilon_0$ ).

Dokładność odwzorowania i głębokość penetracji georadaru zależy od częstotliwości impulsów elektromagnetycznych; im większa częstotliwość impulsów, tym większa dokładność, ale mniejszy zasięg. Głębokość penetracji może sięgać kilkudziesięciu metrów. W praktyce najczęściej stosuje się częstotliwość nadajnika 10 MHz–2 GHz, w geologii 20–80 MHz, w podtorzu zaś 200–300 MHz.

Zaletą georadaru jest ciągłość zapisu i duże tempo badań oraz ich mały koszt. W przypadku rozpoznania górnych warstw podtorza, koszt badania wynosi obecnie 800–900 zł/km toru. W celu porównania, koszt płytkich wierceń i pomiarów modułów odkształceń torowiska wraz z opracowaniem dokumentacji geotechnicznej wynosi około 5–6 tys. zł/km toru, a z zaprojektowaniem wzmocnień torowiska około 6–8 tys. zł/km toru.

Głównym problemem w przypadku georadaru jest jednak przydatność uzyskanych w ten sposób wyników. Z wartości przenikalności dielektrycznych różnych materiałów wynika, że możliwości rozróżnienia gruntów i ich stanów są niewielkie (tabl. 4). Potwierdza to przykładowy wynik badań (rys. 10).

Rozpoznanie jest utrudnione także z powodu dużej niejednorodności podtorza, zakwaszenia lub zasolenia wody zawartej w gruncie, zanieczyszczenia toru opiłkami z klocków hamulcowych, zbrojenia podkładów i wielu innych czynników. Sytuację pogarsza również nieznormalizowany sposób badań, obróbki i wizualizacji wyników badań. Obróbka wyników badań georadarowych jest dokonywana podobnie jak obróbka obrazu rastrowego w fotografii cyfrowej. Surowe dane wejściowe, tzw. falogramy, są szare, z licznymi zakłóceniami, np. od podkładów, odbiciami od metali przy powierzchni terenu. Właściwa obróbka w celu przytłumienia lub usunięcia zakłóceń, wzmocnienia słabych sygnałów i uwidocznienia poszukiwanych obiektów lub konstrukcji w przypadku badania górnych warstw podtorza jest dokonywana w kilku fazach:

1. Usuwanie sygnału bezpośredniego oraz zakłóceń stałych (*background removal*).
2. Usuwanie niepożądanych częstotliwości, np. odbić od metali przy powierzchni terenu (*ringing removal*).

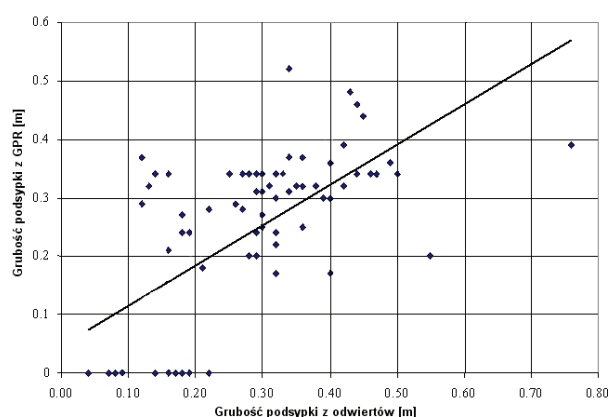


Tablica 4  
Przenikalności elektryczne względne  $\epsilon$  niektórych materiałów („stałe dielektryczne”)

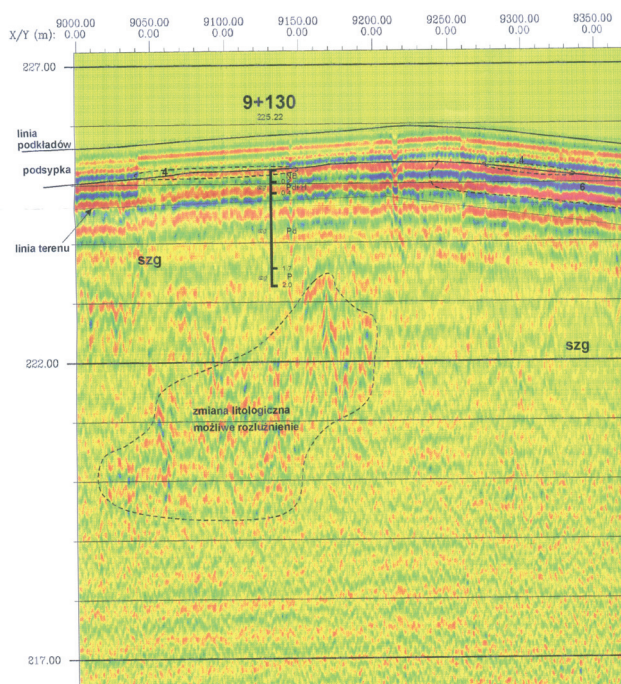
Lp.	Materiał	$\epsilon$
1	2	3
1	Próżnia	1,000
2	Powietrze	1,00054–1,00059
3	Woda destylowana	81
4	Woda słodka i morska	80–88
5	Lód	3–4 (8)
6	Piasek suchy	4–5
7	Piasek nawodniony	20–30
8	Piasek próchniczny	19–21
9	Pył	5–30
10	Gлина	5–40
11	Иł	4–14
12	Morena	9–25
13	Mułowiec	9–23
14	Łupek	5–15
15	Wapień	7–16
16	Granit	5–8
17	Beton	4–10
18	Drewno	3

3. Wzmocnienie słabych sygnałów (*gain*) – w miarę zwiększania głębokości powracający sygnał jest coraz słabszy.
4. Zwiększenie kontrastu.
5. Zmiana palety na barwną, uwidaczniającą cel badań.

Wszystko to powoduje, że uzyskanie parametrów liczbowych przydatnych w projektowaniu przy użyciu metody georadarowej nie jest możliwe. Niewielką przydatność tej metody w ocenie grubości warstwy podsypki na liniach długo eksploatowanych ilustruje rysunek 11.

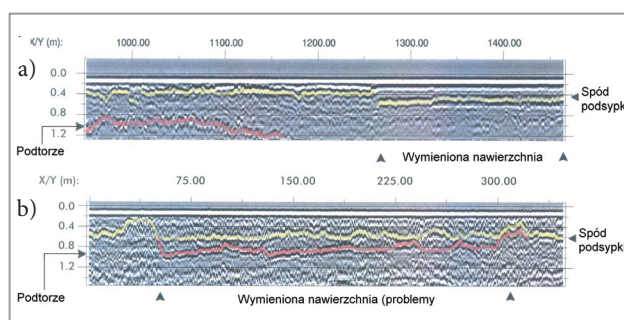


Rys. 11. Porównanie grubości warstwy podsypki z wiercen i badań georadarowych na linii E-20 [1, 8]



Rys. 10. Wynik badań georadarem z zaznaczoną strefą prawdopodobnego rozluźnienia gruntu [1]

W przypadku oceny stanu eksploatowanego podtorza można jedynie mówić o tzw. anomaliach. Przykładowo badania na jednej z linii wykazały, że udział odcinków z anomaliami podtorza w torze nr 1 wynosi 42,45%, zaś w torze nr 2–57,62%. Na innej linii udział odcinków podtorza wykazującego anomalie wynosił 80–90%. Doświadczenia te nie dyskwalifikują metody georadarowej w zastosowaniach kolejowych, gdyż może być ona wykorzystana na przykład w kontroli prawidłowości robót nawierzchniowych, np. w pomiarze grubości nowej warstwy lub oczyszczonej podsypki (rys. 12).



Rys. 12. Badania georadarowe podsypki

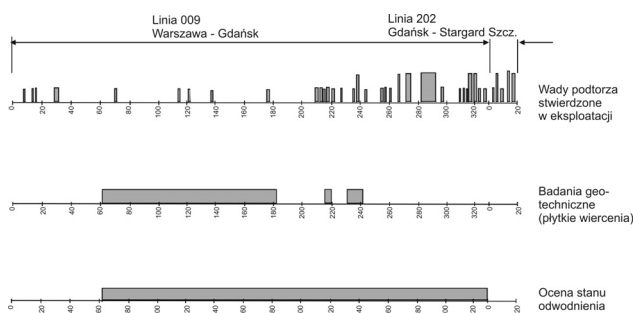
### 3.4. Projektowanie i wykonawstwo robót

Warunkiem właściwego zaplanowania, przygotowania i wykonania prac jest znajomość istniejącego stanu. W przypadku podtorza takie rozpoznanie jest szczególnie trudne, gdyż:

- informacje gromadzone przez jednostki utrzymaniowe ograniczają się obecnie do tzw. kart słabych miejsc w podtorzu,
- badania geotechniczne są czasochłonne,
- wyniki z przeprowadzonych badań nie pozwalają zazwyczaj określić zakresu wymaganych prac (najczęściej konieczne są dodatkowe obliczenia projektowe lub szczegółowe ekspertyzy).

Warto zauważyć, że w przypadku modernizacji drogi kolejowej elementem krytycznym jest podtorze, gdyż najpierw projektuje się modernizację układu torowego, później zaś modernizację podtorza. Natomiast kolejność robót jest odwrotna, co często powoduje, że na właściwe zaprojektowanie i wykonanie robót podtorzowych brakuje już czasu. Uwidacznia się to zwłaszcza w przypadku zleceń kompleksowych, obejmujących zarówno projektowanie, jak i wykonanie robót. W przypadku takich zleceń rozpoznanie najczęściej przeprowadza się bez odpowiedniego wyprzedzenia lub zbyt pośpiesznie.

Rozpoznanie do „modernizacji podtorza” z reguły ogranicza się do tzw. słabych miejsc w podtorzu oraz odwodnienia. Najczęściej wykonywane są wiercenia i pomiary modułów odkształceń, umożliwiające ocenę stanu i zaprojektowanie wzmocnień torowisk. Rzadziej natomiast rozpoznawane są miejsca zagrożone wystąpieniem osuwisk [10]. Przykładowy zakres rozpoznania podtorza na etapie studium wykonalności dla trasy Warszawa – Gdynia ilustruje rysunek 13. Szczegółowe sformułowanie zleceń w zakresie podtorza w systemie „projektuj i buduj” na podstawie takiego rozpoznania nie jest możliwe.



Rys. 13. Rozpoznanie podtorza na trasie Warszawa – Gdynia [14]

Z tych względów szczególnego znaczenia nabiera jakość dokumentacji projektowej, która powinna być sprawdzona pod względem [15]:

- kompletności dokumentów,
- poprawności rozpoznania geotechnicznego istniejącego podtorza i podsypki,
- poprawności wymiarowania wzmocnień,
- poprawności konstrukcji wzmocnień,
- poprawności rozpoznania warunków robót na danym odcinku,
- przewidywanych utrudnień w robotach,
- możliwości wykonania zaprojektowanych wzmocnień według założonych technologii.

### 3.5. Nieprawidłowości robót

Nieprawidłowości robót to pojęcie szerokie, obejmujące całość prac, a nie tylko zgodność ich wykonania z projektem, do czego zazwyczaj ograniczają się odbiory robót. Jest wiele powodów by interesować się nieprawidłowościami. Najważniejszy to ten, że źle prowadzone prace trwają najczęściej dłużej, powodują pogorszenie jakości podtorza lub powstanie niemożliwych albo trudnych do usunięcia jego wad. Argumentem może być fakt, że ludzie zawsze popełniają błędy i powinni wyciągać z nich wnioski [12].

Do zainteresowania nieprawidłowościami powinny również skłaniać wprowadzone na PKP zmiany systemowe i organizacyjne, mogące negatywnie wpływać na jakość prac. Wymienić tu można likwidację zespołów technologicznych w dawnych dokp, odejście wielu specjalistów z zakresu podtorza, drastyczne zmniejszenie liczby zatrudnionych geologów i geotechników, rozproszenie potencjału biur projektów kolejowych, a także stosowaną obecnie zasadę zlecania wszystkich prac jednostkom spoza PKP, przeważnie w systemie „projektuj i buduj”.

Należy zauważyć, że prace zasadnicze, tzn. wykonawstwo, są jedynie elementem całego procesu modernizacji lub naprawy podtorza. Proces ten musi być nadzorowany przez użytkownika (inwestora). Między innymi powinien on upewnić się w tym, że zamierzenie zostało należycie przygotowane. Istotna jest też rola projektanta, geologa lub geotechnika oraz nadzoru budowlanego [12]. Nieprawidłowości mogą bowiem odnosić się do każdego uczestnika prac, każdego obiektu lub jego elementu i każdej fazy prac. W przypadku podtorza wyróżnić można następujące fazy prac:

- 1) rozpoznanie – inwentaryzacja budowli i urządzeń oraz przeszkód, rozpoznanie warunków wodno-gruntowych,
- 2) opracowanie projektu – określenie konstrukcji, zasad jej wykonania i kontroli,
- 3) przyjęcie dokumentacji projektowej,
- 4) przygotowanie robót – przygotowanie materiałów, sprzętu, pracowników, technologii i organizacji,
- 5) przegląd przedwykonawczy – ocena stanu przygotowań, możliwych zagrożeń, prawidłowości koordynacji robót,

- 6) prace wstępne – demontaż urządzeń, usunięcie przeszkód, wykonanie odwodnienia roboczego, pomiary,
- 7) prace zasadnicze – roboty ziemne i odwodnieniowe, wzmacnianie podtorza,
- 8) częściowe odbiory robót – między innymi odbiory robót zanikających i zakrywanych,
- 9) prace wykończeniowe - oczyszczanie i rekultywacja terenu robót,
- 10) Kontrola uporządkowania terenu i uszkodzeń podtorza podczas innych prac,
- 11) odbiór końcowy i pogwarancyjny robót.

Ze względu na przewidywane skutki, wyróżnia się nieprawidłowości, które wpływają na:

- stateczność budowli,
- doraźną i eksploatacyjną wytrzymałość podłoża podkładów,
- estetykę budowli i łatwość jej utrzymania,
- tempo prac.

Natomiast pod względem formalnym można wyróżnić nieprawidłowości:

- 1) dopuszczalne, tzn. nie mające istotnego wpływu na stateczność podtorza, skuteczność i trwałość odwodnienia, wynikające najczęściej z niespełnienia tzw. wymagań emocjonalnych, dotyczących, np. estetyki wyglądu,
- 2) niedopuszczalne, mające zazwyczaj charakter wad podtorza, wynikające zwykle z niespełnienia wymagań użytkowych, takich jak bezpieczeństwo, trwałość, łatwość utrzymania, ochrona środowiska:
  - zmniejszające trwałość podtorza, w tym jego odwodnienia (skracające czas pomiędzy naprawami).
  - zagrażające stateczności podtorza i bezpieczeństwu ruchu pociągów.

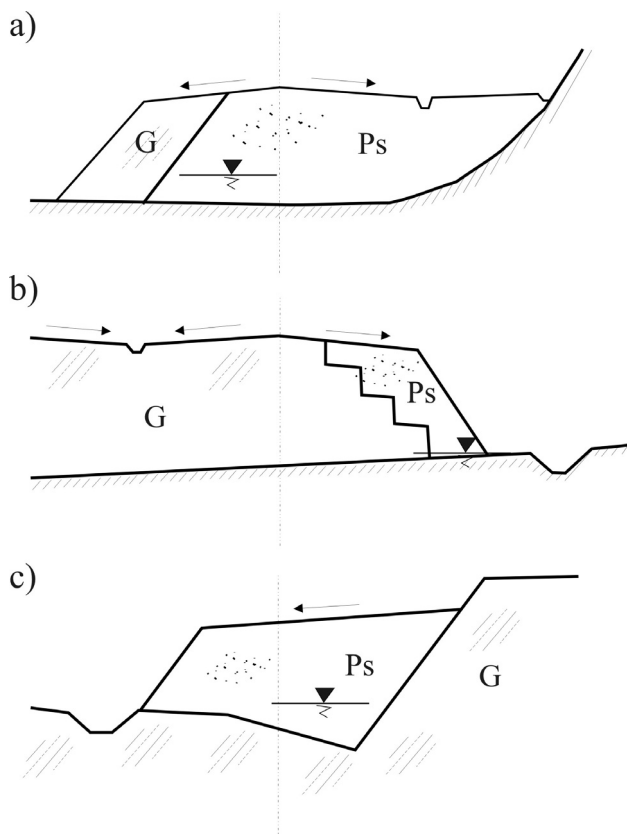
Podział taki znajduje odzwierciedlenie w warunkach technicznych utrzymania podtorza kolejowego Id-3, w których podtorze nie spełniające wymagań traktuje się jako budowlę o obniżonej jakości. Wykonuje się wtedy niezbędne pomiary i analizy, określa przyczyny i skutki niespełnienia wymagań, możliwości wyeliminowania lub złagodzenia tych skutków, poprawienia jakości w dalszych fazach robót lub eksploatacji. Na tej podstawie ustala się:

- czy odchylenia od wymagań mają jedynie charakter „niezgodności” i podtorze może być odebrane jako „pewne konstrukcyjnie”,

- ewentualną odpowiedzialność uczestników procesu budowlanego za obniżenie jakości robót.

Ustalenie przyczyn nieprawidłowości niekiedy może być trudne, gdyż w wielu przypadkach pewne nieprawidłowości są skutkiem innych. Na przykład zbyt późne podjęcie decyzji o modernizacji linii może się przyczynić do niedostatecznego rozpoznania stanu podtorza, niedopracowania projektu i tym podobne.

Niektóre nieprawidłowości, takie np. jak nierówności powierzchni budowli, są łatwo zauważalne. Inne natomiast mogą być wykryte jedynie przez specjalistę, np. geotechnika lub geologa (np. projekt modernizacji podtorza na stacji w trudnych warunkach wodno-gruntowych na podstawie rozpoznania w trzech punktach). Zazwyczaj najgroźniejsze są nieprawidłowości o charakterze wad ukrytych, takie jak odwrotne spadki drenaży podziemnych lub konstrukcje podtorza sprzyjające stagnacji wód i osuwiskom (rys. 14). Najczęstsze nieprawidłowości i ich przyczyny zestawiono w tablicy 4.



Rys. 14. Nieprawidłowe rozmieszczenie gruntów przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych w poszerzonym podtorzu [12]

Tablica 4

## Najczęstsze nieprawidłowości w robotach podtorza [12]

Nieprawidłowości (i ich możliwe skutki)	Przyczyny
<b>A. Niezależne i mało zależne od projektantów i wykonawców</b>	
A1. Niewłaściwe lub opóźnione decyzje (niedostateczne rozeznanie warunków, realizacja prac bez projektu lub w niekorzystnych warunkach, przestoje, pogorszenie jakości i zwiększenie kosztów prac lub użytkowania budowli)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nieprzygotowanie kadry zarządzającej</li> <li>– brak wariantów innych lokalizacji prac (brak rozeznania użytkowników, baz danych itp.)</li> <li>– brak alternatywnych projektów</li> </ul>
A2. Nieuwzględnienie warunków wodno-gruntowych (osuwiska, spływy, nadmierne osiadania podtorza w eksploatacji, zmniejszenie tempa prac)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak lub niewykorzystanie zaplecza badawczego</li> <li>– niewłaściwe rozpoznanie miejsca robót (zbyt mała liczba otworów badawczych, otwory zbyt płytkie lub niewłaściwie rozmieszczone, zbyt geologiczne lub geotechniczne podejście do badań)</li> <li>– przybliżone metody oceny właściwości gruntów i nośności podłoża</li> <li>– brak oceny stateczności budowli</li> <li>– brak kontroli w czasie robót oraz bieżących korekt rozwiązań projektowych</li> </ul>
A3. Nieuwzględnienie warunków klimatycznych (uszkodzenia elementów przez mróz, zalania i rozmycia miejsca robót, przestoje)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedostateczne rozpoznanie miejscowych warunków wodno-gruntowych</li> <li>– niewłaściwe zabezpieczenie przed mrozem</li> <li>– brak roboczego odwodnienia</li> <li>– brak kontroli prawidłowości prowadzonych prac</li> </ul>
A4. Nieuwzględnienie warunków lokalnych (przestoje, uszkodzenia i awarie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedostateczne rozpoznanie miejscowych przeszkód</li> <li>– brak sprzętu do wykrywania metali, kabli, zaspanych ciągów drenarskich itp.</li> </ul>
A5. Nieuwzględnienie możliwości wykonawczych, m.in. dostępności materiałów (zmniejszenie tempa prac, często pogorszenie ich jakości)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak współpracy pomiędzy projektantem i wykonawcą</li> </ul>
<b>B. Zależne głównie od projektantów</b>	
B1. Zastosowanie nieodpowiednich materiałów lub materiałów zastępczych (pogorszenie trwałości i jednorodności budowli, niekiedy osuwiska, spływy itp.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedostateczne rozpoznanie złóż materiałów</li> <li>– rozsegregowanie się materiałów sypkich w czasie transportu</li> <li>– brak kontroli w czasie robót</li> <li>– brak nadzoru autorskiego</li> </ul>
B2. Niewłaściwy układ warstw gruntów (zwiększone osiadania z powodu mieszania się gruntów i wewnętrznej erozji, niekiedy osuwiska i spływy z powodu stagnacji albo spiętrzenia się wód)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedostateczne rozpoznanie miejscowych warunków wodno-gruntowych</li> <li>– niespełnienie wymagań dla wielowarstwowych podbudów</li> <li>– brak weryfikacji projektu, ewentualnie przeglądu przedwykonawczego</li> </ul>
B3. Niewłaściwy zakres stosowania odwodnień – brak urządzeń lub budowa urządzeń niepotrzebnych albo o zbyt dużej przepustowości (zmniejszenie stateczności podtorza albo zwiększenie kosztów i zmniejszenie tempa prac, zamulanie urządzeń)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– niedostateczne rozpoznanie miejscowych warunków wodno-gruntowych</li> <li>– brak zasad stosowania odwodnień gruntów sypkich</li> <li>– niewłaściwe sposoby obliczeń maksymalnych dopływów i przepływów wód</li> </ul>
B4. Niewłaściwa konstrukcja urządzeń odwadniających (uszkodzenia studzienek przez maszyny torowe, uszkodzenia rur, narastające zanieczyszczenie studzienek i drenów, pogorszenie odpływu wód, zmniejszenie nośności podtorza)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nieodpowiednia konstrukcja studzienek, m.in. brak studzienek przystosowanych do wąskich międzytorzy</li> <li>– zbyt małe spadki ciągów odwodnieniowych lub zbyt duże ich przekroje</li> <li>– niewłaściwy lub zanieczyszczony materiał filtru</li> <li>– rury o nieodpowiedniej wytrzymałości</li> <li>– niewłaściwe połączenia rur ze studzienkami (np. brak podbudowy)</li> <li>– brak kontroli jakości materiałów, zagęszczania itp.</li> </ul>
B5. Niewłaściwe umocnienie powierzchni budowli (zmniejszenie odporności skarp na wpływy atmosferyczne, zmycia, spływy itp.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nieodpowiedni skład mieszanki nasion</li> <li>– wadliwe wykonawstwo</li> <li>– brak kontroli prac</li> </ul>

cd. Tablica 4

C. Zależne głównie od wykonawców	
C1. Niedostateczne zagęszczenie gruntów (mieszanie się gruntów przylegających warstw, zwiększone osiadania toru, zmniejszenie stateczności)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak zaleceń technologicznych</li> <li>– wadliwa technologia prac (zagęszczanie gruntów o niewłaściwej wilgotności, nieodpowiedni sprzęt lub za mała liczba jego przejeżdż, zbyt duża grubość zagęszczanej warstwy)</li> <li>– brak kontroli prac</li> </ul>
C2. Nierówności powierzchni budowli (pogorszenie estetyki i spływu wód, zmniejszenie stateczności)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– transport roboczy po torze bez warstwy podsypki</li> <li>– wadliwe wykonawstwo lub nieuwzględnienie możliwości wykonawcy</li> <li>– brak kontroli prac</li> </ul>
C3. Zła jakość odwodnień (uszkodzenia studzienek i zasypki filtracyjnej wskutek niesymetrycznego ułożenia drenażu, lokalne zastoiska wody, wysypywanie się gruntu do drenów przez zbyt duże szczeliny, pogorszenie spływu wód)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– błędy w projekcie lub wytyczaniu robót</li> <li>– wadliwe wykonawstwo (niewłaściwie przygotowany wykop lub warstwa wyrównawcza, niedostateczne zagęszczenie gruntów)</li> <li>– brak kontroli jakości wbudowywanych materiałów (zwłaszcza ceramicznych i betonowych) i kontroli międzyoperacyjnych</li> </ul>
C4. Wadliwa koordynacja prac (zanieczyszczenie, uszkodzenie lub zniszczenie wykonanych już elementów, zbędne przewozy, zmniejszenie tempa prac i pogorszenie ich jakości)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak zaleceń dot. technologii i organizacji prac</li> <li>– brak zastabilizowanych w terenie punktów orientacyjnych</li> <li>– nieodpowiedni wykonawca</li> <li>– brak kontroli</li> </ul>
D. Zależne głównie od użytkowników	
D1. Brak uaktualnionej dokumentacji powykonawczej (brak danych niezbędnych do przyszłych prac i uzgodnień)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– brak zlecenia na opracowanie dokumentacji powykonawczej</li> <li>– nieuwzględnienie dokumentacji przy odbiorze robót</li> </ul>
D2. Niewłaściwa eksploatacja i utrzymanie podtorza (zależnie od warunków miejscowych: pogorszenie wyglądu, uszkodzenia wzmocnień torowisk, zmniejszenie trwałości budowli lub utrata jej stateczności)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– podjęcie eksploatacji przed zakończeniem robót (np. toru bez podsypki z niewłaściwie rozmieszczonymi podkładami, bez trwałego połączenia szyn)</li> <li>– oczyszczanie podsypki przy niewłaściwym pochyleniu belki podtorowej</li> <li>– wycinanie warstw ochronnych torowiska przez oczyszczarki tłucznią</li> <li>– usuwanie odsiewek na ławy torowiska i skarpy</li> <li>– niewłaściwy nadzór</li> </ul>

Obecnie, przy ogólnie dobrej kontroli jakości materiałów i elementów, główną przyczyną nieprawidłowości są błędy popełniane w trakcie rozpoznania, projektowania, przygotowania i wykonawstwa robót. Udział tzw. czynników obiektywnych, takich jak niepogoda, jest niewielki. Z tych względów ważnym etapem prac powinien być przegląd przedwykonawczy, umożliwiający ostateczną ocenę poprawności rozwiązań projektowych, stanu przygotowań i możliwych zagrożeń.

Należy zauważyć, że używa się tutaj ogólnego określenia „nieprawidłowość”, a nie „wada”, lub zła „jakość”, gdyż według normy PN-EN ISO 9000 [6] oraz PN-EN 28402 [7] ostatni termin oznacza ogół cech i właściwości decydujących o zdolności wyrobu lub usługi do zaspokojenia stwierdzonych lub przewidywanych potrzeb. Terminu „jakość” nie należy zatem stosować do wyrażania stopnia doskonałości wyrobu lub usługi. Najczęściej nie jest on też związany z klasą jakości wyrobu, co oznacza, że wyrób wysokiej klasy może być nieodpowiedniej jakości z punktu widzenia zaspokojenia potrzeb i odwrotnie. Z jakością może natomiast wiązać się termin „niezawodność”, określający zdolność obiektu do spełniania wymaganych funkcji w określonych warunkach i określonym przedziale czasu.

Ponadto, według wspomnianych norm, wymagania dotyczące wyrobu lub usługi ustalone w specyfikacji mogą różnić się od wymagań związanych z zamierzonym użytkowaniem. Dlatego niespełnienie wymagań podanych w specyfikacji, które nie pociąga za sobą niemożności użytkowania obiektu, należy zawsze nazywać „niezgodnością”.

Natomiast „wada” oznacza niespełnienie wymagań użytkowych, np. wymagań dotyczących bezpieczeństwa. Termin ten powinien być więc stosowany ze szczególną ostrożnością, gdyż jest związany z prawną odpowiedzialnością za wyrób lub usługę.

#### 4. Archiwizacja danych o podtorzu

Obecnie efektywność każdego przedsięwzięcia coraz częściej zależy od sprawnego obiegu wiarygodnych i aktualizowanych na bieżąco informacji. W drogach kolejowych realizujących oferty przewozowe, szczególną pozycję zajmuje ich utrzymanie. Każde zamknięcie torów w celu wykonania przebudowy lub naprawy powoduje dotkliwe straty, perturbacje w ruchu i zmniejszenie zdolności przepustowej linii. Z drugiej strony

ograniczonosc posiadanych srodkow i koniecznosc produktywnego ich wykorzystania wymaga ciaglego obnizania kosztow eksploatacji drogi.

Wymagania te mozna najlatwiej spelnic w przypadkach budowy lub modernizacji linii. Natomiast w przypadku linii istniejacych, konieczne jest ciagle doskonalenie metod diagnostyki i optymalizacja utrzymania dróg. Nalezy tu zauwazyc, ze polaczenie kilku sluzb kolejowych zwiekszylo zakres obowiazkow zarzadcow infrastruktury, jednoczesnie jednak stworzylo lepsze warunki do planowania i koordynowania kompleksowych prac, np. przez wykonywanie wielu prac w tych samych zamknięciach torow dla ruchu. Wykorzystanie tej mozliwosci zalezy jednak od posiadania i sprawnego przetwarzania informacji.

Dlatego na poszczegolnych kolejach wprowadza sie zarowno systemy ewidencyjno-decyzyjne, gromadzace dane i wspomagajace zarzadzanie infrastrukturą, jak i systemy diagnostyczno-doradcze, wykorzystywane m.in. do agregowania danych i oceny stanu elementow drogi kolejowej [14]. Podzial ten jest umowny, gdyz najczesciej zgromadzone dane sa wykorzystywane do roznych celow zwiazanych ze sprawnym zarzadzaniem. W kazdym jednak systemie, podstawowym elementem jest odpowiednia baza danych. Rozwoj technologii informatycznych i oprogramowania sprawily, ze systemy takie staly sie dostepne dla wszystkich uzytkownikow, rowniez dla tych, ktorzy poprzednio nie mogli sobie pozwolic na wieksze inwestycje w dziedzinie organizacji pracy.

W karcie UIC 719 R zaleca sie zbieranie nastepujacych informacji o podtorzu [2]:

1. Charakterystyka toru (aktualne i prognozowane prędkosci pociągów i obciążenia).
2. Istniejący i prognozowany rodzaj budowli.
3. Istniejące warstwy podtorza i wzmocnienia torowiska.
4. Sposób utrzymania i koszt robót utrzymaniowych.
5. Rodzaje i lokalizacja uszkodzeń podtorza (odkształcenia, wychłapki, wysadziny).
6. Zapisy z wagonów pomiarowych.
7. Wyniki wstępnego rozpoznania i informacja dotycząca miejscowych warunków wodno-gruntowych.
8. Aktualne i planowane położenie toru.
9. Aktualne i planowane roboty w tym rejonie (odwodnienia, przejazdy, wiadukty).
10. Możliwości podłączenia do istniejących już sieci odwodnieniowych.
11. Stan na odcinkach sąsiadujących i możliwości naprawy.
12. Planowane naprawy.
13. Zasady ruchu w czasie wykonywania napraw.
14. Istniejące zabezpieczenia przed wodą.

Istniejące w Polsce systemy, takie jak DP-3 – Ekspercki System Diagnostyka Podtorza, nie odnoszą się do całej sieci. Natomiast inne, takie jak POS – Prowa-

zenie Opisu Sieci, POSEOR – System Ewidencji Ograniczeń Prędkości i Ich Rozliczania, SEPE – System Ewidencjonowania Pracy Eksploatacyjnej, SILK – System Informacji o Liniach Kolejowych, SMOK – System Zarządzania Mostami Kolejowymi, nie uwzględniają stanu podtorza. Nie są więc przydatne w zarządzaniu utrzymaniem podtorza.

W obowiązujących obecnie warunkach technicznych Id-3 wymaga się jedynie zakładania i utrzymywania tzw. „Kart ewidencyjnych słabych (zagrożonych) miejsc w podtorzu” oraz trwałej archiwizacji dokumentacji z badań, dokumentacji projektowych i powykonawczych.

W Instytucie Kolejnictwa opracowano założenia komputerowego systemu wspomagania zarządzaniem infrastrukturą PKP PLK S.A., w których uwzględniono następujące dane o podtorzu [19]:

1. Charakterystyka podtorza (położenie torowiska względem terenu, szerokość torowiska, rodzaj ciągu odwodnieniowego).
2. Stan podtorza (stan budowli ziemnej, stan torowiska, stan ciągu odwodnieniowego).
3. Ograniczenia eksploatacyjne z powodu wad podtorza (wpływ ograniczenia na eksploatację, wiarygodność oceny stanu podtorza).
4. Modernizacje i remonty podtorza (rodzaj robót, elementy objęte robotami, rok wykonania robót).

Wdrożenie takiego systemu pozwoliłoby usprawnić utrzymanie całej infrastruktury kolejowej.

## 5. Podsumowanie

Zmienione warunki działania PKP wymagają odpowiedniego podejścia do modernizacji, rewitalizacji i napraw podtorza, zwłaszcza zaś zwrócenia szczególnej uwagi na efektywność prac. Konieczne jest przede wszystkim doskonalenie metod diagnostyki i utrzymania, m.in. przez tworzenie systemów baz danych, umożliwiających ewidencjonowanie stanu i usprawnienie prac utrzymaniowych. Mimo istniejących ograniczeń finansowych, konieczne jest również wygospodarowanie większych środków na planowanie i przygotowanie prac, szkolenia kadry PKP i projektantów, opracowywanie aktów normatywnych.

Pierwotną przyczyną, stwierdzanych obecnie nieprawidłowości większości robót, jest brak przygotowania, wynikający między innymi ze stosowania zasady wyboru najtańszego wykonawcy robót oraz sztywnego okresu realizacji zamierzenia. Przyczynia się to do powstawania innych nieprawidłowości, takich jak niedostateczne rozpoznanie podtorza, usterki projektowe, rozpoczynanie robót bez pełnej dokumentacji technicznej, nieprzygotowanie wykonawców itp., wpływających w rezultacie destrukcyjnie na przebieg, koszt i wynik całości zamierzenia.

Modernizację lub rewitalizację podtorza utrudnia przede wszystkim niewłaściwa diagnostyka, w tym zbyt mała liczba badań geotechnicznych, ograniczanie badań do torowiska, zastępowanie badań geotechnicznych badaniami georadarowymi. Wpływ niewłaściwej diagnostyki uwidacznia się zwłaszcza na etapie projektowania. Jak wiadomo, projektowanie rozpoczyna się od opracowania układu torowego, do którego następnie dowiązuje się poszczególne rozwiązania branżowe. Natomiast kolejność robót nawierzchniowych i podtorzowych jest odwrotna. Na wykonanie badań i opracowanie projektu podtorza nie zawsze starcza więc czasu.

Szczególnie trudna i kosztowna jest naprawa osuwisk, będących przyczyną licznych ograniczeń i przerw w ruchu pociągów. Dlatego konieczne jest zwrócenie większej niż dotychczas uwagi na działania zapobiegawcze, polegające m.in. na:

- niedopuszczeniu do pogorszenia się warunków pracy podtorza,
- możliwie wczesnym wykrywaniu potencjalnych zagrożeń (np. przy wykorzystaniu systemu eksperckiego DP, wyników okresowych pomiarów stanu toru),
- wprowadzeniu zasady pełnego rozpoznania stanu podtorza przed modernizacją lub rewitalizacją linii.

Wprowadzone zmiany systemowe i organizacyjne powodują nasilenie niektórych nieprawidłowości. Wynika to ze wzrostu znaczenia użytkowników-zleceniodawców, którzy muszą teraz oceniać proponowane materiały i rozwiązania konstrukcyjne, wybierać najkorzystniejsze oferty, uzgadniać projekty, koordynować i odbierać prace. Konieczne są więc odpowiednie szkolenia zleceniodawców i pracowników jednostek eksploatacyjnych.

Dotychczasowe doświadczenia z modernizacji i rewitalizacji linii PKP wskazują również na potrzebę planowania napraw dróg kolejowych kompleksowo i z odpowiednim wyprzedzeniem (rys. 8). Pozwoliłoby to wydłużyć okres przygotowywania robót (badań, projektowania) i wykonać pełne rozpoznanie geotechniczne podtorza przed rozpoczęciem prac projektowych.

Należałoby również podjąć prace nad systemem ewidencyjnym, mogącym stanowić podstawę planowania całościowych napraw dróg kolejowych, w tym podtorza, a w dalszej kolejności także podstawę zarządzania infrastrukturą.

## Literatura

1. Ciągła analiza struktury podtorza na podstawie badań georadarowych i geotechnicznych linii kolejowej Łódź Fabryczna – Koluszki 0+000 – 26+100 km. Geopartner Sp. z o.o. Kraków, grudzień 2003 r.
2. Earthworks and track bed for railway lines. Code 719 R (3<sup>rd</sup> edition). International Union of Railways 2008.
3. Goszyła M.: *Wiedza konieczna – Projektuj i Buduj*, Kwiecień – czerwiec 2008, [http://www.polskicement.cp.win.pl/3/1/artykuly/2008\\_2\\_46,47,48.pdf](http://www.polskicement.cp.win.pl/3/1/artykuly/2008_2_46,47,48.pdf) (dostęp 9.03.2015).
4. Id-3 Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego. Załącznik do Zarządzenia nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 4 maja 2009 r.
5. Lipko C., Skrzyński E.: *Ocena jakości i metody wzmacniania podłoża na linii CMK przy v=200 km/h*, Praca CNTK nr 1180/27, Warszawa 1991.
6. PN-EN ISO 9000:2006 Systemy zarządzania jakością – Podstawy i terminologia.
7. PN-EN 28402:1993 Jakość – Terminologia (*norma wycofana*).
8. Pomoc techniczna na opracowanie projektu Modernizacja kolejowego korytarza nr II (E20 i C-E20) – pozostałe roboty, Modernizacja linii kolejowej E20 na odcinku Warszawa – Poznań – pozostałe roboty, odcinek Sochaczew – Swarzędz, Kontrakt ISPA 2002/PL/16/P/PA/009-02, Część B – Droga kolejowa, B3 – Podtorze kolejowe, Instytut Kolejnictwa i Centralne Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Kolejowego „KOLPROJEKT” Sp. z o.o. Warszawa, luty 2011.
9. Skrzyński E., Dąbrowski A.: *Szywność i nośność torowiska po modernizacji nawierzchni*, V międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Problemy modernizacji i budowy podtorza kolejowego”, Wrocław – Szklarska Poręba, 14–15 października 2010.
10. Skrzyński E.: *Diagnostyka osuwisk*, Referat na Ogólnopolską Konferencję Naukowo-Techniczną „Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym”, Zakopane, 13–14 kwietnia, 2000.
11. Skrzyński E.: *Diagnostyka podtorza*, Problemy Kolejnictwa, 1999, z. 129.
12. Skrzyński E.: *Nieprawidłowości robót ziemnych i odwodnieniowych (wprowadzenie do dyskusji)*, Referat na I Międzynarodową Konferencję Naukowo-Techniczną „Problemy modernizacji i napraw podtorza kolejowego”, Żmigród – Węglewo, 29–30 czerwca 2000.
13. Skrzyński E.: *Podtorze kolejowe*, Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2010.
14. Skrzyński E.: *Problemy utrzymania i modernizacji podtorza*, Referat na Międzynarodową Konferencję Naukowo-Techniczną „Technologie modernizacji i utrzymania linii kolejowych – 50 lat doświadczeń”, Wrocław, 3–4 czerwca 2004.

15. Skrzyński E.: *Projektowanie wzmocnień torowisk uwzględnieniem niejednorodności podtorza*, Prace CNTK 2003, z. 140/141.
16. Skrzyński E., Zelek Z.: *Obliczenia parametrów warstw ochronnych torowiska na odcinku Warszawa – Zamków linii E20* (praca zlec. przez Ośrodek Inicjatyw Wdrożeniowych i Produkcyjnych POLTECH w Warszawie), Warszawa, 1994 r.
17. Titov V.P.: *Wzmacnianie podtorza długo eksploatowanych linii kolejowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
18. Wielądek A.: *Zrównoważony rozwój transportu warunkiem rewitalizacji kolei w Polsce*, Problemy Kolejnictwa 2012, z. 156.
19. Założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap I – zestaw danych. Infrastruktura drogowa, Praca nr 4447/12. Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2011.
20. Założenia systemu wspomagania zarządzania infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap III – Testowanie, Infrastruktura drogowa, Praca nr 4517/12, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2012.

## Problems with Modernization and Revitalization of Subgrade

### Summary

The paper presents the experience of modernization and revitalization of substructure on the lines operated by PKP Polish Railway Lines. Characterized the current state of subsoil, irregularities encountered during planning, diagnosis, projecting and execution of the works. Particular attention was paid to the irregularities in the system of orders „design and build”. Identified the most common causes of irregularities and proposed ways to eliminate them. Highlighted the need for data archiving subgrade.

**Keywords:** railway subgrade, modernization, revitalization, irregularities of the work

## Проблемы модернизации и оживления нижнего строения пути

### Резюме

В статье представлен опыт по модернизации и оживления нижнего строения пути на железнодорожных линиях управляемых компанией PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Охарактеризовано состояние нижнего строения пути, неправильности при планировании работ, диагностики, проектирования и подрядных работ. Особенное внимание обращено на неправильности системы „проектируй и строй”. Определено самые частые причины неправильностей и предложено способы их элиминации. Указано необходимость архивирования данных о нижнем строении пути.

**Ключевые слова:** нижнее строение пути, модернизация, оживление, неправильности