

# Koleje – podstawy



## Wykład 4

Elementy drogi kolejowej: podtorze,  
odwodnienie

dr hab. inż. Danuta Bryja, prof. nadzw. PWr

Podtorze

# Podtorze

Budowla geotechniczna wykonana na gruncie rodzimym jako nasyp lub przekop, wraz z urządzeniami zabezpieczającymi i odwadniającymi

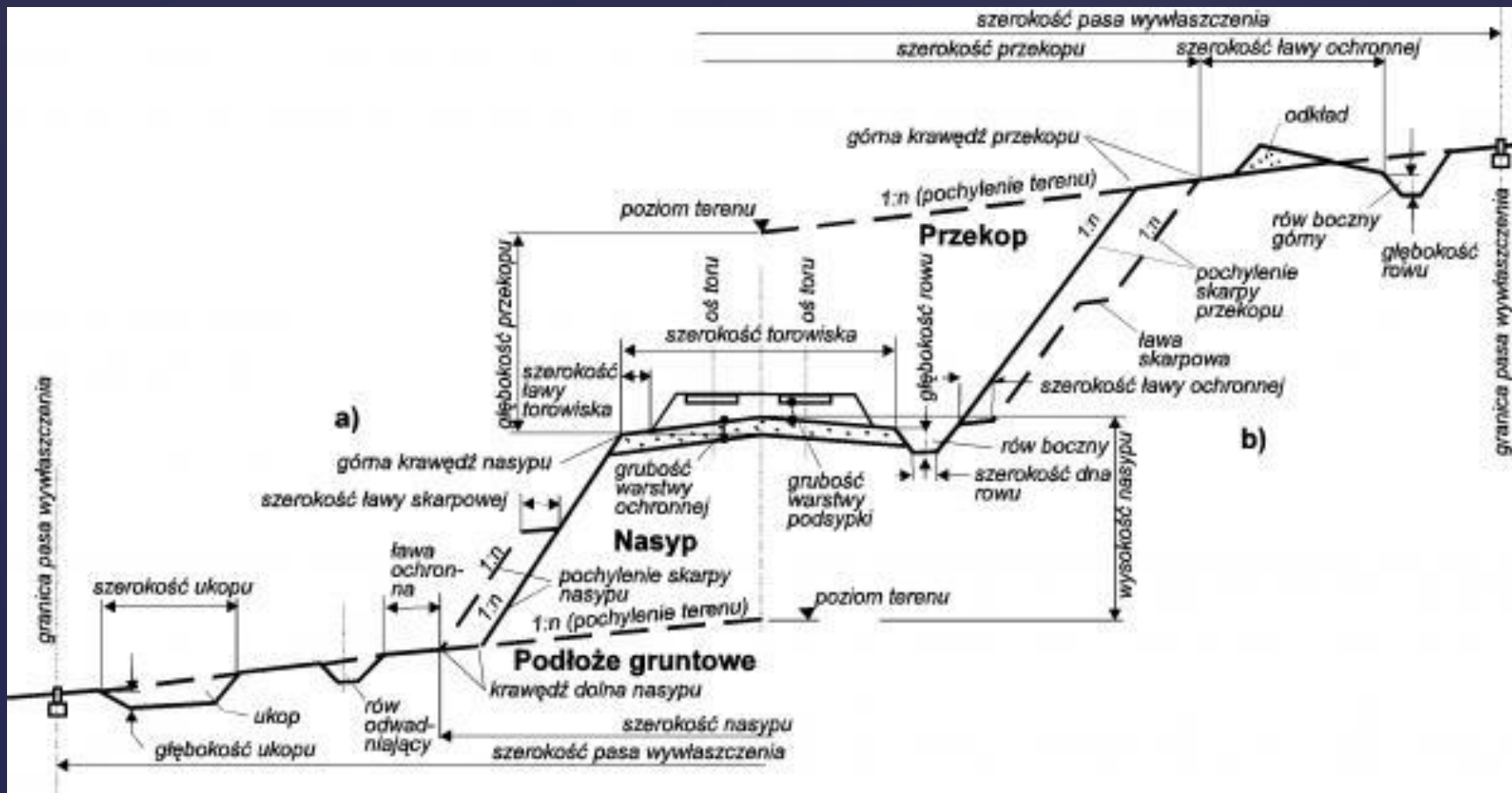
## Podstawowe zadanie podtorza:

przyjęcie obciążeń przekazywanych przez podsypkę (podtorze pełni rolę fundamentu toru kolejowego)



# Kształt podtorza

Elementy podtorza kolejowego: a) w nasypie, b) w przekopie



Wymiary geometryczne podtorza dostosowuje się do wymagań eksploatacyjnych z zachowaniem warunków obowiązującej skrajni

# Warstwa ochronna

Warstwa drobnego materiału kamiennego (pospółki, gysu, niesortu), ułożona między podsypką i torowiskiem

## Zadania warstwy ochronnej:

(nazywanej też filtracyjną lub mrozoochronną)

- ⌘ zabezpieczenie podsypki przed przenikaniem cząstek gruntu z podtorza
- ⌘ zabezpieczenie torowiska przed wgniataniem ziaren podsypki
- ⌘ rozłożenie nacisków przekazywanych przez podsypkę na większą powierzchnię torowiska
- ⌘ polepszenie parametrów dynamicznych podtorza
- ⌘ polepszenie warunków filtracji na styku podtorza z podsypką, odprowadzenie wód opadowych
- ⌘ ochrona podtorza przed przemarzaniem

# Elementy podtorza

## Elementy nasypu:

- ⌘ korpus nasypu (grunt ponad podłożem geologiczno-gruntowym)
- ⌘ torowisko stanowiące powierzchnię podtorza ograniczoną górnymi krawędziami nasypu
- ⌘ skarpy i ławy skarpowe z umocnieniami

## Elementy przekopu:

- ⌘ torowisko wraz z górnymi warstwami podłoża
- ⌘ skarpy i ławy skarpowe z umocnieniami

## Elementy przypory (wzmocnienie skarpy):

- ⌘ korpus przypory (grunt lub inny materiał ponad podłożem geologiczno-gruntowym – np. narzut kamienny, pospółka, żwir, piasek)
- ⌘ ława przypory stanowiąca górną powierzchnię przypory, ograniczoną górnymi krawędziami przypory
- ⌘ skarpy i ławy skarpowe przypory z umocnieniami

# Elementy podtorza

## Elementy odwodnienia:

- ⌘ drenáže liniowe naziemne (np. rowy, rynny, wały odprowadzające)
- ⌘ drenáže liniowe podziemne do odwodnienia powierzchniowego i głębokiego (np. sączki, ciągi drenarskie rurowe)
- ⌘ drenáže skarpowe (np. sączki skarpowe, drenáže punktowe, przyporowe)
- ⌘ drenáže płytowe (np. warstwy filtracyjne)
- ⌘ drenáže pionowe (w których dominuje pionowy kierunek przepływu wód)
- ⌘ urządzenia specjalne i pomocnicze

# Podtorze –wymagania ogólne

Nośność Trwałość Stateczność Jednorodność Sztywność

Podtorze musi być tak zaprojektowane, zbudowane i utrzymywane, aby:

- ↳ było dostatecznie wytrzymałe i trwałe oraz stanowiło stateczną i jednorodną podstawę dla nawierzchni linii kolejowej o określonych parametrach eksploatacyjnych
- ↳ w występujących warunkach klimatycznych i eksploatacyjnych nie ulegało nadmiernym trwałym i sprężystym odkształceniom, zagrażającym bezpieczeństwu ruchu, bądź stwarzającym potrzebę zbyt częstych napraw nawierzchni
- ↳ koszty budowy i eksploatacji były możliwie małe, bez pogarszania walorów użytkowych
- ↳ zapewniona była możliwość łatwego, także zmechanizowanego, prowadzenia robót podtorzowych, nawierzchniowych, trakcyjnych, teletechnicznych itp.



# Podtorze –wymagania ogólne

## Wymagania spełnia się poprzez :

- ↳ stosowanie odpowiednich materiałów oraz właściwe ich ułożenie, zagęszczenie i odwodnienie
- ↳ nadanie budowli odpowiedniego kształtu wynikającego z przepisów i warunków miejscowych
- ↳ niedopuszczanie do wystąpienia w eksploatacji podtorza warunków gorszych niż założone na etapie projektowania, tzn. właściwe konserwowanie oraz wykonywanie niezbędnych napraw i modernizacji budowli
- ↳ przestrzeganie obowiązujących przepisów dot. ochrony środowiska

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Stateczność

- ⌘ Utrata stateczności budowli ziemnej polega na masowych ruchach gruntu, takich jak osuwiska czy zsuwy
- ⌘ Stateczność jest zapewniana głównie przez dobór odpowiedniego kształtu budowli ziemnej
- ⌘ Skarpy podtorza muszą mieć odpowiednie kształty i nachylenia
- ⌘ Szczegółowej analizy geotechnicznej wymagają skarpy o wysokościach większych od:
  - 12 m – w gruntach kamienistych, żwirowych, pospółkach
  - 8 m – w gruntach piaszczystych i piaszczysto-gliniastych
  - 6 m – w gruntach gliniastych i ilastych oraz na obszarach objętych eksploatacją górniczą i terenach osuwiskowych

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Stateczność

Typowe nachylenia skarp podtorza (instrukcja Id-3 „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego”)		
Rodzaje budowli	Rodzaje gruntów	Współczynniki nachylenia $n$
1	2	3
Nasypy	Piaski gliniaste drobne i pylaste w rejonach zawilgoconych	1,5 - 1,8 1,7 - 1,8
	Grunty kamieniste, żwiry, piaski grube i średnie, pospółki	1,5 - 1,8
	Odłamki skalne odporne na wietrzenie	1,3 - 1,7
	Piaski bardzo drobne równoziarniste (w tym piaski wydymowe)	2,0

Większe wartości współczynników nachylenia  $n$  przyjmuje się dla linii kolejowych dużych prędkości.

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Stateczność

Typowe nachylenia skarp podtorza (instrukcja Id-3 „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego”)		
Rodzaje budowli	Rodzaje gruntów	Współczynniki nachylenia $n$
1	2	3
Przekopy	Grunty piaszczyste i piaszczysto – gliniaste, kamieniste, żwirowe, pospółki	1,5 - 1,7
	Grunty spoiste	1,5 - 2,0
	Lessy w rejonach bardzo suchych	0,1 - 0,5
	Skały odporne na wietrzenie (lite i mało spękane)	0,2 - 1,0
	Skały łatwo wietrzejące	0,5 - 1,5

Większe wartości współczynników nachylenia  $n$  przyjmuje się dla linii kolejowych dużych prędkości.

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Trwałość

- Podtorze należy projektować przy założeniu trwałości równej **100 lat**
- Górną część podtorza (torowisko), na której jest ułożona nawierzchnia, należy projektować przy założeniu trwałości **20 - 50 lat**, zależnie od parametrów eksploatacyjnych linii
- Trwałość podtorza a także jego wytrzymałość jest uzyskiwana przez **dobór odpowiedniego materiału**, zastosowanie właściwej technologii budowy w tym zagęszczania, właściwe odwodnienie, właściwe zabiegi utrzymaniowe

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Materiały

Grunty stosowane do budowy i naprawy podtorza dzieli się na:

- **grunty niskiej jakości**, które mogą być wykorzystane po uprzedniej analizie zachowania się nasypów lub po specjalnych zabiegach uzdatniających
- **grunty, które mogą być stosowane tylko w pewnych warunkach** (np. po przesuszeniu, w niskich nasypach, zabezpieczone warstwą lepszych gruntów lub układane na przemian z innymi gruntami)
- **grunty, które mogą być stosowane bez ograniczeń**

w zależności od klas jakości określonych w Id-3 „Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego”

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Grunty, które mogą być stosowane bez ograniczeń:

- skały o średniej twardości, np. o współczynniku Los Angeles  $30 < LA \leq 40$  (miara odporności gruntu na mechaniczne rozdrabnianie)
- skały twarde o współczynniku Los Angeles  $LA \leq 30$
- grunty dobrze uziarnione ( $U \geq 6$ ) zawierające mniej niż 5% cząstek drobnych

**U**: wskaźnik różnoziarnistości gruntu - miara nachylenia krzywej uziarnienia gruntu niespoistego, określająca możliwość jego zagęszczenia i odporność na drgania

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$d_{60}$ ,  $d_{10}$  - średnica cząstek lub ziaren gruntu, które wraz z mniejszymi stanowią odpowiednio: 60% i 10% masy gruntu

# Podtorze – wymagania szczegółowe

## Materiały

Grunty stosowane do budowy i naprawy podtorza (z wyjątkiem torowiska) powinny umożliwić uzyskanie **modułów odkształcenia** podtorza nie mniejszych niż:

- 45 MPa w przypadku gruntów spoistych
- 60 MPa w przypadku gruntów piaszczystych i żwirowych

**Moduł odkształcenia (sprężystości) gruntu** – miara nośności gruntu (jednorodnego czyli nieuwarstwionego podłoża gruntowego), określona przy statycznym obciążeniu tego gruntu sztywną okrągłą płytą

$$E = 0,75 \frac{\Delta p}{\Delta s} D \quad [\text{MPa}]$$

$\Delta p$  – przyrost obciążenia powierzchniowego [MPa]

$\Delta s$  – odpowiadający przyrost osiadania płyty [mm]

$D$  – średnica płyty [mm]



# Wymagania dotyczące górnej warstwy podtorza

Grunty stosowane do budowy i naprawy górnej warstwy podtorza muszą spełniać bardziej szczegółowe wymagania w zakresie :

- nośności (wytrzymałości doraźnej)
- sztywności (w aspekcie osiadań)
- trwałości (wytrzymałości eksploatacyjnej)
- jednorodności

Rozkładanie folii na torowisku



# Nośność

- Moduł odkształcenia** podtorza mierzony na torowisku, określony przy drugim obciążeniu statycznym płytą okrągłą o średnicy 30 cm nie może być mniejszy od wartości minimalnej

Minimalne wartości modułów odkształceń podtorza mierzonych na torowisku  $E_0$  [MPa]

Prędkość $v_{\max}$ [km/h]	Obciążenie przewozami T [Tg/rok]			
	$T \geq 25$	$10 \leq T < 25$	$3 \leq T < 10$	$T < 3$
1	2	3	4	5
$200 < v_{\max} \leq 250$	120 (80)	120 (80)	120 (80)	110 (70)
$160 < v_{\max} \leq 200$	120 (80)	120 (70)	110 (60)	100 (55)
$120 < v_{\max} \leq 160$	120 (70)	110 (60)	100 (50)	90 (45)
$80 < v_{\max} \leq 120$	110 (60)	100 (55)	90 (45)	80 (40)
$v_{\max} \leq 80$	100 (50)	90 (45)	80 (40)	80 (40)

# Nośność

2. **Naprężenia** w dowolnym punkcie górnej warstwy podtorza nie mogą przekroczyć wartości naprężeń dopuszczalnych dla wbudowanych gruntów

Naprężenia dopuszczalne oblicza się na podstawie naprężeń granicznych:

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{\sigma_{\text{gr}}}{1,5}$$

gdzie według wzoru Prandtla naprężenia graniczne wynoszą

$$\sigma_{\text{gr}} = \frac{c}{\text{tg}\varphi} [\text{tg}^2\varphi(45 + 0,5\varphi)e^{\pi\text{tg}\varphi} - 1]$$

$c$  – spójność gruntu [MPa]

$\varphi$  – kąt tarcia wewnętrznego [°]

Źródło: K. Towpik „Infrastruktura transportu szynowego”

# Sztywność

## 3. **Osiadania** torowiska nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnych

Dopuszczalne różnice osiadań torowiska wynoszą:

- 4 mm/rok na długości 30 m
- lub 10 mm/rok na długości 200 m

jeśli nie określono innych wymagań.

Jeśli przyjęte wymagania nie mogą być spełnione, należy zastosować odpowiednie wzmocnienie podtorza lub podłoża (gruntu rodzimego).

Przy obiektach inżynierskich należy stosować odcinki przejściowe w celu zmniejszenia różnic osiadań torowiska i zapewnienia stopniowej zmiany sztywności podtorza.

# Trwałość

Grunty wbudowane w górną część podtorza powinny być :

## 1. odporne na wodę

– nie powinny zawierać substancji rozpuszczalnych

## 2. odpowiednio wodoprzepuszczalne

– wskaźnik wodoprzepuszczalności  $k_{10} \geq 10^{-4}$  m/s, gdy grunt warstwy ochronnej musi przepuszczać wody opadowe

– wskaźnik wodoprzepuszczalności  $k_{10} < 10^{-6}$  m/s, gdy należy zapobiec infiltracji wód opadowych w grunty podtorza

(torowisko musi być wtedy dostatecznie utwardzone i wyprofilowane z nachyleniami poprzecznymi w kierunku drenażu)

## 3. mrozoodporne

– nie powinny być gruntami wysadzinowymi, do głębokości przemarzania w danej strefie klimatycznej

# Trwałość

Grunty wbudowane w górną część podtorza powinny być :

## 4. dobrze uziarnione

- wskaźnik różnoziarnistości  $U \geq 5 + v_{\max}/160$ , aby nie rozgęszczały się pod wpływem drgań

## 5. stabilne mechanicznie

- nie mieszające się z materiałami innych warstw, zwłaszcza na styku z podsypką
- migrację drobnych cząstek z podtorza w podsypkę uniemożliwiają materiały zawierające 10 - 20% ziaren mniejszych od 0,2 mm

## 6. pozbawione zanieczyszczeń

- zawartość części organicznych nie większa niż 0,2%
- zawartość siarczanów nie większa niż 0,2%

# Jednorodność

**Konstrukcja górnej części podtorza powinna być jednakowa** na całych szlakach lub grupach stacyjnych, w celu zapewnienia **jednorodności podparcia toru**.

**Zmiany konstrukcji dopuszcza się w przypadku:**

- skomplikowanych warunków hydrologiczno-geologicznych
- torów lub ich odcinków o wyraźnie odmiennych funkcjach
- napraw lub modernizacji podtorza

Konieczne zmiany konstrukcji wprowadza się skokowo na międzytorzach oraz stopniowo na długości toru (odcinki przejściowe).

# Jednorodność

**Długości odcinków przejściowych** między podtorzem istniejącym i podtorzem modernizowanym lub naprawianym **nie mogą być mniejsze niż 10 m**, przy czym muszą spełniać również warunek:

$$L \geq \frac{\Delta E}{2,5}$$

$L$  – długość odcinka przejściowego [m]

$\Delta E$  – orientacyjna różnica ekwiwalentnych modułów odkształcenia mierzonych na poziomie torowiska, na styku odcinków [MPa]

$E$  – ekwiwalentny moduł odkształcenia : miara nośności układu warstw gruntów, określona przy drugim statycznym obciążeniu sztywną okrągłą płytą o średnicy 0,3 m



# Odwodnienie

# Skutki braku odwodnienia

Brak właściwego odwodnienia prowadzi do szybkiej degradacji całej nawierzchni kolejowej, może spowodować utratę stateczności podtorza.



Osuwisko spowodowane dużymi opadami

Całkowicie zamulona podsypka oraz duże pełzanie podkładów betonowych, przejawiające się ich nierównomiernym rozstawem

# Odwadnianie podtorza

Zabezpieczanie przed napływem wód oraz zbieranie i odprowadzanie wód w celu zapewnienia ciągłej sprawności eksploatacyjnej drogi kolejowej

**Odwadnianie realizuje się przez:**

- ⌘ **drenaż powierzchniowy (naziemny)** – odprowadzanie wód opadowych,
- ⌘ **drenaż wgłębny (głęboki, podziemny)** – zabezpieczanie torowiska przed wodami gruntowymi: płynącymi, stojącymi i kapilarnymi.

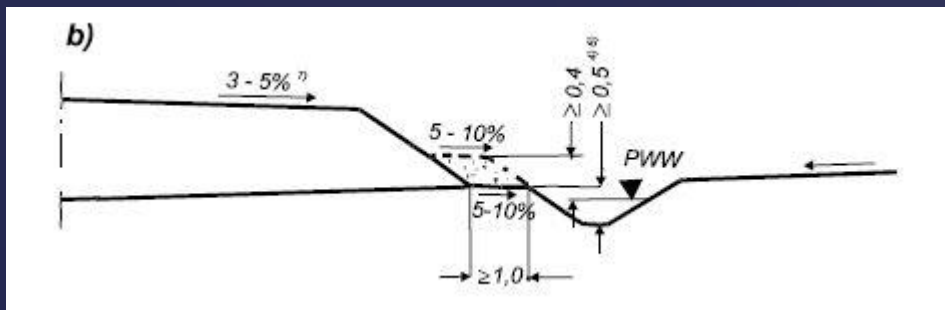
**Prawidłowe odwodnienie jest warunkiem koniecznym:**

- ⌘ utrzymania stateczności budowli ziemnej (podtorza),
- ⌘ zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości gruntów podczas budowy i eksploatacji podtorza.

# Rodzaje drenaży

## 1. Drenaże liniowe naziemne (poziome): rowy, rynny, wały odprowadzające (groble)

**Rowy** – nieobudowane lub obudowane wykopy zlokalizowane najczęściej wzdłuż drogi kolejowej, chroniące ją przed dopływem wód powierzchniowych i odprowadzające te wody do sieci odprowadzającej lub bezpośrednio do odbiornika



Rów przy nasypie



Linia kolejowa w przekopie z rowami odwadniającymi

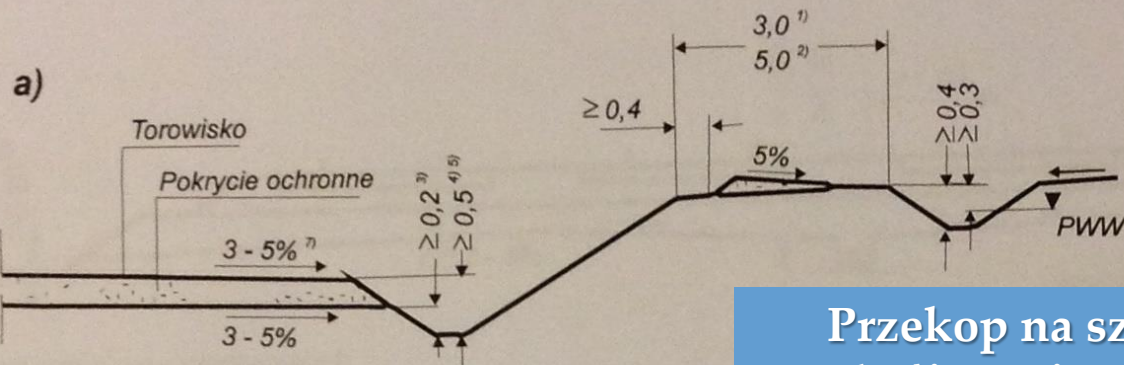
# Rodzaje drenaży

**Rynny** – monolityczne lub prefabrykowane koryta, stosowane zamiast rowu w przypadku potrzeby zapewnienia szczelności rowu, trudności w budowie lub utrzymaniu umocnienia rowu itp.



Koryto odwadniające z prefabrykatów betonowych

**Wały odprowadzające** – nasypy z gruntu, tworzące wraz z terenem naziemny ciek



Przekop na szlaku :  
przekrój w rejonie rowów

# Rodzaje drenaży

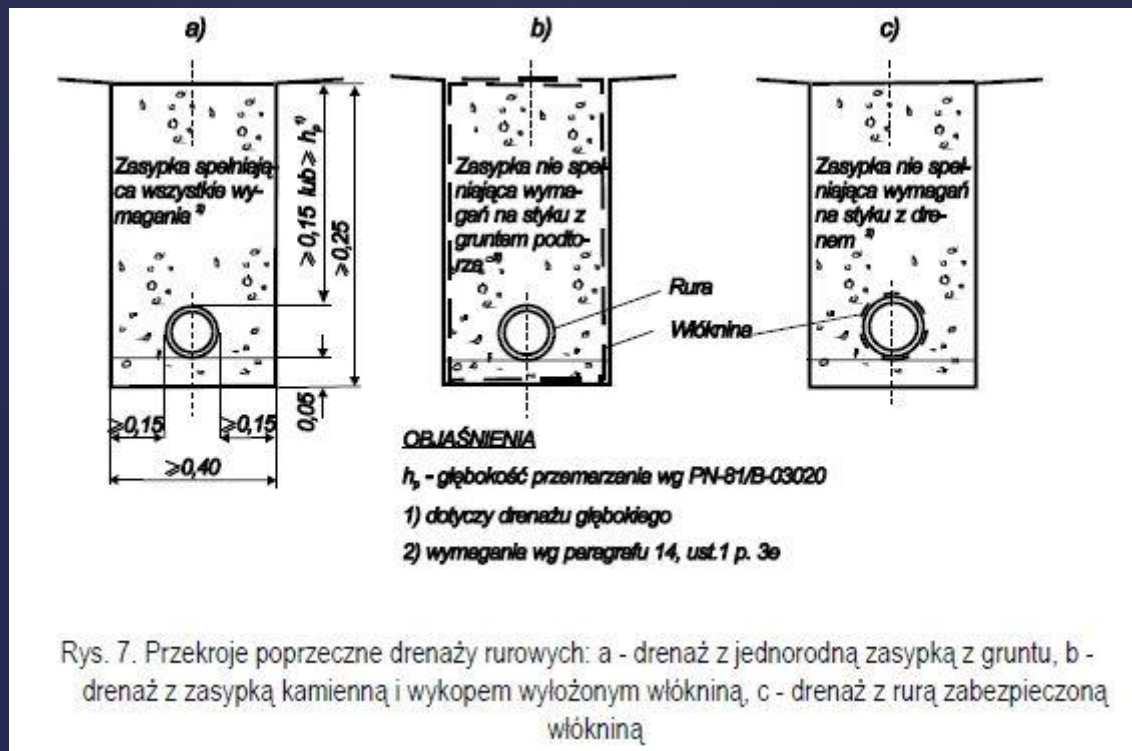
## 2. Drenaże liniowe podziemne do odwodnienia powierzchniowego i głębokiego: np. sączki, ciągi drenarskie rurowe



**Sączki** – płytkie drenaże wypełnione zasypką filtracyjną, z drenem rurowym lub bezrurowe :

⌘ podłużne – wzdłuż osi toru

⌘ poprzeczne – prostopadłe do osi toru



# Rodzaje drenaży

## 3. Drenaże płytowe: warstwy filtracyjne

- ⌘ **Pokrycia ochronne z gruntu mineralnego** (pospółka, żwir, piasek) **lub kruszywa** (niesort kamienny, kliniec, grys), wykonywane jako warstwa ochronna torowiska i na równiach stacyjnych
- ⌘ **Powłoki z materiału przepuszczalnego** (geowłókniny)
- ⌘ **Grunty stabilizowane** różnymi spoiwami (cement, wapno, bitum, żywice itp.), stosowane np. aby uniknąć dużych grubości warstw filtracyjnych gruntowych
- ⌘ **Zabezpieczenia wielowarstwowe**: w warstwie gruntowej zastosowane są cienkie pokrycia przepuszczalne (np. geowłókniny, geosiatki) jako elementy wzmocnień oraz pokrycia nieprzepuszczalne (np. folie, powłoki bitumiczne) w celu zapobieżenia infiltracji wód powierzchniowych w grunty

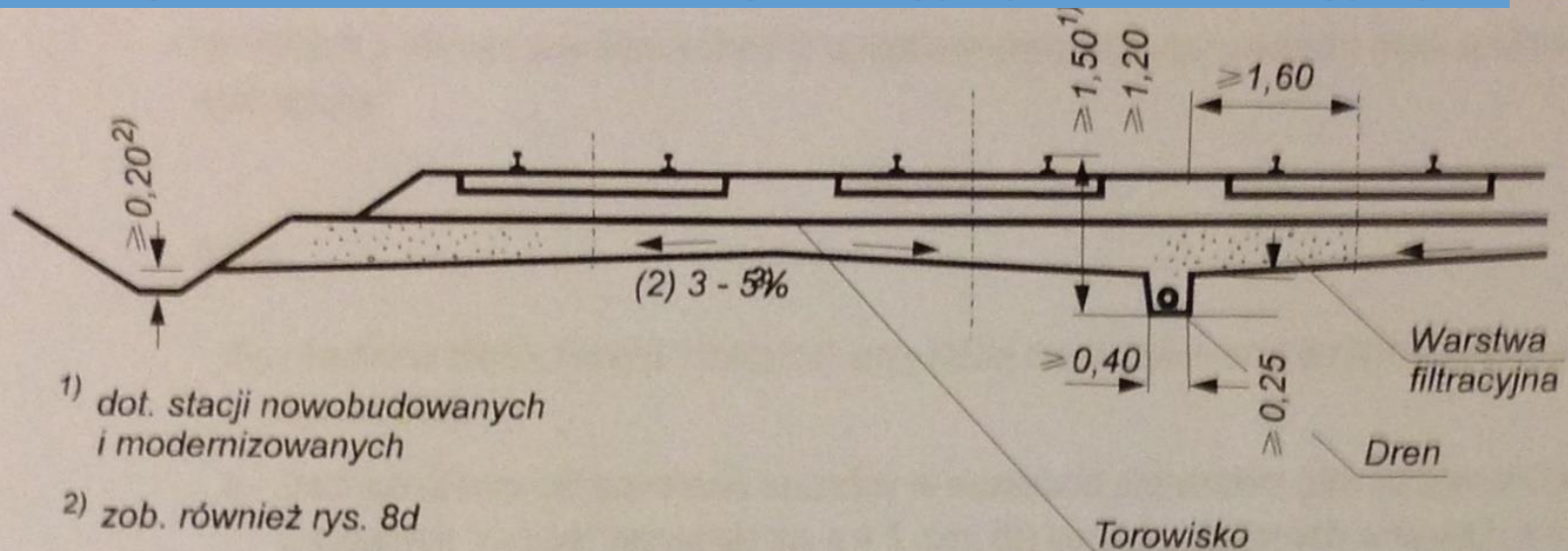
# Rodzaje drenaży



Warstwa filtracyjna na podtorzu,  
po wyrównaniu i ubiciu

Warstwy filtracyjne są obowiązkowo  
stosowane na równiach stacyjnych

Przykład zastosowania warstwy filtracyjnej na równi stacyjnej





# Rodzaje drenaży

**4. Drenaże pionowe:** sączi, studzienki drenarskie, studnie chłonne, rury ssące opróżniane za pomocą pomp

**Studzienki drenarskie** – elementy podziemnej rurowej sieci drenarskiej, służące do łączenia, kontroli i oczyszczania drenaży i ciągów odprowadzających wody



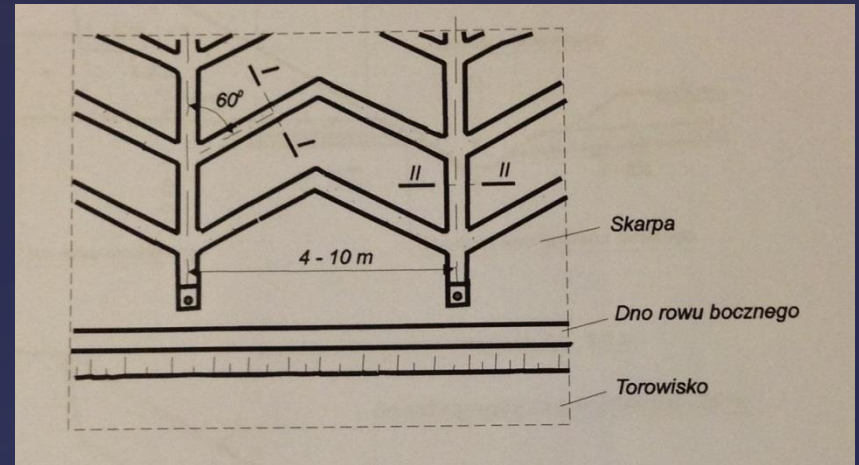
**Studnie chłonne** – sztuczne zbiorniki w postaci obudowanego drenu pionowego, umożliwiające odprowadzenie wód do znajdujących się niżej gruntów przepuszczalnych



# Rodzaje drenaży

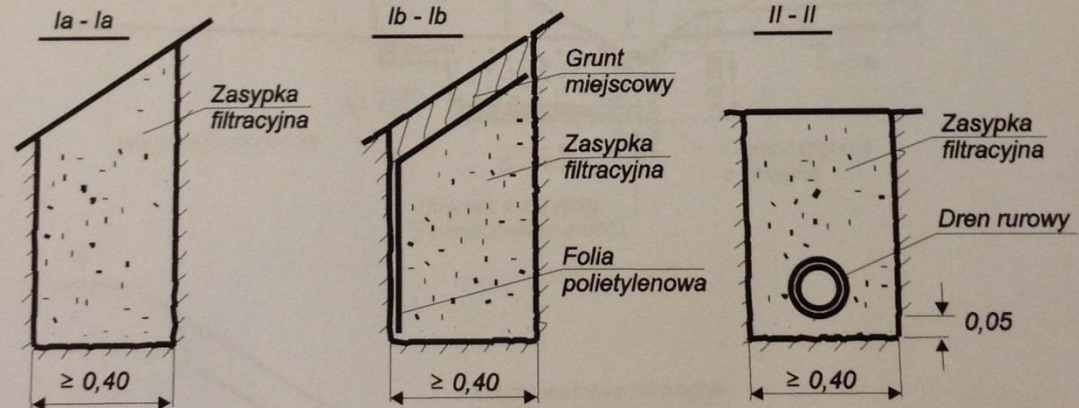
5. Drenaże skarpowe:  
sączki skarpowe, drenaże punktowe, przyporowe

Sączki skarpowe



Ciąg drenarski  
odwodnienia skarpowego

Sączki skarpowe  
przykłady



# Rodzaje drenaży

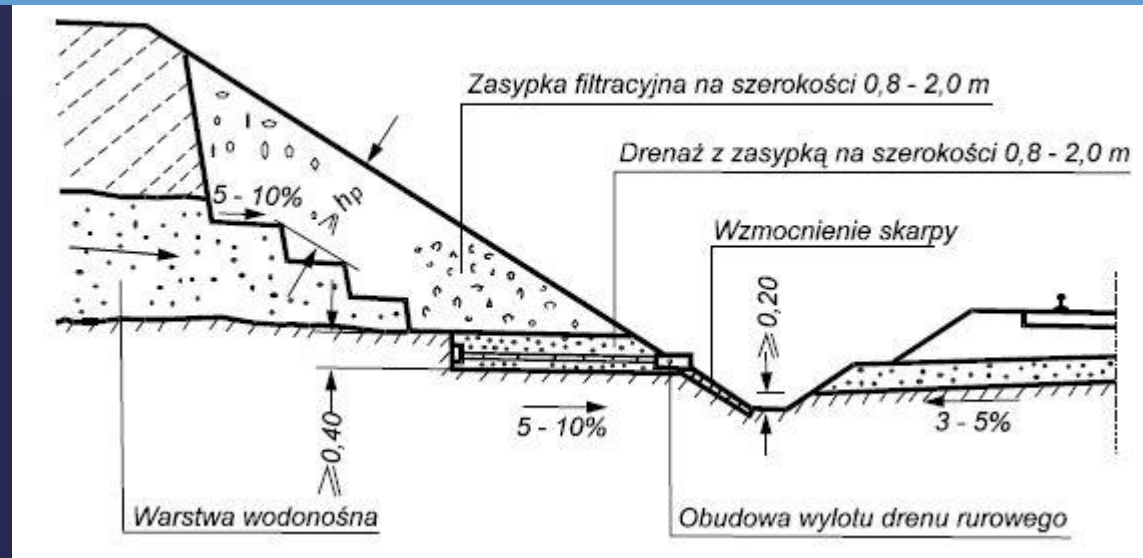
**Drenaże punktowe (pionowe)** – drenaże podziemne rurowe lub bezrurowe, zakładane w skarpowej części budowli, zwykle prostopadle do jej obrysu w planie, umożliwiające odprowadzenie wód z korpusu budowli

## **Drenaże przyporowe (tzw. „rigole”)**

– drenaże warstwowe w części skarpowej budowli,

pozwalają nie tylko osuszyć część skarpową, ale także zwiększyć jej stateczność dzięki częściowej lub ciągłej wymianie gruntu

Przykład drenażu skarpowego przyporowego ze schodkowaniem skarpy w warstwie wodonośnej



# Zasady odwadniania podtorza

## Zasady ogólne

1. Podtorze należy odwadniać przede wszystkim powierzchniowo:
  - a) kształtując odpowiednio jego powierzchnie,
  - b) stosując rowy i płytkie drenaże,
  - c) w miarę potrzeby stosować warstwy filtracyjne, ew. warstwy szczelne.
2. Urządzenia odwadniające muszą powodować **obniżenie wód gruntowych o 1,2 m od poziomu główki szyny na liniach eksploatowanych, o 1,5 m w przypadku linii nowobudowanych i modernizowanych.**
3. Urządzenia odwadniające muszą zapewniać szybki spływ wody. Nie mogą niekorzystnie wpływać na stateczność podtorza, sąsiadujących budowli i urządzeń.

# Zasady odwadniania podtorza

## Zasady szczegółowe – ukształtowanie podtorza

1. **Spływ wód** powierzchniowych z podłoża torów szlakowych zapewnia się stosując **poprzeczne spadki (3-5%) torowisk** w kierunku skarp, bocznych rowów lub drenaży podziemnych.
2. **Spływ wód** powierzchniowych z **równi stacyjnych** zapewnia się przez nadanie powierzchniom gruntu podtorza **spadków poprzecznych (2-5%)** i przy użyciu drenażu płytowego, czyli ułożenie warstw filtracyjnych .
3. **Pozostałe powierzchnie podtorza** (z wyjątkiem skarp) profiluje się ze spadkami poprzecznymi równymi **5 - 10%** w kierunku możliwego spływu wód.
4. **Krawędź torowiska** przy ciekach i zbiornikach wodnych oraz na terenach zalewowych musi znajdować się na rzędnej  $H$  nie niższej niż  $H = H_w + h_f + 0,6$  [m].

$H_w$  - rzędna stuletniej wysokiej wody,

$h_f$  - wysokość fal według danych hydrologicznych

# Zasady odwadniania podtorza

## Zasady szczegółowe – rowy odwadniające

1. Rowy odwadniające stosuje się głównie **do zbierania i odprowadzania wód powierzchniowych** a także w celu niewielkiego obniżenia poziomu wód gruntowych.
2. Rowy odwadniające są stosowane:
  - a) **we wszystkich przekopach,**
  - b) przy górnych krawędziach przekopów od strony napływających wód,
  - c) **przy nasypach o wysokości do 0,6 m,**
  - d) przy nasypach od strony dopływających wód,
  - e) w celu przeprowadzenia wód powierzchniowych przez stację lub odprowadzenia ich poza podtorze.
3. Jeżeli rowy zmniejszają stateczność podtorza, można je zastąpić wałami odprowadzającymi (np. przy przekopach) lub drenażami podziemnymi (np. przy nasypach).

# Zasady odwadniania podtorza

## Zasady szczegółowe – rowy odwadniające

4. **Pochylenie podłużne dna rowu nie powinno być mniejsze od 3%** (wyjątkowo 1%). Rowy o spadkach większych niż 10% należy wyposażać w progi, stopnie, kaskady, itp.
5. **Całkowita głębokość rowu nie może być mniejsza od 0,5 m i większa od 1,90 m**, musi być o 0,3 m większa od głębokości wynikającej z niezbędnej przepustowości rowu. **Szerokość dna rowu w przekroju trapezowym przyjmuje się równą 0,4 m.**
6. **Na liniach nowobudowanych i przystosowywanych do prędkości  $v > 160$  km/h, rowy boczne powinny być obudowane i budowane z odsadzką od strony skarpy (o min. szerokości 0,2 m) lub zastępowane drenażem podziemnym.**

# Zasady odwadniania podtorza

## Zasady szczegółowe – rowy odwadniające

6. **Skarpy i dna rowów umacnia się**, gdy jest to wskazane ze względów utrzymaniowych oraz **gdy istnieje niebezpieczeństwo**:
  - a) **rozmycia gruntu** wskutek zbyt dużych prędkości przepływających wód (prędkości przepływu sprawdza się przy spadkach większych od 1,5% i jeśli są one zbyt duże stosuje się odpowiednie wzmocnienie),
  - b) **zamulenia rowu** wskutek zbyt małych prędkości przepływu wód (prędkości przepływu sprawdza się przy spadkach mniejszych od 0,4% i jeśli prędkości są mniejsze od 0,3 m/s stosuje się gładkie obudowy umożliwiające zwiększenie prędkości i ułatwiający usuwanie zanieczyszczeń),
  - c) **wypierania gruntów podtorza** przy przyjętych pochyleniach skarp rowów (np. po poszerzeniu torowiska w przekopie).



# Umocnienia skarp i dna rowu



prefabrykowane korytka betonowe

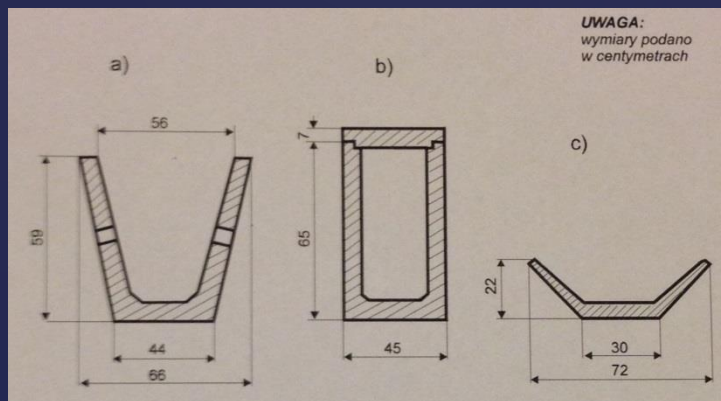


plastikowe kratki trawnikowe

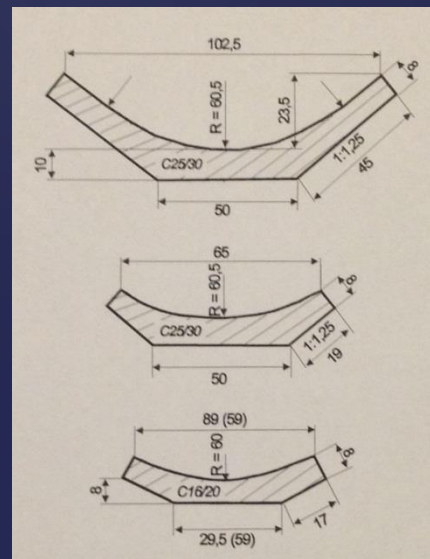


prefabrykowane betonowe płyty ażurowe

## Korytka odwodnieniowe:



a) trapezowe (tzw. krakowskie),  
b) głębokie kryte, c) płytkie



korytka płytkie (konstr. słowacka)