

# Odwodnienie i jego wpływ na stabilność podtorza kolejowego

Eugeniusz SKRZYŃSKI<sup>1</sup>

## Streszczenie

W artykule scharakteryzowano odwodnienie podtorza kolejowego na liniach zarządzanych przez PKP PLK S.A. Zwrócono uwagę na negatywne skutki niewłaściwego odwodnienia oraz potrzebę systematycznego utrzymywania urządzeń odwadniających.

**Słowa kluczowe:** podtorze, odwodnienie

## 1. Wprowadzenie

Urządzenia odwadniające podtorze kolejowe są ważnym elementem budowli ziemnych, zapewniającym stabilność tych budowli i nawierzchni kolejowej podczas eksploatacji. Zabezpieczają przed napływem wód i niszczącym ich działaniem oraz zbierają i odprowadzają wody w celu zapewnienia ciągłej sprawności eksploatacyjnej drogi kolejowej. Na drogach kolejowych najczęściej stosuje się:

- drenaże liniowe naziemne, takie jak rowy,
- drenaże liniowe podziemne, takie jak ciągi drenarskie rurowe i sączki,
- drenaże płytowe, takie jak warstwy filtracyjne torowiska.

Drenaże dzielą się na powierzchniowe, zakładane w strefie przemarzania gruntów oraz głębokie, które nie zamarzają zimą. Do urządzeń odwadniających na drogach kolejowych zalicza się również m.in. ścianki szczelne, pokrycia odcinające dopływ wód, ekrany zapobiegające filtracji. Odwodnienia kolejowe niewiele różnią się od odwodnień stosowanych w innych budowlach komunikacyjnych, na przykład w drogownictwie. Istotną różnicą może być jedynie to, że nawierzchnie drogowe w odróżnieniu od kolejowych, w większości są szczelne i lepiej chronią przed wpływem wody i mrozu znajdujące się niżej grunty budowli ziemnych.

## 2. Wymagania dotyczące odwodnień

Podtorze na liniach zarządzanych przez PKP PLK S.A. nie jest jednorodne. Niejednorodność ta wynika ze zróżnicowania warunków geologicznych wybudowania przed I wojną światową ponad 83% podtorza z miejscowych gruntów i wielokrotnego dostosowywania podtorza do zmieniających się

wymagań. Z tych powodów w Polsce nie próbowano typować konstrukcji podtorza, w tym jego odwodnienia, lecz określono jedynie wymagania, które powinno ono spełniać. Nie ma więc „typowych odwodnień”. W obecnie obowiązujących przepisach [6] stwierdza się między innymi, że:

1. Odwadnianie należy traktować jako jeden z podstawowych sposobów zwiększania stateczności podtorza i wytrzymałości gruntów w czasie budowy i eksploatacji, jak również zapewnienia odpowiednich warunków pracy budowli i urządzeń znajdujących się w podtorzu.
2. Odwodnienie podtorza oraz znajdujących się w nim budowli i urządzeń powinno polegać na:
  - właściwym ułożeniu przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych gruntów w budowlu wraz z nadaniem im odpowiedniego kształtu,
  - zastosowaniu niezbędnych urządzeń odwadniających (zbierających i odprowadzających wody powierzchniowe i podziemne oraz chroniących podtorze przed podtopieniem oraz niszczącym działaniem wód sąsiadujących cieków i zbiorników).
3. Zasadniczo podtorze należy odwadniać powierzchniowo, tzn. kształtując odpowiednio jego powierzchnie i stosując w miarę potrzeby pokrycia filtracyjne i szczelne oraz rowy i płytkie drenaże podziemne.
4. Krawędź torowiska przy ciekach i zbiornikach wodnych oraz na terenach zalewowych musi znajdować się na rzędnej  $H$  nie niższej niż:

$$H = H_w + h_f + 0,6 \quad (1)$$

gdzie:

$H_w$  – rzędna wysokiej wody stuletniej, a w przypadku zbiornika spiętrzonego rzędna wody tysiącletniej [m],

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

$h_f$  – wysokość fal według danych hydrologicznych; fal nie uwzględnia się, jeśli ciek lub zbiornik ma szerokość nie większą od 50 m, a obliczenia wykonuje się dla wody stuletniej [m].

Na liniach dużych prędkości wymaga się, aby poziom wód trzystuletnich przy wlotach i wylotach przepustów oraz mostów nie sięgał spodu warstwy ochronnej torowiska [1].

5. Na liniach nowobudowanych i modernizowanych, poziom wód gruntowych powinien znajdować się na głębokości nie mniejszej niż 1,5 m od główki szyny, natomiast na liniach istniejących – 1,2 m, nie płycej jednak niż 0,5 m poniżej wszystkich instalacji elektrycznych.

6. Wskaźnik wodoprzepuszczalności  $k_{10}$  dla gruntu znajdującego się bezpośrednio pod podsypką powinien wynosić:

$k_{10} \geq 1 \times 10^{-4}$  m/s – gdy grunt musi przepuszczać wody opadowe (np. warstwa filtracyjna na równi stacyjnej),

$k_{10} < 1 \times 10^{-6}$  m/s – gdy konieczne jest zapobieżenie infiltracji wód opadowych w grunty podtorza (torowisko musi być wtedy dostatecznie utwardzone i wyprofilowane z nachyleniami poprzecznymi w kierunku drenażu).

7. Ciągi odwodnieniowe pomiędzy sąsiednimi studzienkami odwodnieniowymi muszą być proste i nie mogą powodować zmian w przepływie wody.

8. W projektowaniu odwodnienia zaleca się stosować metodę natężeń granicznych (w metodzie tej przyjmuje się, że natężenie miarodajnego opadu odpowiada czasowi spływu wody z najdalszego punktu zlewni oraz, że natężenie każdego opadu zależy od czasu jego trwania, np. długie opady mają mniejsze natężenie).

9. Ze względu na ochronę środowiska, na szlakach na terenach niezabudowanych, nie należy stosować rowów umocnionych korytkami głębokimi.

### 3. Stan podtorza i jego odwodnienia

W 2005 r. spółka PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. utrzymywała podtorze, w tym jego odwodnienie, w ilościach podanych w tablicy 1.

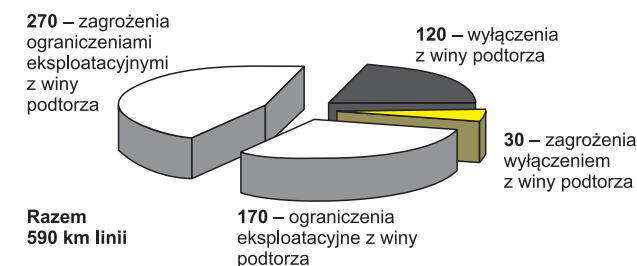
Na ówczesny stan odwodnienia podtorza wpłynęły stosowane wówczas sposoby utrzymania dróg kolejowych, w tym:

- zanieczyszczanie ław torowisk, rowów i skarp odsiewkami, powodujące utrudnienia w spływie wód opadowych oraz zwiększające nachylenia i obciążenia skarp podtorza,
- odkształcenia torowisk wynikające ze zwiększonych nacisków od podkładów betonowych,
- wycinanie przez oczyszczarki tłuczni warstw filtracyjnych i samoistnie wytworzonych w eksploatacji warstw przejściowych,
- dobudowa podtorza pod drugie tory bez należytego rozpoznania geotechnicznego,
- brak konserwacji i napraw urządzeń odwadniających.

Pilnej naprawy wymagało podtorze na długości 590 km linii kolejowych, a głównymi przyczynami występujących wad były [5]:

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

Wpływ zarejestrowanych wówczas wad podtorza na eksploatację linii kolejowych ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Wpływ złośliwego stanu podtorza na eksploatację linii kolejowych w 2005 r. (długości linii w km) [5]

Przedstawione dane historyczne jedynie częściowo charakteryzują obecny stan podtorza, w tym jego odwodnienie, gdyż dotyczą odcinków, na których podtorze było już przyczyną ograniczeń eksploatacyjnych. Ograniczeń takich nie powodują na przykład zwiększone osiadania torowiska, które z reguły zalicza się do nieuniknionych eksploatacyjnych odkształceń nawierzchni.

Obecnie stan podtorza polepszył się na liniach zmodernizowanych i zrewitalizowanych, ale na innych liniach pogorszył się z powodu braku ich utrzymania. Wiarygodną ocenę

Tablica 1

Podtorze utrzymywane przez PKP PLK S.A. w 2005 r. [5]

| Wyszczególnienie                    | Linie kolejowe [tys. km] | Torowiska [tys. ha] | Ławy torowisk [tys. km] | Skarpy [tys. ha] | Odwodnienie [tys. km] |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| Ogółem                              | 20,6                     | 19                  | 37                      | 19               | 24                    |
| W tym linie eksploatowane           | 19,2                     | 18                  | 34                      | 17               | 22                    |
| z czego linie znaczenia państwowego | 11,5                     | 12                  | 21                      | 10               | 14                    |

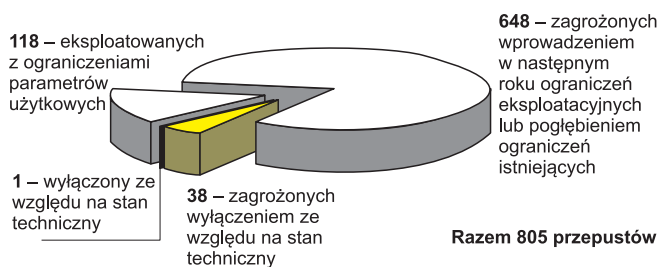
obecnego stanu podtorza, w tym jego odwodnienia, utrudniają również wieloletnie okresy suche, podczas których stan podtorza pozornie polepsza się. Faktyczny stan podtorza, w tym jego odwodnienia, ujawniają dopiero dokładne badania geotechniczne lub długotrwałe i silne opady, na przykład podczas deszczowego lata w 1980 r., gdy odkształcenia podtorza wystąpiły na długości 285 km torów, z czego:

- osuwiska na około 84 km,
- zalania na 67,5 km,
- podmycia na 46,5 km,
- rozmycia na 57 km,
- inne odkształcenia na 29 km.

Należy zwrócić uwagę na ogólnie zły stan obiektów inżynierskich, takich jak przepusty i małe mosty. W większości obiekty te są zaawansowane wiekowo [7]:

- 45,0% obiektów ma powyżej 100 lat,
- 32,9% obiektów ma 100 lat,
- 20,1% obiektów ma 20–50 lat,
- 3,6% obiektów ma mniej niż 20 lat.

Według stanu na koniec 2012 roku, spółka PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. utrzymywała 28 592 kolejowych obiektów inżynierskich, w tym: 20 298 przepustów. Na liniach eksploatowanych pilnego podjęcia robót remontowych lub inwestycyjnych wymagało około 2000 obiektów, w tym 805 przepustów (rys. 2).



Rys. 2. Stan przepustów w 2012 r. [opracowanie własne]

Stan odwodnienia na liniach kolejowych ilustrują rysunki 3–8.



Rys. 3. Zanieczyszczony rów boczny [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]



Rys. 4. Zarośnięty przepust pod torami [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]



Rys. 5. Niedrożny przepust pod torami [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]



Rys. 6. Niedrożny przepust pod torami [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]

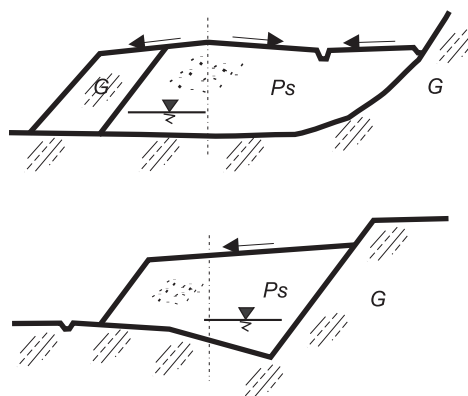


Rys. 7. Zasypany przepust pod torami [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]



Rys. 8. Zniszczony przepust pod torami [zbiory Zakładu Dróg Kolejowych i Przewozów Instytutu Kolejnictwa]

Pokazane wady odwodnienia i zastoiska wody są zauważalne przez każdego. Jednak w eksploatacji dróg kolejowych znacznie groźniejsze są wady ukryte, takie jak odwrotne spadki drenaży podziemnych lub pokazane na rysunku 9 konstrukcje przebudowywanego podtorza, bowiem skutki takich wad ujawniają się najczęściej nagle, bez wcześniejszych objawów.



Rys. 9. Nieprawidłowe poszerzenia równi stacyjnych sprzyjające osuwiskom; oznaczenia: G – glina, Ps – piasek [opracowanie własne]

#### 4. Wpływ odwodnienia na podtorze i nawierzchnię

Skutki niedostatecznego odwodnienia podtorza mogą być różne, gdyż zależą od wymiarów, kształtu i konstrukcji podtorza oraz miejscowych warunków gruntowych i wodnych, a także aktualnych warunków klimatycznych. Wpływ wód na podtorze gruntowe ilustruje tablica 2.

Tablica 2

| Wpływ wód na podtorze  |   |
|--|---|
| Rodzaj wód   | Wpływ na podtorze   |
| Wody powierzchniowe (opadowe, płynące i stojące)                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ablacja deszczowa<sup>2</sup></li> <li>• Erozja rzeczna, jeziorna i morska</li> <li>• Zmycia, rozmycia i podmycia podtorza</li> <li>• Podtopienia podtorza</li> <li>• Zalania podtorza i toru</li> </ul>   |
| Wody podziemne (przeptywające, stagnujące, podsiąkające i infiltracyjne) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwiększenie masy gruntu i jego obciążeń</li> <li>• Zwiększenie sił działających na budowlę, m.in. na skutek ciśnienia sphywowego</li> <li>• Zmniejszenie wytrzymałości gruntów spoistych z powodu ich zawilgocenia i zjawiska tiksotropii<sup>3</sup></li> <li>• Zwiększone osiadania podłoża i podtorza</li> <li>• Rozpełzanie nasypów</li> <li>• Osuwiska</li> </ul> |
| Wody w przypowierzchniowych warstwach gruntu                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Odkształcenia torowiska (koryta poprzeczne, niecki, worki i gniazda podsypkowe)</li> <li>• Wychłapki</li> <li>• Wysadziny</li> <li>• Soliflukcja gruntu skarp<sup>4</sup></li> </ul>   |

Źródło: opracowanie własne.

<sup>2</sup> Ablacja deszczowa – rodzaj erozji, polegający na zmywaniu gruntu ze skarpy lub stoku przez wody deszczowe.

<sup>3</sup> Tiksotropia – upłynnianie przewilgoconych gruntów i zmniejszanie się ich wytrzymałości pod wpływem drgań.

<sup>4</sup> Soliflukcja – powolne spelzanie gruntu na skarpach i stokach, m.in. na skutek okresowych zmian temperatury oraz przemarzania i odmarzania gruntu.

Przykładowo, brak biologicznego umocnienia skarp podtorza może prowadzić do ich znacznych uszkodzeń i w efekcie uszkodzeń budowli ziemnej (rys. 10).



Rys. 10. Rozmycie nieumocnionej skarpy podtorza przez wody opadowe (tzw. abłacja deszczowa) [5]

Jeśli nie ma warstwy ochronnej torowiska, mogą wystąpić zjawiska, takie jak:

- zanieczyszczenie podsypki i tzw. wychłapki (rys. 11),
- wyciskanie gruntów podtorza i odkształcenia torowiska (rys. 12).



Rys. 11. Wychłapki spowodowane brakiem warstwy ochronnej torowiska [5]



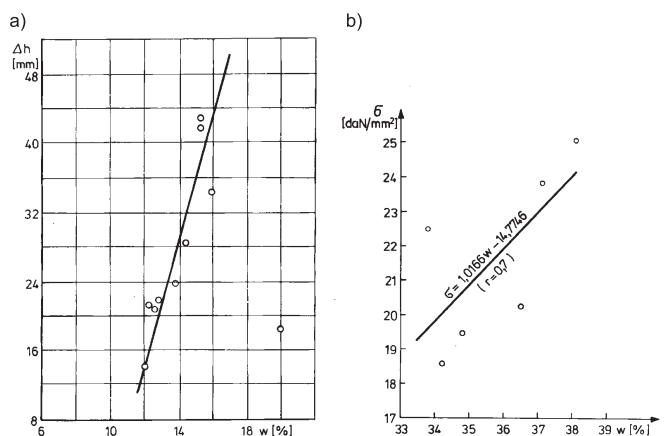
Rys. 12. Wyciskanie gruntu podtorza z powodu braku warstwy ochronnej torowiska [6]

Brak liniowego odwodnienia podtorza lub korytek zapobiegających nanoszeniu błota na przejazd mogą być przyczyną zanieczyszczenia i odkształceń nawierzchni kolejowej w rejonach przejazdów (rys. 13).



Rys. 13. Zanieczyszczenie nawierzchni kolejowej w rejonie przejazdu z powodu niewłaściwego odwodnienia [6]

Należy zauważyć, że gdy spoiste grunty górnych warstw podtorza ulegają zawilgoceniu i uplastyczniają się, to gwałtownie narastają odkształcenia eksploatowanego toru oraz naprężenia w szynach, co znacznie zwiększa liczbę ich pęknięć (rys. 14).



Rys. 14. Wpływ zmian wilgotności spoistych gruntów podtorza na: a) osiadania styków szynowych  $\Delta h$  w okresie wiosny [3], b) naprężenia  $\sigma$  na krawędzi stopki szyny [4]

Podtopienie lub zalanie podtorza i nawierzchni, powoduje najczęściej wstrzymanie eksploatacji drogi kolejowej do czasu osuszenia gruntów i zapewnienia dostatecznej stateczności toru, zwłaszcza w przypadku torów bezstykowych (rys. 15).



Rys. 15. Podtopienie podtorza z powodu niedrożnego odwodnienia [5]

Niewłaściwe odwodnienie jest jedną z głównych przyczyn występowania najgroźniejszych odkształceń podtorza, mianowicie osuwisk (rys. 16).



Rys. 16. Osuwisko nasypu obejmującego zasięgiem tor [5]

Najczęściej te odkształcenia powstają na skutek jednoczesnego działania wielu, niekiedy trudnych do określenia, czynników powodujących zwiększenie sił występujących w gruntach lub zmniejszenie wytrzymałości gruntów. Przyczyny występowania zjawisk osuwiskowych w dużej mierze są również związane z lokalizacją budowli. Zazwyczaj bezpośrednią przyczyną osuwiska jest:

- zwiększenie obciążeń podtorza (zwiększenie prędkości pociągów, zawilgocenie gruntu, obciążenie odsiewkami, śniegiem itp.),
- podcięcie stoku wykopem, przekopem, na skutek falowania wód,
- zmniejszenie się wytrzymałości gruntów na ścinanie, np. na skutek dopływu wód z wyżej położonych zbiorników, nagłego zawilgocenia gruntów makroporowatych lub niedogęszczonych,

- odspojenie górnych warstw podłoża zbudowanego ze skał,
- wymywanie cząstek gruntu z dolnych warstw podłoża,
- zmniejszona wytrzymałość gruntu na styku warstw (np. na skutek zawilgocenia, przemarzania gruntu),
- upłynnienie się zawilgoconego gruntu na skutek drgań.

Opisane przykłady wskazują na bardzo duży wpływ odwodnienia na stan podtorza gruntowego i eksploatowanej nawierzchni kolejowej. Wszystkie wady podtorza, w tym wady wynikające z nieodpowiedniego jego odwodnienia, zestawiono w Id-3 Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego [6], natomiast przykłady osuwisk na liniach kolejowych w Polsce opisano w [2].

## 5. Podsumowanie

1. Odwodnienie jest istotnym elementem drogi kolejowej, gwarantującym stabilność podtorza gruntowego i nawierzchni.
2. Stan urządzeń odwadniających podtorze na liniach eksploatowanych, zwłaszcza tych niezmodernizowanych oraz niezrewitalizowanych, nie jest zadowalający, przy czym najgroźniejsze są nieprawidłowości mające charakter wad ukrytych, takie jak wadliwe konstrukcje podtorza sprzyjające stagnacji wód powierzchniowych i podziemnych lub odwrotne spadki drenaży powierzchniowych i podziemnych. Skutki takich wad ujawniają się bowiem nagle bez wcześniejszych objawów.
3. Szybka ocena zagrożeń wynikających ze złego odwodnienia podtorza na wszystkich liniach nie jest obecnie możliwa, m.in. ze względów ekonomicznych. Dlatego konieczne jest zwrócenie większej niż dotychczas uwagi na działania zapobiegawcze, polegające m.in. na:
  - niedopuszczaniu do pogarszania się warunków pracy eksploatowanego podtorza (prowadzeniu systematycznych kontroli i dbania o drożność urządzeń odwadniających),
  - wprowadzeniu zasady pełnego rozpoznania stanu podtorza przed modernizacją lub rewitalizacją linii (w systemie „projektuj i buduj” szczegółowe rozpoznanie najczęściej jest ograniczone do torowiska).
4. Powyższe działania powinny być prowadzone niezależnie od okresowych zmian klimatu.

## Bibliografia

1. Analiza standardów technicznych dla kolei dużych prędkości w Polsce, opracowanie propozycji zmian w instrukcjach i legislacji krajowej. Etap III – Opracowanie leksykonu interoperacyjności oraz poprawek i uzupełnień do standardów. Praca nr 4522/12 (kontynuacja pracy nr 4434/12), Instytut Kolejnictwa, Warszawa, wrzesień 2012.

2. Dąbrowski A., Ochociński K., Skrzyński E.: *Zjawiska osuwiskowe na polskiej sieci kolejowej*. Problemy Kolejnictwa 2014, z. 162, s. 33–64.
3. Opracowanie metod, technologii i organizacji robót wzmocnienia podtorza linii eksploatowanych za pomocą ochronnych powłok bitumicznych, iniekcji i drenów pionowych. Temat 3023/12 COBiRTK, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 1974.
4. Siewczyński L.: *Zagadnienia współpracy nawierzchni kolejowej z podtorzem gruntowym*. Rozprawa habilitacyjna. Rozprawy nr 66. Politechnika Poznańska, 1974.
5. Skrzyński E.: *Podtorze kolejowe*. Kolejowa Oficyna Wydawnicza. Warszawa 2010.
6. Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3. Załącznik do Zarządzenia nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 4 maja 2009 r.
7. Założenia Systemu Wspomagania Zarządzania Infrastrukturą PKP PLK S.A. Etap I – zestaw danych. Infrastruktura drogowa. Praca nr 4447/12. Instytut Kolejnictwa. Warszawa, 2011.