TECHNOLOGIA ROBÓT KOLEJOWYCH

3. Utrzymanie podtorza

1. Diagnostyka podtorza
2. Przyczyny powstawania wad
3. Kategorie robót w podtorzu

dr inż. Jarosław Zwolski

Literatura

1. Esveld C., Modern railway track, MRT Productions, 2001
2. Grulkowski S., Kędra Z., Koc W.: Drogi szynowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2013.
3. „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id - 3" (D-4). Dyrekcja Generalna PKP. Załącznik do Zarządzenia nr 76 Zarządu PKP z 4 listopada 1996 r. (Biul. PKP nr 25 z 1996 r., poz. 75), ze zmianami wprowadzonymi zarządzeniem nr 122 Zarządu PKP z 29 sierpnia 2000 r. oraz w 2003 r. i 2004 r. przez Biuro Dróg Kolejowych PLK.
4. Wytyczne projektowania wzmocnień torowisk wykonywanych maszyną AHM 800R PL. Praca CNTK, temat nr 4108/11, Warszawa 2005
5. Kiszka P.: Kompleksowe badania stanu technicznego podtorza i podłoża kolejow wykorzystanie profilowania georadarowego w korelacji z klasycznymi badaniami geotechnicznymi. Międzynarodowa konferencja nauko techniczna „Problemy modernizacji i naprawy podtorza kolejowego", Żmigród, 2008
6. www.geo-radar.pl
7. www.geospectrum.pl
8. http://railwaysubstructure.org/
9. Edel R.; Odwodnienie dróg kolejowych w Niemczech. Forum Odwodnienie 2014
10. Materiały firm: Dolkom, Keller, Menard, Maccaferri, Soley, Soletanche, Geobud
11. Bogdaniuk B., Towpik K., Budowa, modernizacja i naprawy dróg kolejowych, Warszawa, 2010



Algorytm postępowania przy planowaniu napraw

DIAGNOSTYKA

ANALIZA WYNIKÓW

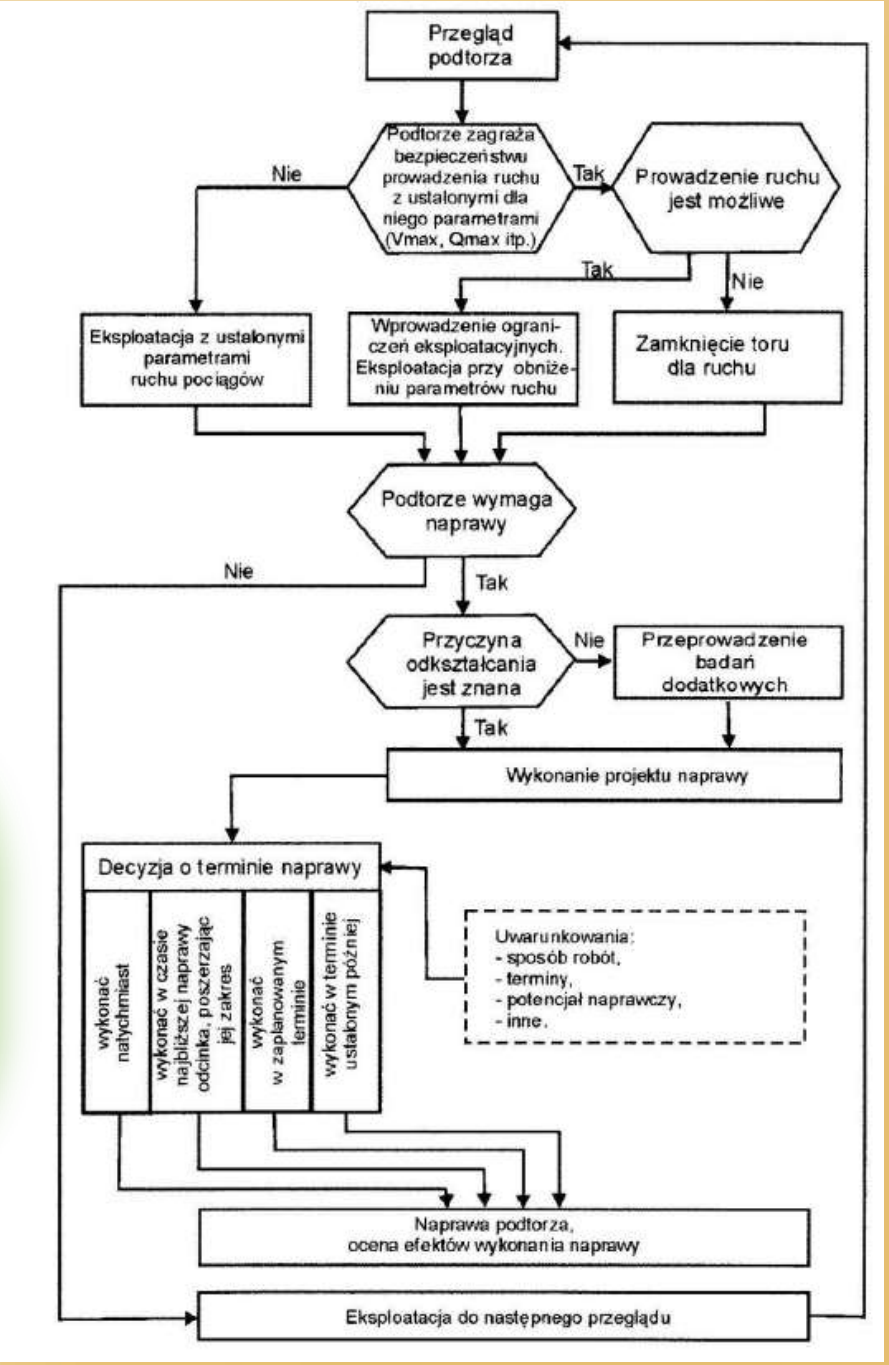
PODEJMOWANIE DECYZJI

WYBÓR STRATEGII

DZIAŁANIE

OCENA WYNIKÓW

WNIOSKI



Badania cech

1. Metoda wzorcowa (bezpośrednia):

Podstawowa metoda badania, jej wyniki są ostateczne i mogą służyć do projektowania oraz oceny przydatności mniej dokładnych metod wskaźnikowych:

a) rozpoznanie przez wiercenia,

b) określenie wilgotności optymalnej *w* (ID 3, zał. 3),

c) określenie zagęszczenia gruntu I_s (ID 3, zał. 3).

2. Metoda wskaźnikowa

Metoda badania inna niż wzorcowa, mniej wiarygodna, lecz szybsza, tańsza, mniej pracochłonna, pozwala na ograniczenie liczby badań wzorcowych:

a) wskaźnikowe określenie cech gruntu bez użycia specjalnej aparatury badawczej, polegające na ocenie rodzaju i stanu gruntu na podstawie jego wyglądu, wyników próby wałeczkowania i rozmakania w wodzie oraz reakcji gruntu z kwasem solnym (ID 3, zał. 7),

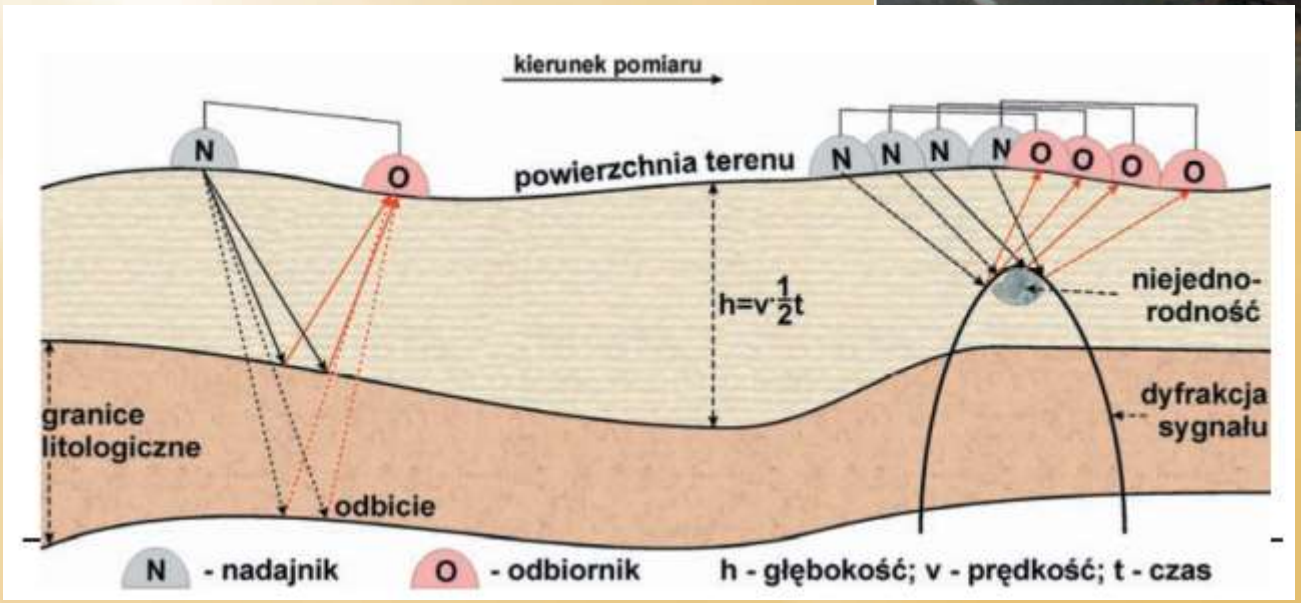
b) rozpoznanie podtorza za pomocą georadaru,

c) ocena zagęszczenia za pomocą płyty do próbnych obciążeń (ID 3, zał. 4).

Georadar

GPR (ground penetrating radar) wykorzystuje zasadę zmiany prędkości fal elektromagnetycznych w ośrodku o różnych własnościach fizycznych (dielektrycznych) do detekcji zmian miąższości warstw i nieciągłości (pustek, wtrąceń, niejednorodności)



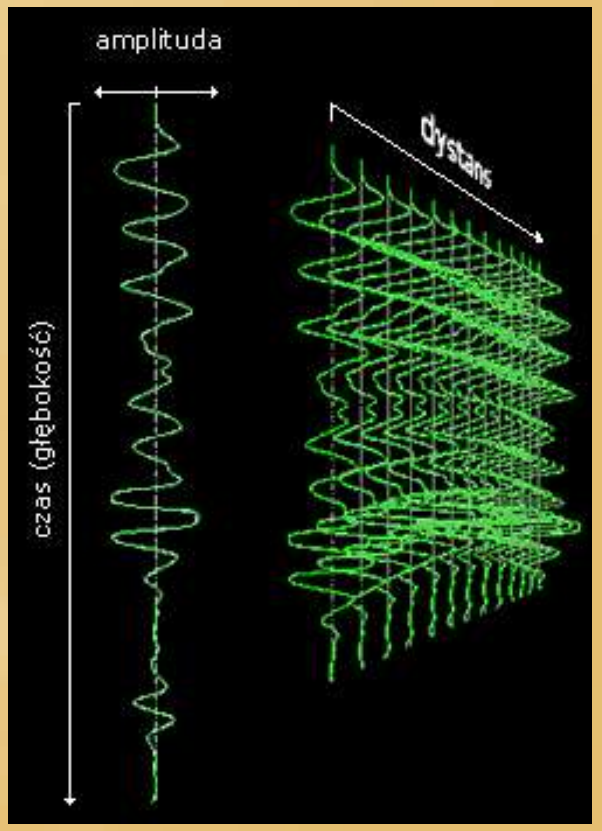


Źródło: [5]

Georadar

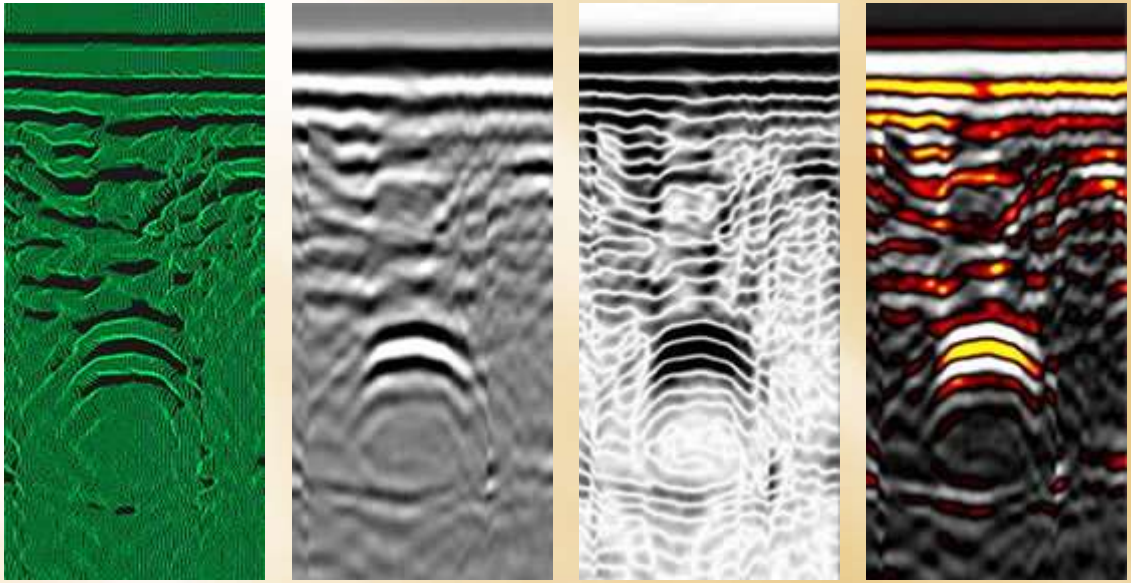
Podstawowa charakterystyka:

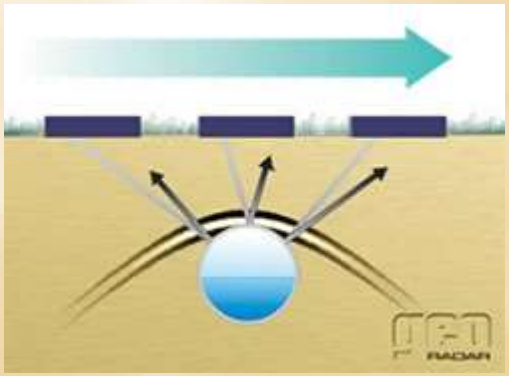
1. Częstotliwość fali elektromagnetycznej: 25 MHz – kilka GHz, w kolejnictwie od 100 do 800 MHz
2. Dobór częstotliwości roboczej zależy od głębokości penetracji (ze względu na tłumienie fal elektromagnetycznych wraz ze wzrostem głębokości) oraz od rodzaju gruntu (iły i gliny mocno ograniczają zasięg fal elektromagnetycznych, w przeciwieństwie do piasków i żwirów)
3. Do uzyskania większej głębokości penetracji fal stosowana jest niższa częstotliwość, za to zmniejsza się rozdzielczość.
4. Do uzyskania większej rozdzielczości stosuje się wyższe częstotliwości fal, spada wtedy głębokość penetracji.
5. Obraz georadarowy powstaje przez odwzorowanie barwne amplitudy sygnału na płaszczyźnie głębokość-dystans.
6. Czas opóźnienia między sygnałem wyemitowanym a zarejestrowanym po odbiciu pozwala określić głębokość odbicia.
7. Wielkość amplitudy odbicia jest wprost proporcjonalna do kontrastu prędkości fali obu ośrodków nad i pod granicą odbijającą.



Źródło: [5, 6]

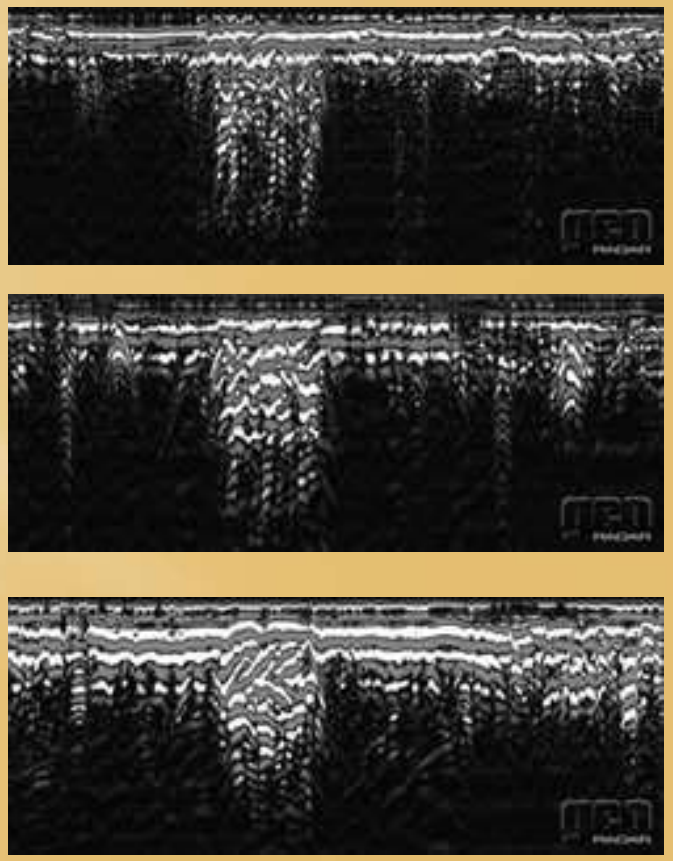
Georadar





Falogramy z różnymi sposobami barwienia wyników. Wynik przedstawia wykrytą rurę.

Pomiar wykonany anteną 500 MHz, 300 MHz i 150 MHz



Widoczne wtrącenie do gł. 4 m to mur.

Źródło: [6]

Georadar

Zastosowania badań georadarowych:

- Mapowanie podziemnych sieci komunalnych (zarówno plastikowych /PE-HDPE-PVC/, jak metalowych, żelbetowych itp.),
- Lokalizacja obiektów takich jak pustki pogórnicze i krasowe, tunele, płytkie wyrobiska górnicze: szyby, szybiki, chodniki i innych rodzajów struktur podziemnych (kanały, kolektory, zbiorniki, betonowe płyty i kolumny, fundamenty, pale itp.).
- Planowanie i utrzymywanie sieci kablowych i rurociągowych,
- Wykrywanie niewybuchów i niewypałów,
- Badanie konstrukcji mostów, wiaduktów, stropów i murów,
- Diagnostyka nawierzchni i podłoża: drogi, autostrady, linie kolejowe (dla celów rewitalizacji, modernizacji czy też studium wykonalności linii kolejowych), pasy startowe i postojowe lotniska.
- Wykrywanie zapadlisk i osiadań.
- Klasyfikacja podłoża, rozwarstwienia i segmentacja pokładów.
- Analiza położenia zwierciadła wód gruntowych,
- Charakterystyka systemu ścięć i spękań skał i betonu,
- Wsparcie prac archeologicznych,
- Profilowanie warstw wodoszczelnych.
- Badanie terenów przemysłowych i skażonych.

Źródło: [7]

Georadar

Zastosowania badań georadarowych w kolejnictwie do detekcji:

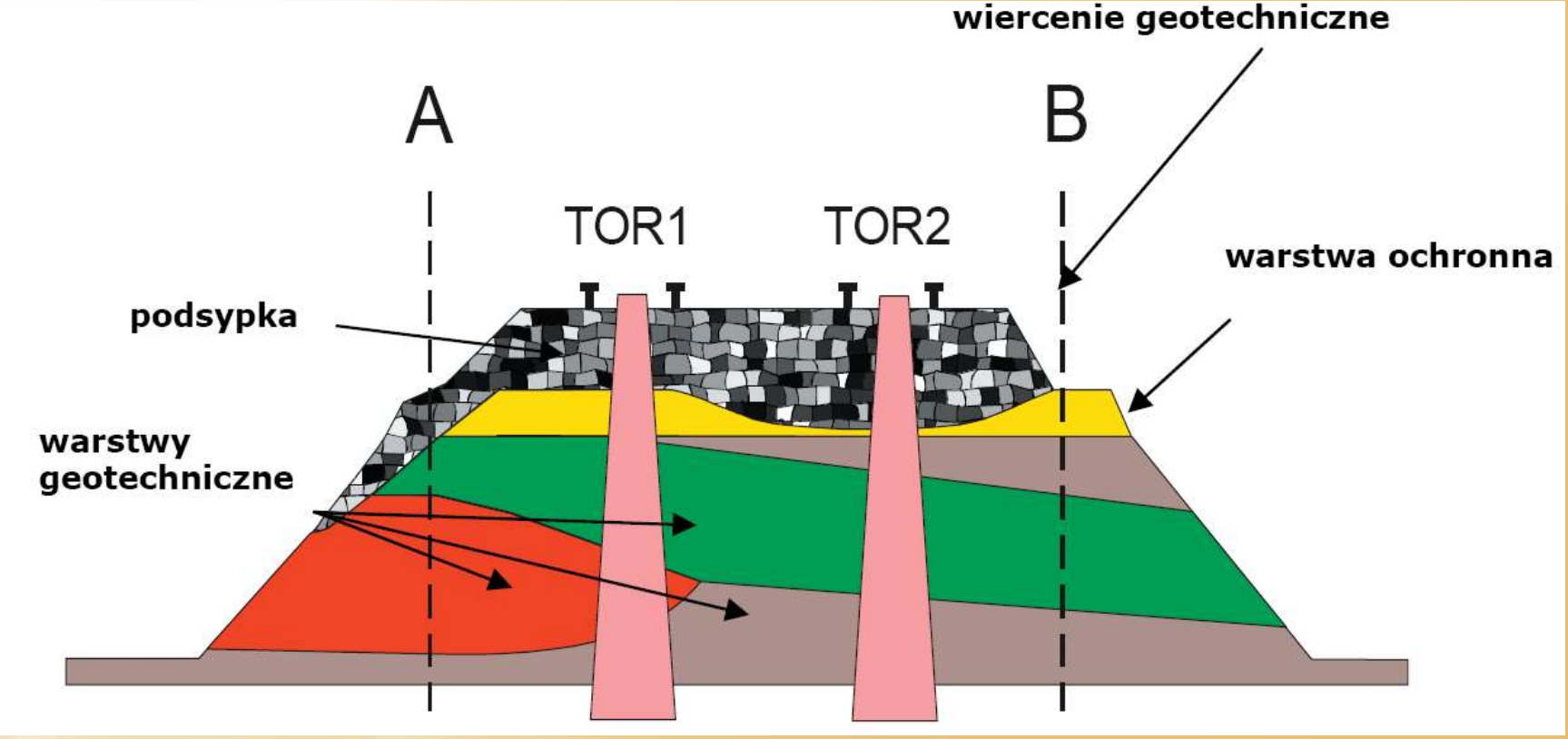
- zmian uwarstwienia podtorza, również w przekrojach poprzecznych,
- poprzecznych koryt,
- niecek, worków i gniazd podsypkowych
- wysadzin,
- płaszczyzn ścięć i osunięć skarp nasypów i przekopów,
- sufozji, podcieków i zastoisk wodnych,
- osiadań nasypów na słabonośnych lub sprężystych podłożach oraz na obszarach szkód górniczych,
- stref wybić (efektów progowych) na dojazdach do obiektów mostowych
- wychodni twardych gruntów, bądź skał
- niezinwentaryzowanych obiektów w nasypach (stary mur, fundament, zasypany przepust)

Wady metody:

- brak możliwości penetracji wysoko przewodnych materiałów (ośrodków) np. metale, bardzo gęste zbrojenia, sadze, wysoko zasolone grunty,
- wymagany kompromis pomiędzy zasięgiem i rozdzielczością pomiaru,
- zazwyczaj wymagana kalibracja,
- wymagane specjalistyczne przetwarzanie i interpretacja wyników pomiarów.
- brak możliwości określenia parametrów bezwzględnych pomiaru, np. można znaleźć strefy zawilgocone, ale nie można podać wilgotności.

Źródło: [5, 7]

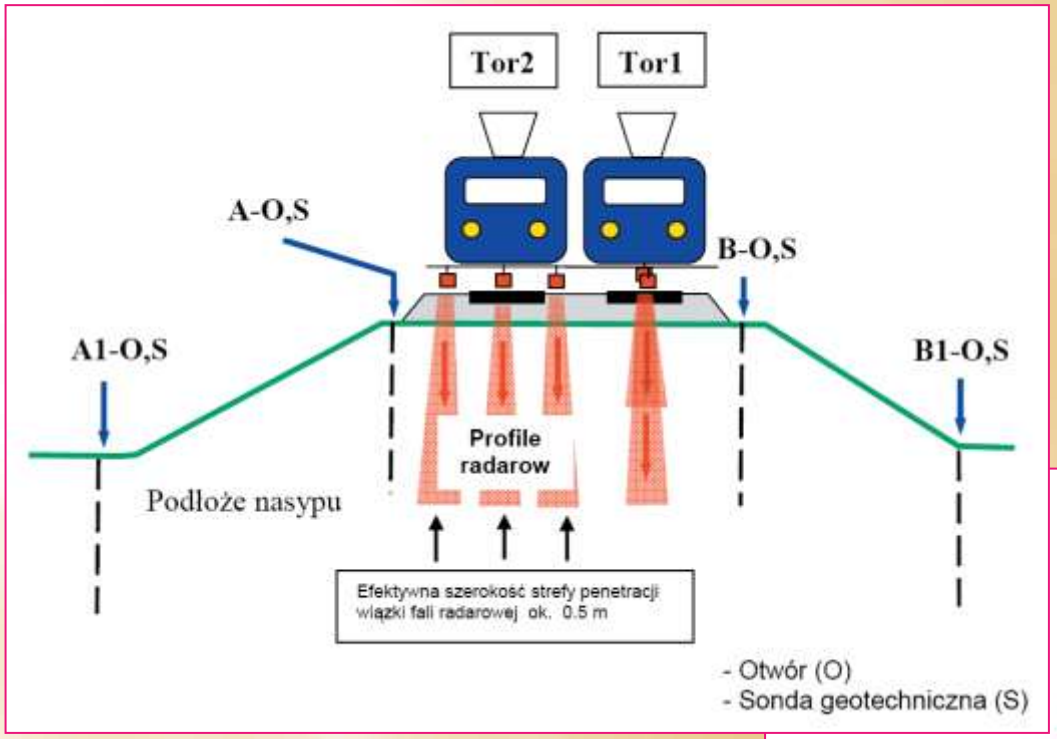
Badania kompleksowe



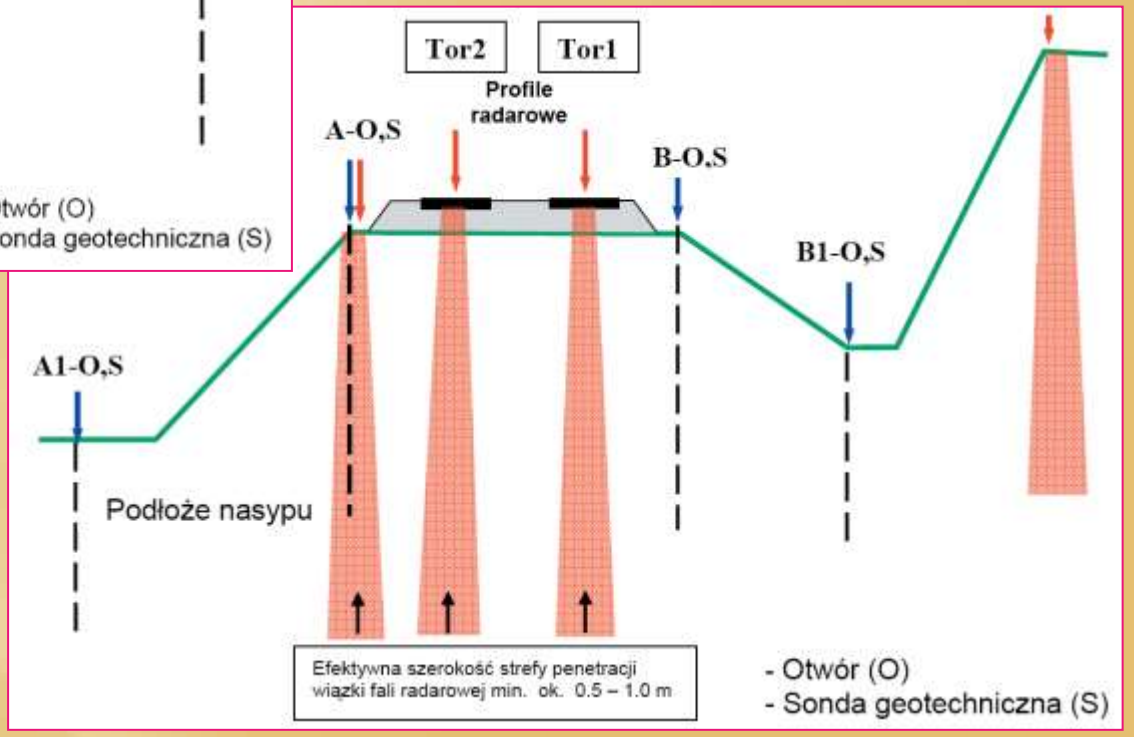
Możliwa zmienność warunków gruntowych w przekroju poprzecznym

Źródło: [5]

Badania kompleksowe



Otwory i sondowania wykonuje się zwyczajowo w przekrojach poprzecznych co 100 m



Głębokość penetracji fal: co najmniej 1 m poniżej poziomu podstawy nasypu, co najmniej 5 m poniżej poziomu główki szyny

Źródło: [5]

Badania kompleksowe

Do celów projektowania modernizacji i nowych linii kolejowych:

- ciągi georadarowe na głębokość nie mniejszą niż 5,0 m poniżej poziomu główki szyny w osi badanego toru z krokiem pomiarowym nie większym niż 0,3 m, wzdłuż osi istniejących torów, osi międzytorza, krawędzi i podstawy nasypów o wysokości ponad 2,0 m oraz krawędzi i podstaw skarp w wykopach o głębokości ponad 2,0 m,
- wiercenia małośrednicowe co 100 m,
- sondowania dynamiczne co 100 m,
- VSS - badanie pierwotnego i wtórnego modułu odkształcenia co 100 m naprzemianlegle w obu torach,
- badania laboratoryjne.

Źródło: [5]

Badania kompleksowe

Badania polowe:

- Otwory badawcze i sondowania w przypadku wystąpienia słabych gruntów wykonać gęściej niż 100 m, w rozstawie umożliwiającym okonturowanie zjawiska. Punkty badawcze należy lokalizować przy obydwu torach po stronie zewnętrznej.
- W przypadku nasypów wyższych niż 1,0 m należy wykonać w tym samym przekroju poprzecznym, u podstawy nasypu po stronie występowania mniej korzystnych warunków gruntowo-wodnych dodatkowy otwór wiertniczy z sondowaniem.
- Szczegółową lokalizację przekrojów badawczych należy skorelować z wynikami profilowań georadarowych.
- W miejscach podejrzanych o możliwość wystąpienia ruchów masowych należy wykonać dodatkowe otwory wiertnicze i wykonać analizę stateczności skarp.
- Sondowania wykonać w obrębie gruntów niespoistych.
- Badania obciążeniowe VSS wykonać z częstotliwością 10 na km naprzemiennie w torze 1 i 2. lokalizację skorelować z profilowaniem georadarowym i wynikami badań geotechnicznych.

Źródło: [5]

Badania kompleksowe

Wiercenia:

- Miejsca wierceń i sondowań w obrębie torowiska lokalizować po zewnętrznych stronach torów, na ławach torowiska, poza skrajnią taboru, możliwie najbliżej toru.
- Zasadnicza głębokość otworów powinna wynosić 3,0 m i liczona jest od główki szyny (dla otworów w ławach) lub od powierzchni terenu dla pozostałych lokalizacji; w przypadku napotkania gruntów słabych głębokość należy odpowiednio zwiększyć, aby osiągnąć strop gruntów nośnych.
- Otwory wiertnicze i sondowania należy dowiązać do kilometracji linii i rzędnych niwelety torów (główki szyny).
- W każdym otworze wierconym na torowisku należy określić grubość podsypki i warstwy ochronnej z dużą dokładnością (do 5,0 cm).
- W każdym otworze wierconym w torowisku, w strefie głębokości do 1,0 m licząc od spodu podsypki, należy dla każdej warstwy geotechnicznej w tej strefie pobrać próbkę gruntu do badań laboratoryjnych i każdorazowo wykonać krzywą przesiewu.
- Dla pozostałych stref głębokości oraz dla otworów zlokalizowanych poza torowiskiem próbki pobierać zgodnie z ogólnie obowiązującymi w geotechnice zasadami.

Źródło: [5]

Badania kompleksowe

Badania pod próbnym obciążeniem płytą VSS:

- Badania przeprowadzić płytą o średnicy 300 mm zgodnie z normą PN-S-02205:1998.
- Określić moduł odkształcenia pierwotnego i wtórnego.
- Próbne obciążenie wykonać między podkładami, na głębokości nie mniej niż 0,8 m licząc od główki szyny zewnętrznej.



Badania laboratoryjne powinny określić:

- rodzaj gruntów
- dla gruntów niespoistych (na podstawie krzywych uziarnienia), wskaźnik różnoziarnistości U oraz współczynnik wodoprzepuszczalności k_{10},
- dla gruntów spoistych: wilgotność naturalną, granice plastyczności i płynności oraz stopień plastyczności.

Źródło: [5]

Identyfikacja wad

Zalecenia dotyczące utrzymania podtorza w przypadku wystąpienia wady:

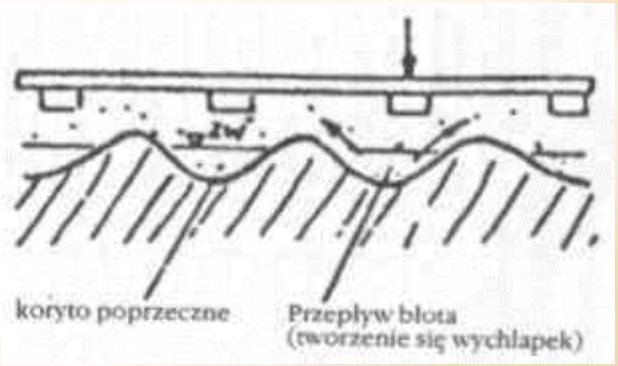
1. W trakcie utrzymania należy dążyć do możliwie wczesnego wykrywania wad, zagrożeń i stosowania odpowiednich środków profilaktycznych. Integralną częścią tych działań powinno być zwłaszcza odwadnianie, tzn. osuszanie gruntów i zapobieganie dopływom wód. Zalecenia podano w ID 3 (tab. 17-1).

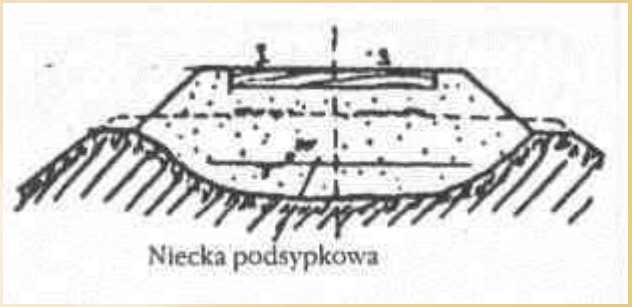
2. Działania w przypadku wystąpienia wady podtorza powinny polegać na:

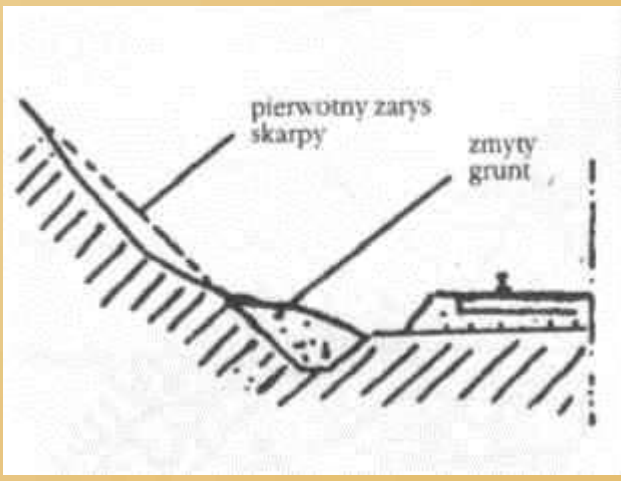
a) ocenie zniszczeń oraz skutków eksploatacyjnych spowodowanych wadą,
b) wprowadzeniu stosownych ograniczeń eksploatacyjnych,
c) zebraniu informacji o istocie, geometrii i zasięgu wady,
d) ocenie wpływu poszczególnych czynników na wystąpienie wady, np. sił grawitacji, wód (rozmycie, wysoki poziom wód gruntowych, przepływ wód podziemnych), uplastycznienia lub rozgęszczenia gruntów, wietrzenia, obciążeń eksploatacyjnych.

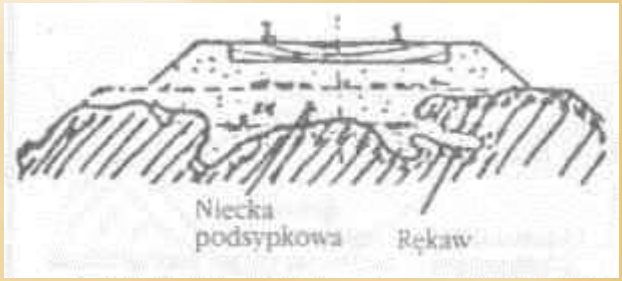
Źródło: [3]

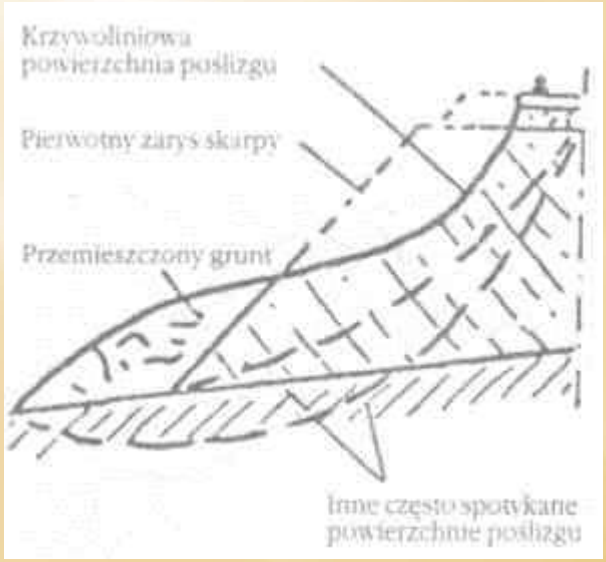
Identyfikacja wad

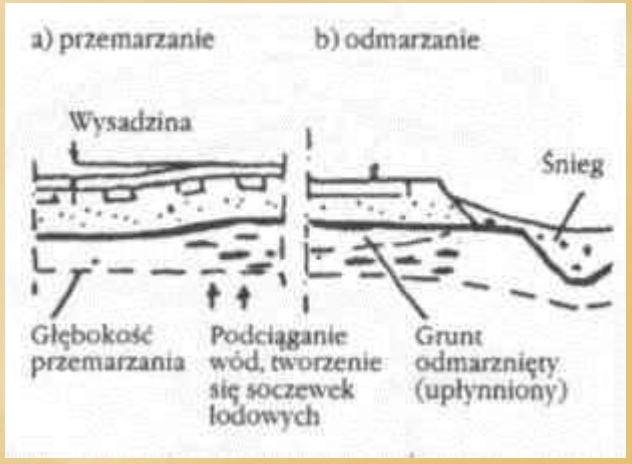


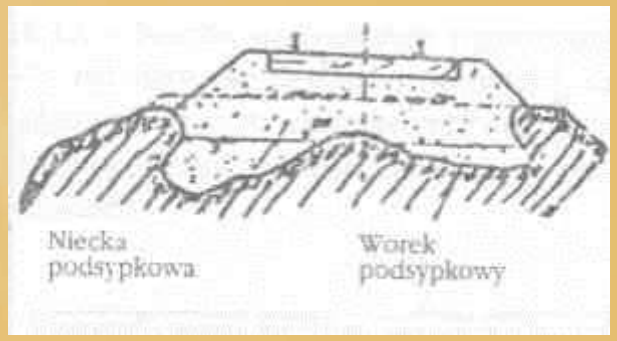












. . .

Źródło: [3] – katalog wad podtorza

Przyczyny

Najczęstsze przyczyny powstawania uszkodzeń:

1. Błędy projektowe (złe rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, brak warstwy ochronnej, brak geowłókniny separacyjnej, źle zaprojektowanie spływu wód, za duże pochylenie skarp, błędnie dobrane umocnienie skarp, brak przypór …),
2. Błędy wykonawcze (niewłaściwy grunt nasypu, nierówna powierzchnia torowiska, słabe zagęszczenie, niedokładne wykonanie odwodnienia …),
3. Błędy utrzymaniowe (zbyt głębokie podbijanie toru, zasypanie ław torowiska wysiewkami, zanieczyszczenie podsypki, zamulenie rowów, zablokowanie przepustów…),
4. Zwiększenie obciążeń eksploatacyjnych (zwiększenie obciążenia ruchem, zwiększenie prędkości, obciążeń dynamicznych …),
5. Warunki atmosferyczne (opady, działanie temperatur +/-, wietrzenie skał …),
6. Szkody górnicze (regularne wydobycie, tąpnięcia …),
7. Wykonywanie innych robót w pobliżu torów (podkopanie, podmycie, zmiana poziomu wód gruntowych …).

Rodzaje robót

Roboty dzielimy na:

1. Utrzymaniowe:
   - nadzór,
   - przeglądy,
   - konserwacja,
   - remonty.
2. Modernizacyjne

Konserwacja podtorza polega na usuwaniu niewielkich odkształceń i uszkodzeń oraz częściowej wymianie zużytych lub uszkodzonych części elementów podtorza

Remont podtorza polega na wymianie lub naprawie elementów, które uległy zużyciu, czyli przywróceniu stanu pierwotnego.

Modernizacja podtorza (przebudowa i rozbudowa) ma na celu przystosowanie go do wyższych niż dotychczasowe parametrów techniczno-eksploatacyjnych.

Źródło: [3]

Konserwacja podtorza

Konserwacja podtorza – usuwanie niewielkich odkształceń i uszkodzeń oraz częściowej wymianie zużytych lub uszkodzonych części elementów podtorza

1. Dla torowiska:
   - Usuwanie zastoisk wody
   - Niszczenie roślinności trwałej na ławach
2. Dla skarp i ław nasypów i przypór:
   - Usuwanie zastoisk wody
   - Usuwanie zanieczyszczeń urządzeń odwadniających
   - Wykonywanie innych prac konserwacyjnych
3. Dla odwodnień wgłębnych:
   - Uzupełnianie brakujących pokryw studziennych, zastawek itp.
   - Wykonywanie innych prac o charakterze konserwacyjnym i zapobiegawczym,
4. Dla budowli wzmacniających i ochronnych:
   - Spoinowanie wykruszonych połączeń kamiennych i ceglanych murów oporowych, podporowych, okładzin, opasek brzegowych
   - Zabezpieczanie miejsc przesiąkania wody i podmyć,
   - Częściowa wymiana zbutwiałych lub uszkodzonych części konstrukcji drewnianych.

Źródło: [3]

Naprawy bieżące

Naprawa bieżąca oprócz robót konserwacyjnych obejmuje:

1. Dla torowiska:
   - Ścinanie i wyrównywanie ław z wyprofilowaniem spadku,
   - Usuwanie spękań (tamponaż szczelin).
2. Dla skarp i ław nasypów i przekopów:
   - Usuwanie następstw rozmyć, zalań, rozwiań itp.
   - Usuwanie zanieczyszczeń,
   - Naprawa i uzupełnianie odarniowania, bruku itp.
3. Dla odprowadzenia wód powierzchniowych:
   - Udrożenienie rowów i przepustów, naprawa i uzupełnianie wzmocnień dna i skarp w urządzeniach odwadniających wodę (rowy, kanały),
   - Przygotowanie podtorza i innych budowli znajdujących się w jego obrębie do przejęcia wód wiosennych i powodziowych,
   - Wykonywanie innych prac zabezpieczających i naprawczych.
4. Dla odwodnień wgłębnych:
   - Oczyszczanie, spulchnianie lub wymiana gruntu nad drenami,
   - Wykonywanie innych prac zabezpieczających i naprawczych.
5. Dla budowli wzmacniających i ochronnych:
   - Uzupełnianie oblicowania ścian (pojedynczych kamieni, płyt, cegieł)
   - Wypełnianie pęknięć w ścianach.

Źródło: [3]

Naprawy główne

Naprawa główna oprócz konserwacji i napraw bieżących obejmuje:

- Wzmocnienie i odwodnienie skarp i torowisk,
- Wymianę gruntu podtorza i podłoża,
- Zabudowę w podtorzu pokryć ochronnych,
- Obudowanie rowów i koryt,
- Uszczelnianie ław przypór, skarp i torowisk pokryciami szczelnymi oraz zabudowanie na nich pokryć filtracyjnych,
- Remont drenaży (przebudowę lub wymianę elementów, w tym również materiałów filtracyjnych, zmianę pochyleń, odsadzek,
- Podwyższenie lub obniżenie torowiska,
- Budowę zabezpieczeń stałych, tam przeciwśniegowych,
- Wzmocnienie podtorza przez iniektowanie w nie środków wiążących, termowzmocnienie, elektroosmozę itp.,
- Naprawę w większym zakresie murów oporowych, podporowych, okładzin, wykonanie przedłużeń murów itp.
- Likwidację innych wad podtorza, podłoża, terenu przyległego.

Źródło: [3]

Metody napraw

Najczęściej stosowane metody usuwania uszkodzeń:

1. Wykonanie dodatkowego drenażu:
    - sączki poprzeczne między podkładami,
    - drenaż skarpowy,
    - drenaż przyporowy,
    - drenaż głęboki,
    - zarurowanie rowu.
2. Wykonanie dodatkowego elementu skarpy:
    - wykonanie warstwy ochronnej,
    - poszerzenie ławy torowiska,
    - zmniejszenie pochylenia skarpy,
    - wykonanie zabezpieczenia powierzchniowego,
    - wykonanie przypory, konstrukcji oporowej.

Metody napraw

Najczęściej stosowane metody usuwania uszkodzeń:

3. Wzmocnienie podtorza i podłoża
    - wymiana gruntu,
    - gwoździowanie skarpy,
    - kotwy gruntowe z pokryciem powierzchni,
    - kolumny żwirowe, piaskowe, gruntowo-betonowe,
    - konsolidacja nasypem przeciążeniowym,
    - wibroflotacja,
    - dogęszczenie nasypu (nasyp przeciążeniowy),
    - iniekcje,
    - stabilizacja cementem, wapnem gaszonym, popiołami.