



POLITECHNIKA POZNAŃSKA



WYDZIAŁ INŻYNIERII  
LĄDOWEJ I  
TRANSPORTU

# BUDOWNICTWO MOSTOWE I

Ćwiczenia projektowe





- dr inż. Marcin Bilski
- *e-mail*: [marcin.bilski@put.poznan.pl](mailto:marcin.bilski@put.poznan.pl)
- *www*: [bilski.put.poznan.pl](http://bilski.put.poznan.pl)



- Ćwiczenia projektowe (15 h)  
*około 7-8 spotkań po 90 minut w I semestr*
- Obligatoryjna obecność na zajęciach

Zgodnie z Regulaminem Studiów pierwszego i drugiego stopnia z dnia 31 maja 2021 r.

- Temat ćwiczenia projektowego:

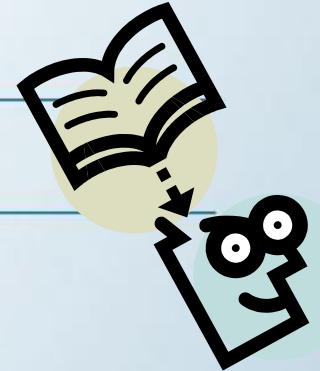
„Wykonanie koncepcyjnego projektu jednoprzęsłowego betonowego wiaduktu drogowego o ustroju nośnym przęsła płytowo-belkowym wraz z podstawowymi obliczeniami statycznymi,,



## Zakres ćwiczenia projektowego część 1

1. Wstępne projektowanie przekroju poprzecznego przęsła betonowego
  - 1.1. Ustalenie szerokości całkowitej pomostu
  - 1.2. Określenie ilości i rozstawu dźwigarów głównych
  - 1.3. Odwodnienie obiektu
  - 1.4. Kształtowanie dźwigara głównego
  - 1.5. Kształtowanie płyty pomostowej
  - 1.6. Kształtowanie stężeń poprzecznych
  - 1.7. Dobór i rozmieszczenie elementów wyposażenia
  - 1.8. Rysunek przekroju poprzecznego w skali 1:50
  
2. Zebranie obciążeń stałych z przęsła wg PN-EN 1991-1-1
  - 2.1. Zestawienie obciążeń stałych (nominalna wartość charakterystyczna z uwzględnieniem dolnej i górnej wartości charakterystycznej) – tabela
  - 2.2. Wyznaczenie obciążenia stałego przypadającego na pojedynczy dźwigar
  - 2.3. Wyznaczenie wartości obliczeniowych obciążenia stałego przypadającego na pojedynczy dźwigar
  
3. Dane dotyczące obciążeń użytkowych
  - 3.1. Ogólny opis modelu obciążenia (wg PN-EN 1991-2) (szkic)
  - 3.2. Podział jezdni na pasy umowne (szkic)
  - 3.3. Zestawienie wartości obciążeń charakterystycznych od obciążeń użytkowych z uwzględnieniem współczynników zależnych od klasy drogi (tabela)
  
4. Poprzeczny rozdział obciążenia (PRO) użytkowego metodą sztywnej poprzecznicy
  - 4.1. Założenia metody sztywnej poprzecznicy (wzór z objaśnieniem symboli)
  - 4.2. Wyznaczenie linii wpływu PRO dla dwóch dźwigarów (szkice)
  - 4.3. Wyznaczenie obciążenia wypadkowego dla obu dźwigarów (szkic przekroju z linią wpływu PRO i ustawieniem obciążenia użytkowego na pomoście)
  - 4.4. Wniosek z PRO





## Literatura:

- Madaj A., Wołowicki W. Projektowanie mostów betonowych. WKŁ Warszawa 2010  
Madaj A., Wołowicki W. Podstawy projektowania budowli mostowych. WKŁ Warszawa 2009  
Jankowiak I. Podstawy budownictwa mostowego. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2019  
Wołowicki W., Madaj A. Budowa i utrzymanie mostów, WKŁ, Warszawa 2007

## Normy:

- PN-85/S-10030, Obiekty mostowe. Obciążenia  
PN-EN 1990 Podstawy projektowania konstrukcji (wraz z PN-EN 1990:2004/A1, PN-EN 1990:2004/AC, PN-EN 1990:2004/NA)  
PN-EN 1991-1-1 Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne  
PN-EN 1991-2 Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów  
PN-EN 1992-1-1 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków  
PN-EN 1992-2 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 2: Mosty z betonu. Obliczanie i reguły konstrukcyjne

## Akty prawne

- [A1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. Dz.U. Nr 63 z 2000 r., poz. 735  
*Dz.U. Poz. 1642 z dnia 01.08.2019 (nowelizacja ustawy poz. 735)*
- [A2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 lutego 2005 r. w sprawie sposobu numeracji i ewidencji dróg publicznych, obiektów mostowych, tuneli, przepustów i promów oraz rejestru numerów nadanych drogom, obiektom mostowym i tunelom. Dz.U. Nr 67 poz. 582
- [A3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. Nr 151 z 1998 r., poz. 987
- [A4] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz.U. Poz. 124 tekst jednolity z dnia 23 grudnia 2015  
*Dz.U. Poz. 1643 z dnia 01.08.2019 (nowelizacja ustawy poz. 124)*

## Instrukcje i zalecenia

- [11] Katalog detali mostowych, GDDP Wydział mostów, Warszawa 2002
- [12] Zalecenia wykonywania izolacji z pap zgrzewalnych i nawierzchni asfaltowych na drogowych obiektach mostowych, IBDiM, zeszyt 68, Warszawa 2005
- [13] WT-2 Nawierzchnie asfaltowe, IBDiM, Warszawa 2008
- [14] Zalecenia dotyczące doboru mostowych urządzeń dylatacyjnych oraz ich wbudowania i odbioru, załącznik do Zarządzenia nr 4 GDDKiA z dnia 24.01.2007, Warszawa 2007
- [15] Projekt wytycznych stosowania drogowych barier ochronnych, GDDKiA z dnia 29.03.2010, Warszawa 2010
- [16] Instrukcja elementów drogi na drogowym obiekcie mostowym oraz elementów drogi i torowisk kolejowych na drogowo-kolejowym obiekcie mostowym, zarządzenie nr 5 GDDKiA z dnia 11.03.2003, Warszawa 2003
- [17] Zalecenia dotyczące łożyskowania obiektów mostowych oraz kontroli łożysk podczas eksploatacji, załącznik do Zarządzenia nr 10 GDDKiA z dnia 08.02.2006, Warszawa 2006
- [18] Zalecenia projektowania, budowy i utrzymania odwodnienia drogowych obiektów mostowych, GDDKiA, Warszawa 2009



## KARTA KONSULTACYJNA

(do ćwiczeń projektowych z przedmiotu *Budownictwo Mostowe I*)

Imię i Nazwisko:		Nr grupy:		
Lp.	Etap projektu	Opis i ocena zaawansowania	Data	Podpis
1.	Koncepcja przekroju poprzecznego ustroju mostowego			
2.	Projektowanie wstępne ustroju przęsła			
3.	Zebranie obciążeń stałych			
4.	Charakterystyka obciążenia użytkowego			
5.	Poprzeczny rozdział obciążenia użytkowego			
6.	Obwiednie sił wewnętrznych			
7.	Przekrój poprzeczny 1:20			
8.	Przekrój podłużny 1:100			
9.	Widok z góry 1:100			

### Karta konsultacji

Obowiązkowo podczas konsultacji projektu

Wydruk każdy student indywidualnie



## Podstawowe definicje:

Do budowli mostowych zalicza się niżej przedstawione konstrukcje inżynierskie:

- mosty
- wiadukty
- estakady
- tunele
- przepusty



**Most** – obiekt inżynierski służący do przeprowadzenia trasy komunikacyjnej nad przeszkodą wodną (rzeka, kanał, zatoka morska itp.) Wymiary przestrzeni pod mostem są ustalane na podstawie obliczeń hydrologicznych w zależności od przepływu danej rzeki i jej charakteru (tj. czy rzeka jest spławna czy żeglowna).

**Wiadukt** – obiekt inżynierski służący do przeprowadzenia trasy komunikacyjnej nad inną trasą komunikacyjną (droga, linia kolejowa itp.)



## POLITECHNIKA POZNAŃSKA

**Estakada** – długi obiekt inżynierski służący do przeprowadzenia trasy komunikacyjnej nad obniżonym terenem lub wykonany w celu podniesienia określonej drogi ponad otaczający teren z pozostawieniem swobodnej przestrzeni pod tą drogą.



Estakada w Kłodzku



Estakada katowicka



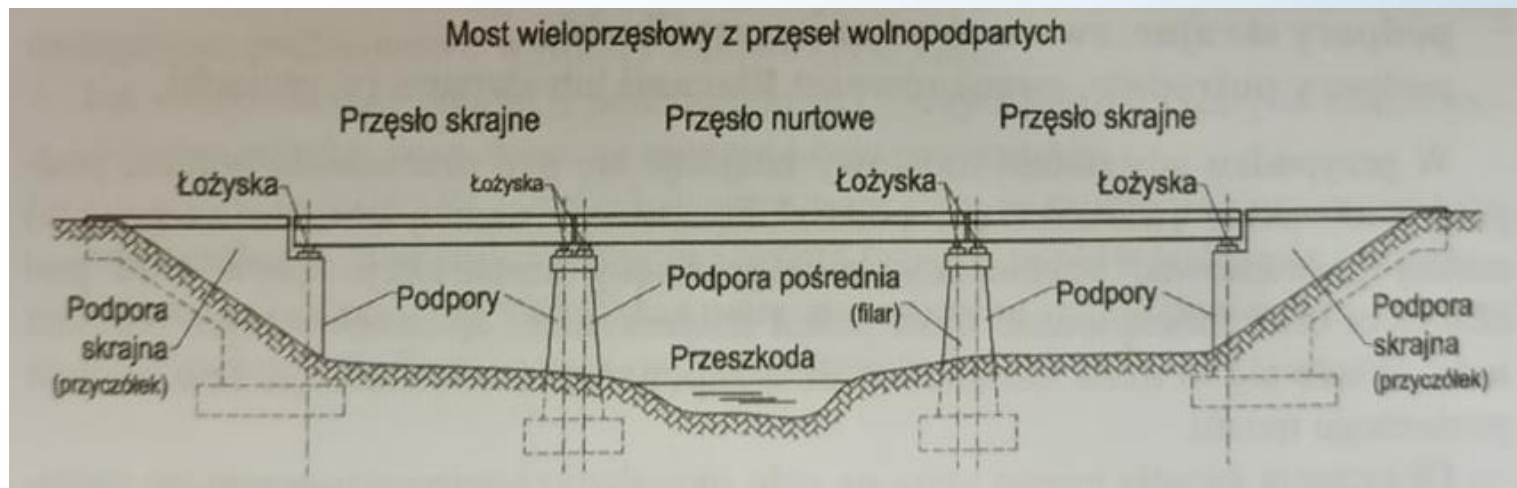
**Tunel** – budowla usytuowana poniżej poziomu terenu, służąca do przeprowadzenia linii komunikacyjnej lub urządzeń transportowych pod przeszkodą terenową.

**Przepust** – mały obiekt inżynierski służący do przeprowadzenia cieku lub linii komunikacyjnej podrzędnego znaczenia pod trasą komunikacyjną.



Przepusty drogowe <sup>3,4</sup>

## Zasadnicze części budowli mostowej



Zasadnicze układy konstrukcyjne w obiekcie mostowym to:

- przęsła
- podpory



**Przęsła** – elementy konstrukcyjne budowli mostowej, które znajdują się pomiędzy kolejnymi podporami. Przęsło to również ustrój niosący wraz z pomostem i elementami wyposażenia umieszczony między dwiema sąsiednimi podporami;

**Podpory** – elementy konstrukcyjne budowli mostowej, na których opierają się przęsła. Podpory głównie służą do przeniesienia ciężaru własnego konstrukcji mostu oraz wszystkich na nią działających obciążeń na grunt tj. obciążenie od ruchu, parcie wiatru, parcie lodu itp.



## Podstawowe funkcje przęśła:

- Zagwarantowanie swobodnego przemieszczania się nad przeszkodą
- Zapewnienie właściwego użytkowania przestrzeni pod obiektem
- Przeniesienie ciężaru własnego, ciężaru wyposażenia oraz obciążenia użytkowego na podpory





### Elementy konstrukcyjne przęśła:

- **dźwigary główne** – podparcie pomostu i przekazanie na podpory wszystkich obciążeń działających na przęśło,
- **pomost** – stworzenie bezpośrednich warunków do ruchu pojazdów lub pieszych oraz przekazanie oddziaływań od ruchu na dźwigary główne,
- **stężenia** – zapewnienie przestrzennej pracy konstrukcji przęseł mostowych oraz zapewnienie ich geometrycznej niezmienności, a także przeniesienia sił poziomych na dźwigary główne,
- **łożyska** – uporządkowanie kierunku oddziaływań między przęśłami i podporami („centrowanie reakcji”) oraz zapewnienie właściwych warunków oparcia przęseł na podporach (umożliwienie swobodnych odkształceń przęseł względem podpór – tzw. swobody przesuwów i obrotów).

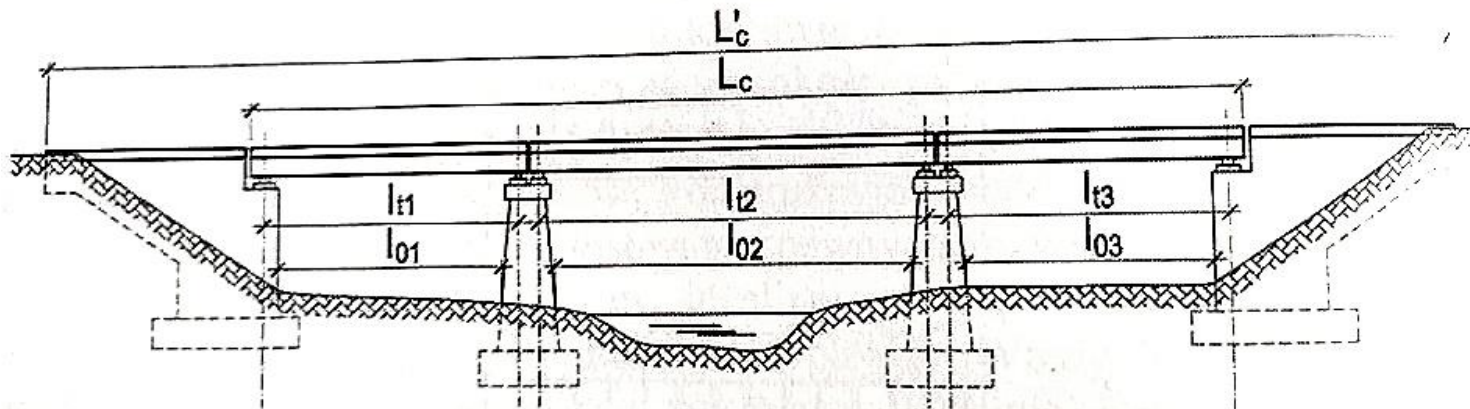


Podpory mostowe dzielimy na dwie grupy:

- Podpory skrajne, zwane **przyczółkami**
- Podpory pośrednie, zwane również **filarami**  
lub słupami

## Podstawowe wymiary poziome i pionowe

Most wieloprzęsłowy z przęseł wolnopodpartych

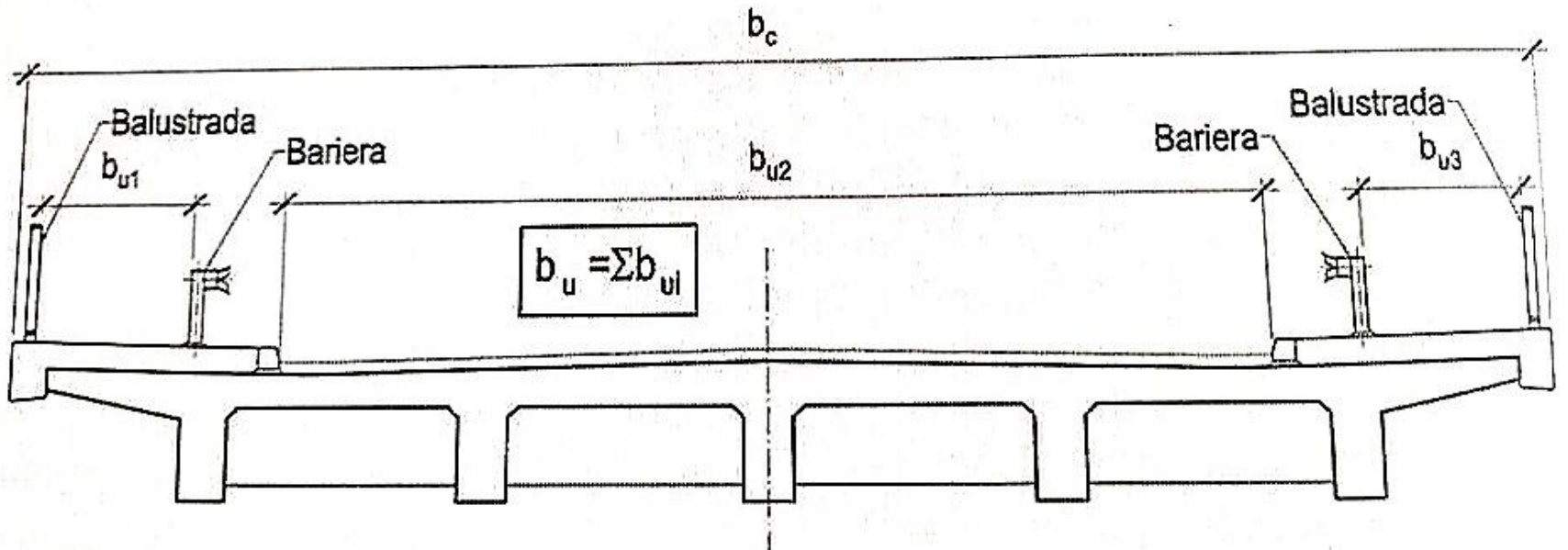


**Rozpiętość teoretyczna przęsa ( $l_t$ )** – jest to odległość mierzona wzdłuż przęsa między teoretycznymi punktami podparcia przęsa na dwóch sąsiednich podporach (w osiach łożysk lub, w przypadku braku łożysk, w osiach podpór).

**Długość całkowita konstrukcji mostu ( $L_c$ )** – odległość mierzona po osi podłużnej obiektu pomiędzy zewnętrznymi końcami skrajnych przęseł.

**Długość całkowita mostu ( $L_c'$ )** – odległość mierzona po osi podłużnej obiektu pomiędzy najdalej wysuniętymi punktami podpór skrajnych, tj. końcami skrzydeł przyczółków lub płyt przejściowych.

- **Szerokość całkowita pomostu ( $b_c$ )** – odległość między zewnętrznymi krawędziami przekroju poprzecznego przęsła. Może być ona zmienna na długości konkretnego mostu, np. w moście o nieregularnym kształcie w planie.
- **Szerokość użytkowa mostu ( $b_u$ )** – suma szerokości wszystkich pasów ruchu, z wyłączeniem przestrzeni zajętej przez pasy bezpieczeństwa i urządzenia zabezpieczające ruch na moście (bariery).





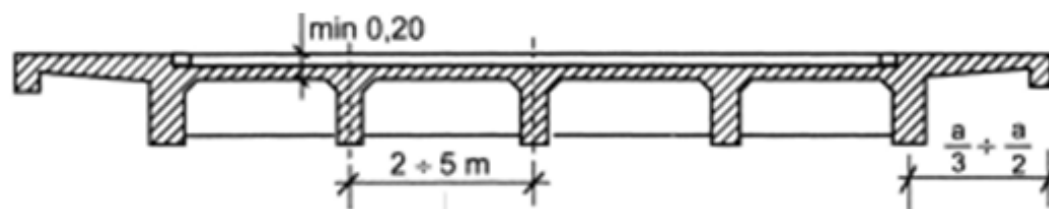
## Kształtowanie przekroju poprzecznego

Za podstawowy typ przekroju poprzecznego mostów betonowych można uznać **pełną płytę**, która ma wiele zalet:

- małą wysokość konstrukcyjną,
- dowolność rozmieszczenia podpór,
- proste deskowanie, betonowanie i zbrojenie,
- eliminuje pomost oraz stężenia,
- duża sztywność płyty na zginanie i skręcanie.

Wadami jest duży ciężar przekazywany na podpory i ilość potrzebnych materiałów przy większych rozpiętościach obiektu. Dlatego stosuje się „odchudzone” przekroje wielodźwigarowe.

## Kształtowanie przekroju

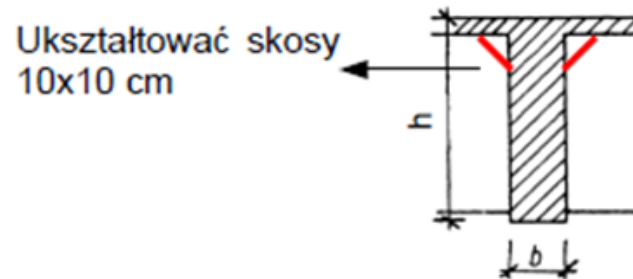


**a** – rozstaw dźwigarów głównych: 2 do 5 m, zaleca się **2 – 3 m**

**n** – około 4 – 6 sztuk

**a = bp/n**

**Uwaga, bp to szerokość płyty pomostowej (bez kap chodnikowych).**



Zalecana smukłość dźwigara  $h/L_t$  dla mostów drogowych wolnopodpartych, wielodźwigarowych i żelbetowych to **1/12÷1/16**.

**Szerokość dźwigara  $b$**  powinna wynosić **1/3÷1/4 (ew. 1/2)** lecz nie mniej niż 40 cm. Moduł szerokości to 10 cm (ew. 5 cm).

Zalecana grubość płyty pomostowej:

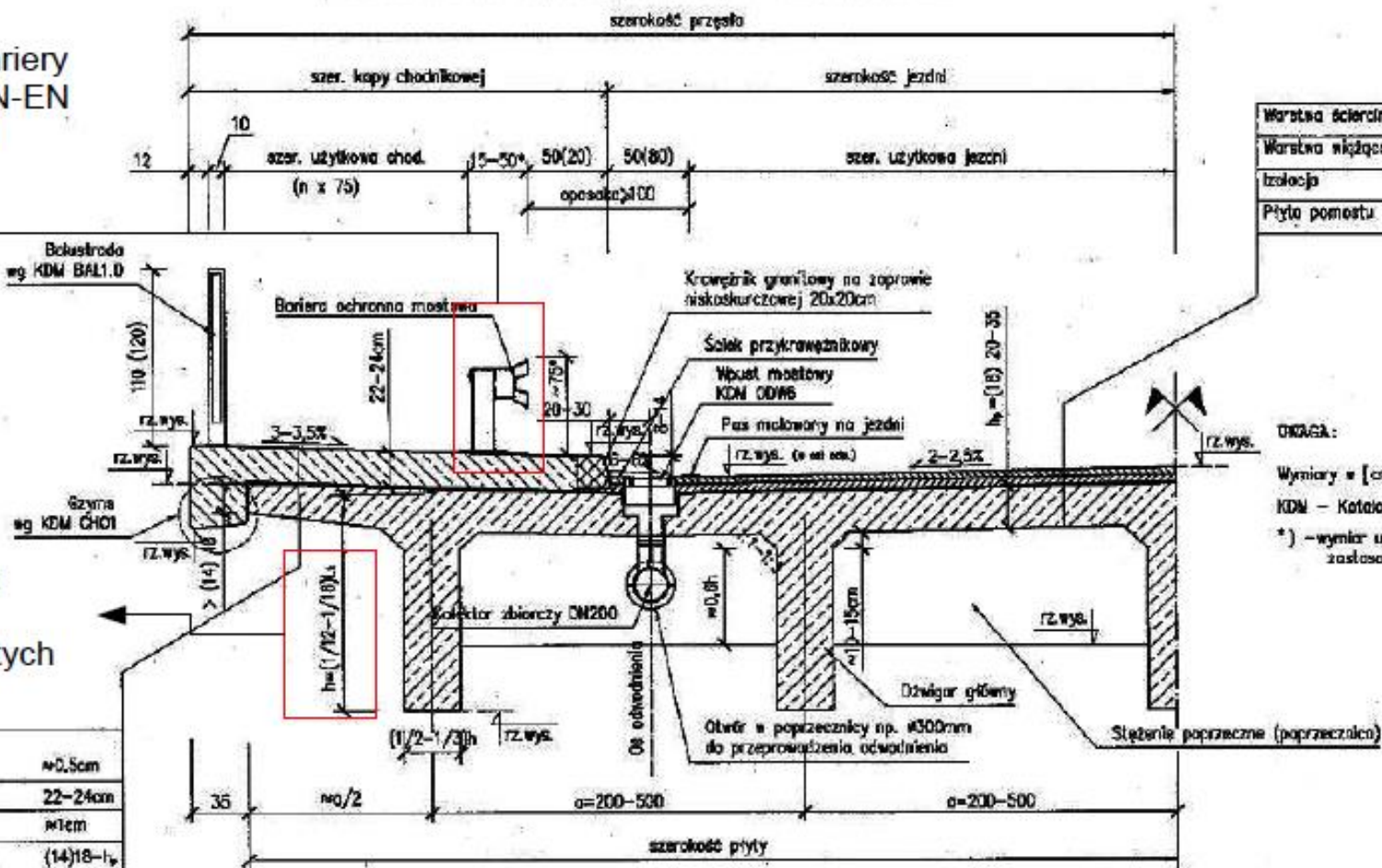
- min. 20 cm, najczęściej **24÷28 cm**,
- koniec swobodnej części wspornikowej min. 18 cm.

Wysokość poprzecznicy  $h_{sp} = 0,6h$



# POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Parametry bariery  
dobrać wg PN-EN  
1317-1:2010



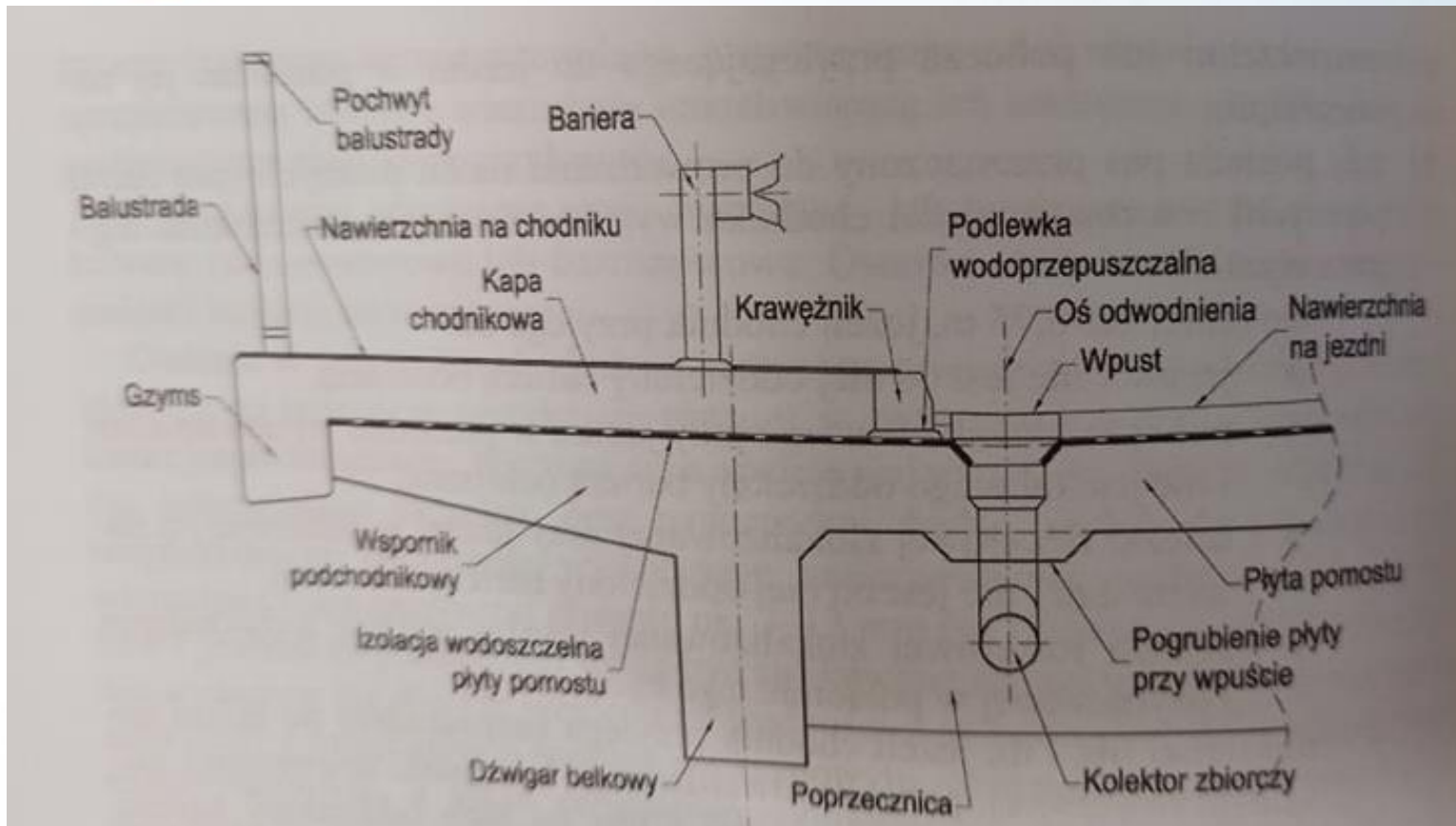
Warstwa ściernina	4-5cm
Warstwa wiązująca	4-5cm
Izolacja	≈1cm
Płyta pomostu	20-35cm

UNWAGA:  
Wymiary w [cm]  
KDM - Katalog Detali Mostowych  
\*) - wymiar szacunkowy od zastosowanej bariery

Smukłość dla  
ustrojów  
wolnopodpartych

Nawierzchnia chodnikowa (np. żywica syntetyczna)	≈0,5cm
Kopa chodnikowa	22-24cm
Izolacja	≈1cm
Wspornik podchodnikowy	(14)18-19





Elementy konstrukcyjne kapa chodnikowej.

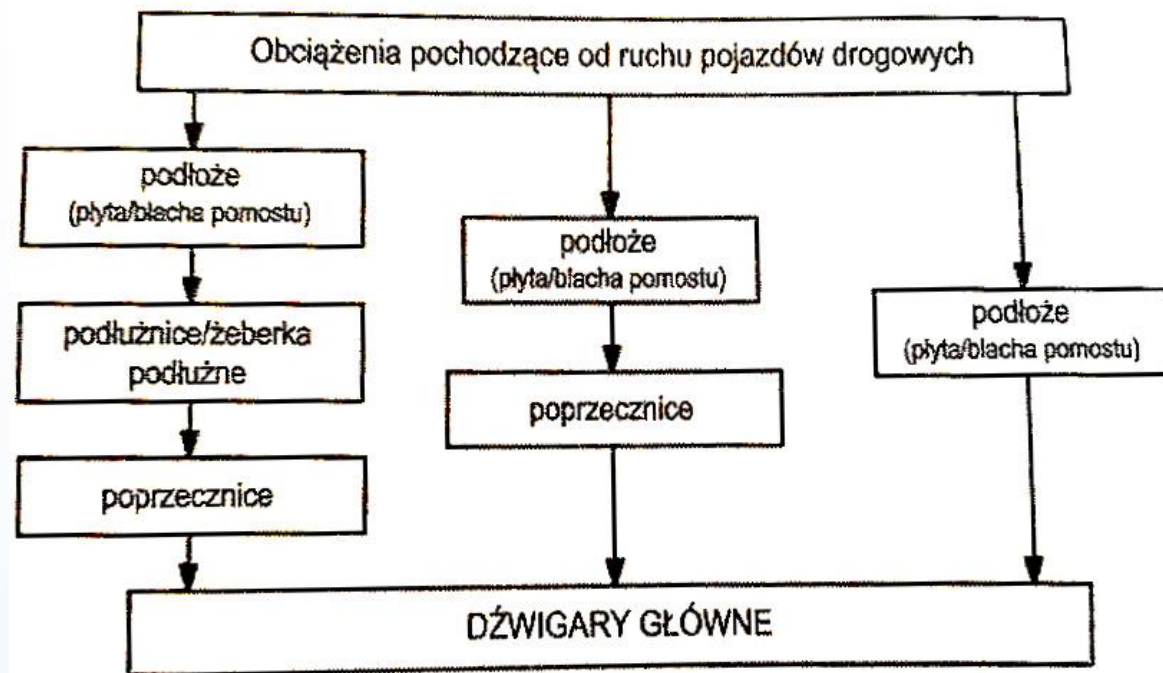
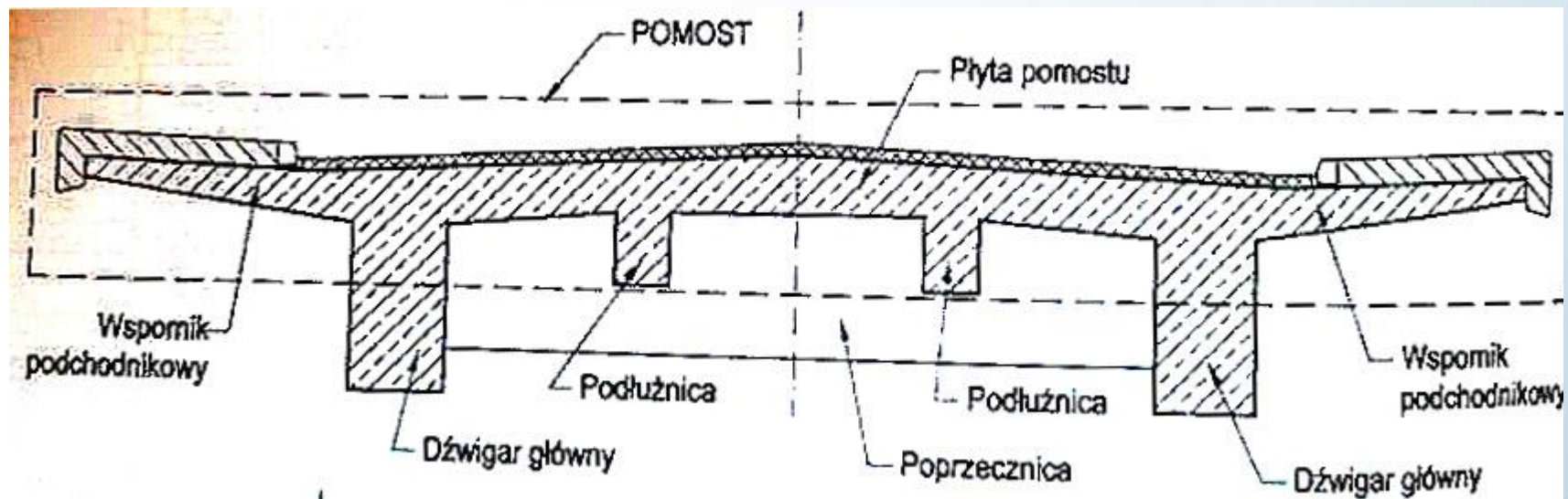


Koncepcja powinna zawierać :

- Wymiarowanie
- Rozmieszczenie wyposażenia obiektu (barier, balustrad, odwodnienia, krawężników)
- Osie odwodnienia
- Oś jezdni
- Oś konstrukcji
- Wymiary dźwigarów, grubość i wymiary płyty pomostowej, kapy chodnikowej.

Na etapie koncepcji nie trzeba wyrysowywać szczegółów i kreskowania, wystarczą prostokątne obrysy elementów i dźwigarów w skali 1:50.

Do koncepcji należy załączyć obliczenia wymiarów.





**Stężenia poprzeczne** przenoszą parcia wiatru oraz zapewniają współpracę dźwigarów głównych, również poprzez wyrównywanie ich przeciążenia przy niesymetrycznym obciążeniu.

Odpowiednio sztywne i połączone z dźwigarami głównymi poprzecznicę tworzą wraz z nimi i płytą pomostową typowy dla układów wielobelkowych przestrzenny rusztowy układ konstrukcji mostu (tzw. ruszt belkowy).

**Stężenia podłużne** dźwigarów głównych to tężniki wiatrowe (wiatrownice). W mostach stalowych stosuje się je ze względu na ograniczoną sztywność poziomą dźwigarów, szczególnie z uwagi na działanie obciążeń pochodzących od wiatru. Rozkład parcia wiatru na poszczególne wiatrownice zależy od liczby układów wiatrownic, ich położenia oraz usytuowania pomostu względem dźwigarów głównych.



### Kapy podchodnikowe

Chodnik jest to część drogi przeznaczona do ruchu pieszych, po której w określonych warunkach dopuszcza się również ruch rowerowy.

Na obiektach przeznaczonych do ruchu samochodowego elementem oddzielającym jezdnię od chodnika jest **krawężnik**. Stanowi on wtedy zazwyczaj ograniczenie od strony jezdni (krawędź) betonowej kapy chodnikowej. Jego podstawową funkcją jest zabezpieczenie pojazdów przed wjazdem na chodnik. Krawężniki na mostach powinny być wykonane z trwałych materiałów np. z kamienia w tym granitu.

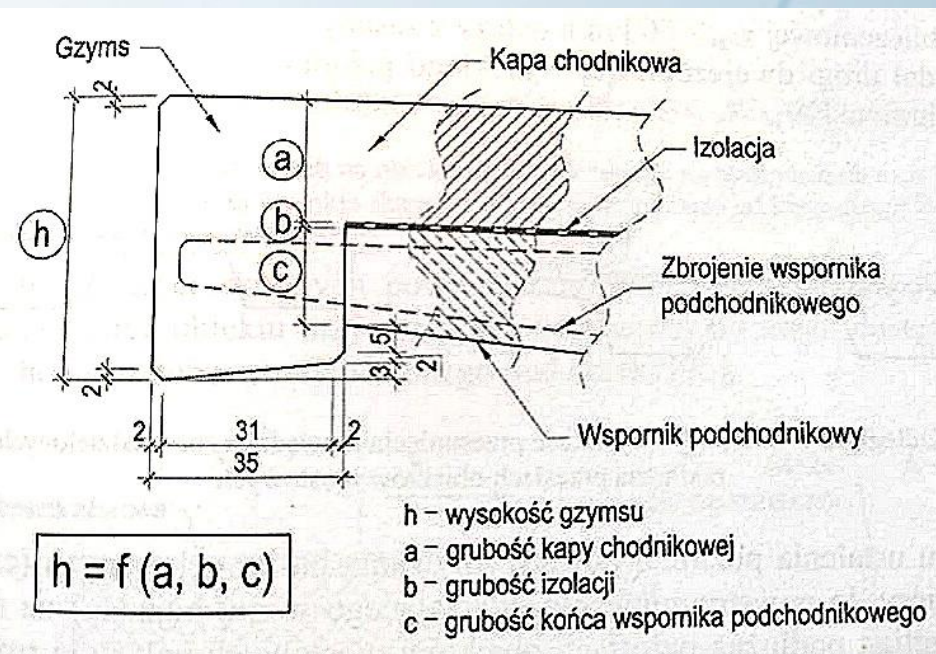
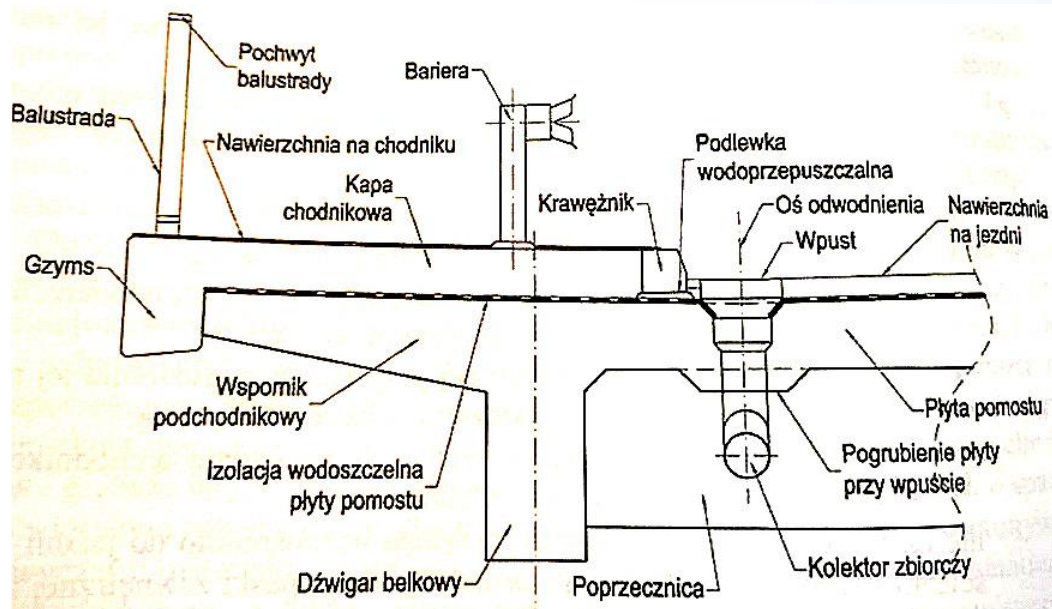
Wysokość krawężnika ponad nawierzchnią powinna wynosić **od 0,08m do 0,14 m**.



Po kapie chodnikowej odbywa się ruch pieszych. Jednocześnie stanowi zwieńczenie z obu stron przekroju poprzecznego mostu i zabezpiecza konstrukcję przed działaniem czynników zewnętrznych, takich jak deszcz czy lód (woda z solą w trakcie zimy).

Kapa kończy się gzymsami które zabezpieczają czoła wsporników podchodnikowych i zakończenia prętów zbrojeniowych.

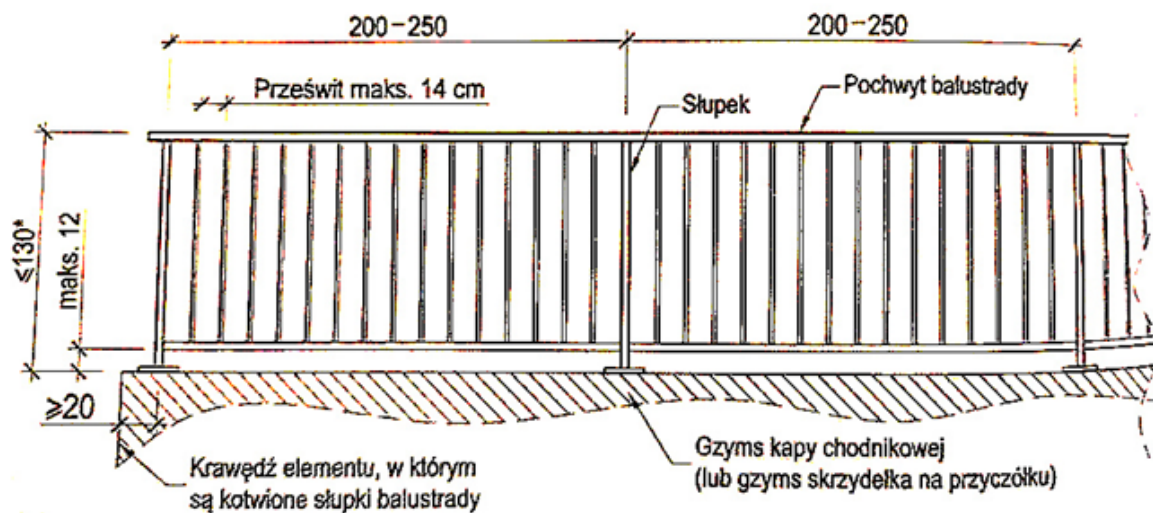
W celu zabezpieczenia przedostania się wody ściekającej po gzymsie do wspornika (poprzez podciąganie kapilarne) gzyms musi mieć odpowiednią **minimalną wysokość**



## Balustrady i poręcze

Balustrady są umieszczane wzdłuż krawędzi chodnika dla pieszych dla ścieżki rowerzystów w celu zabezpieczenia ich przed wtargnięciem na drogę lub przed spadkiem z wysokości.

Balustrady zwieńczone poręczą powinny mieć wysokość przy chodnikach dla pieszych i obsługi nie mniejszą niż **1,1 m**.

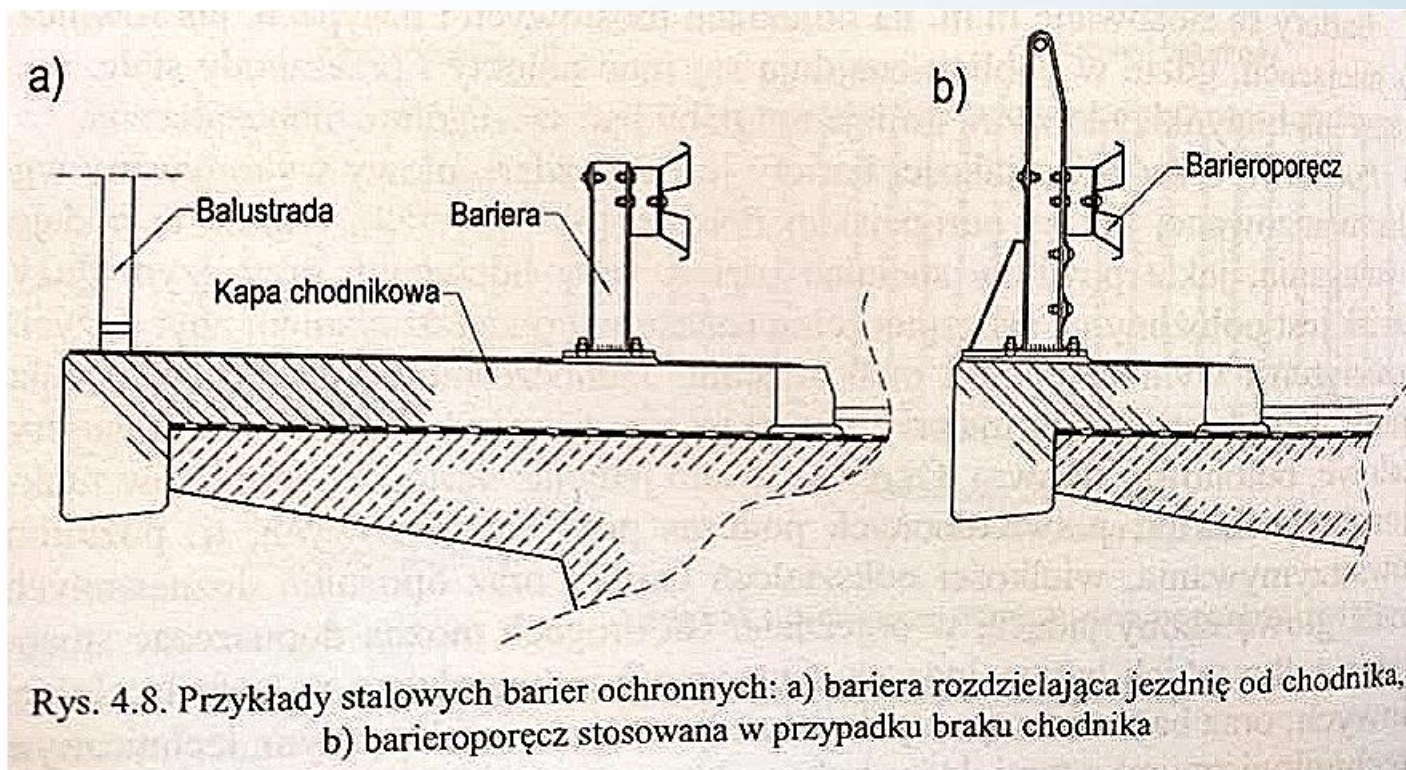




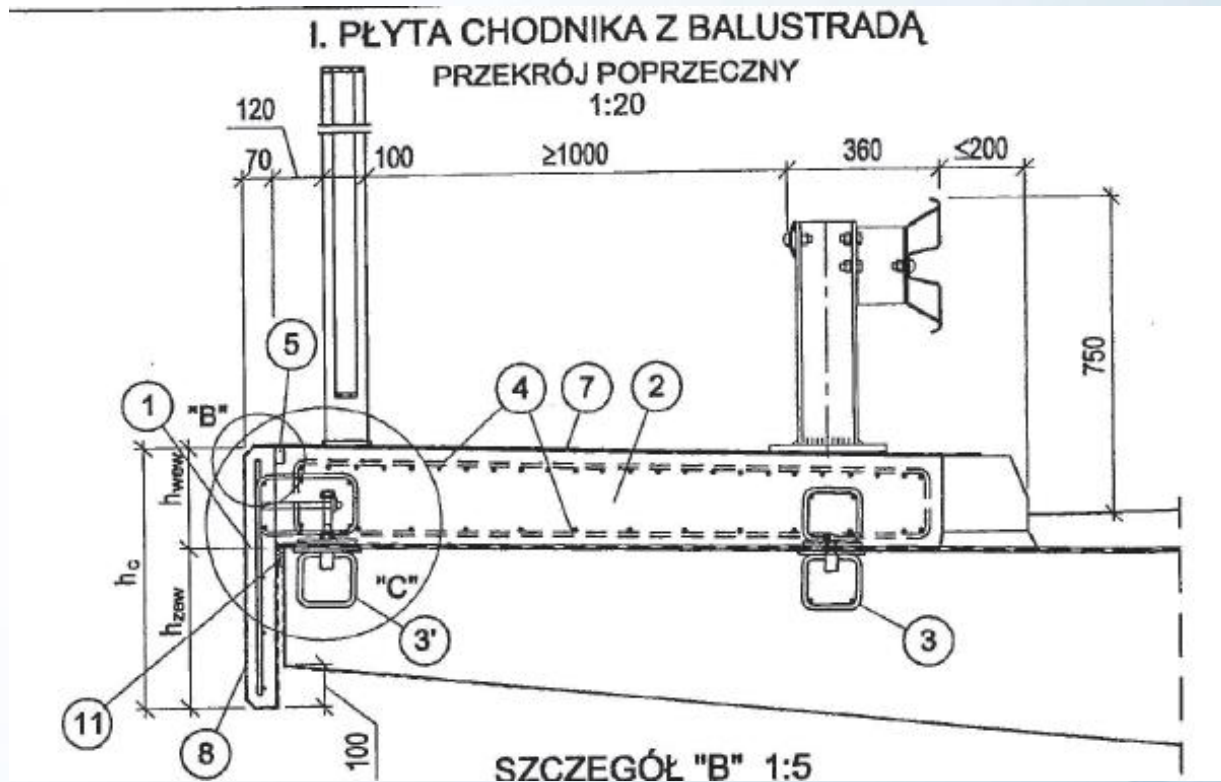


**Bariera ochronna** przejmuję energię uderzenia pojazdu i jest urządzeniem służącym zapewnieniu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Ma zapobiegać zjechaniu pojazdu z drogi w miejscach niebezpiecznych lub przejechaniu na jezdnię z przeciwnym kierunkiem ruchu, a także nie dopuszczać do kolizji z obiektami w pobliżu drogi. W przypadku obiektów inżynierskich bariera ma na celu zabezpieczenie przed zjechaniem pojazdu poza ich krawędź.

**Na obiektach mostowych stosuje się bariery stalowe, betonowe pełne lub stalowo betonowe.**

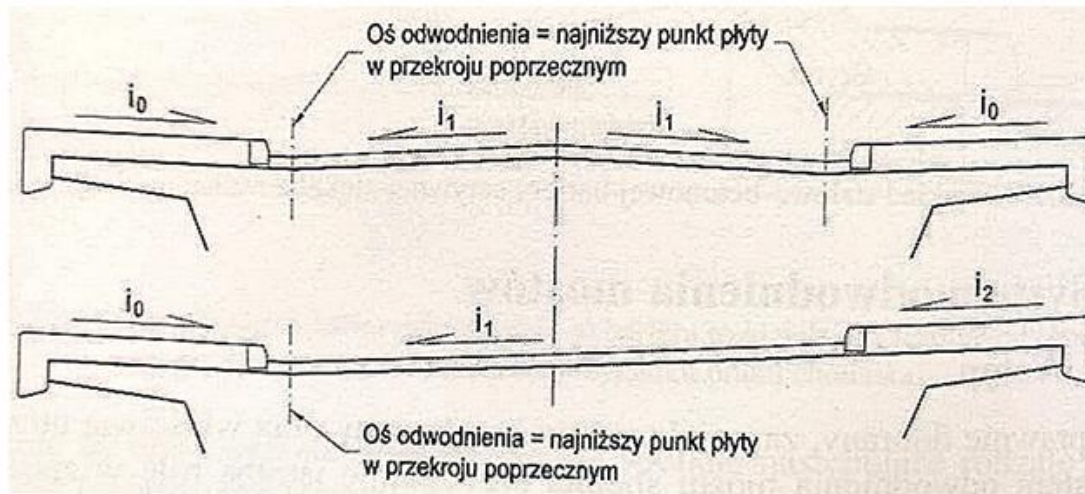


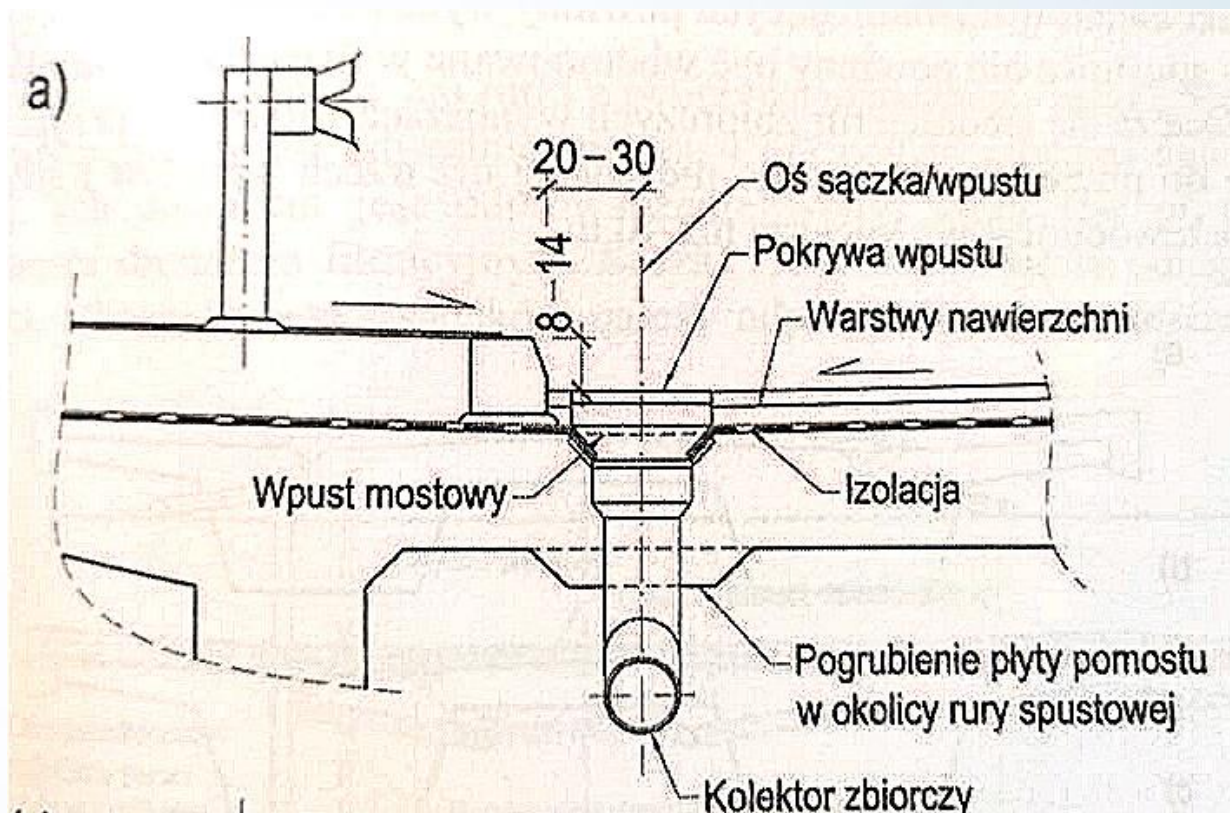




## Odwodnienie

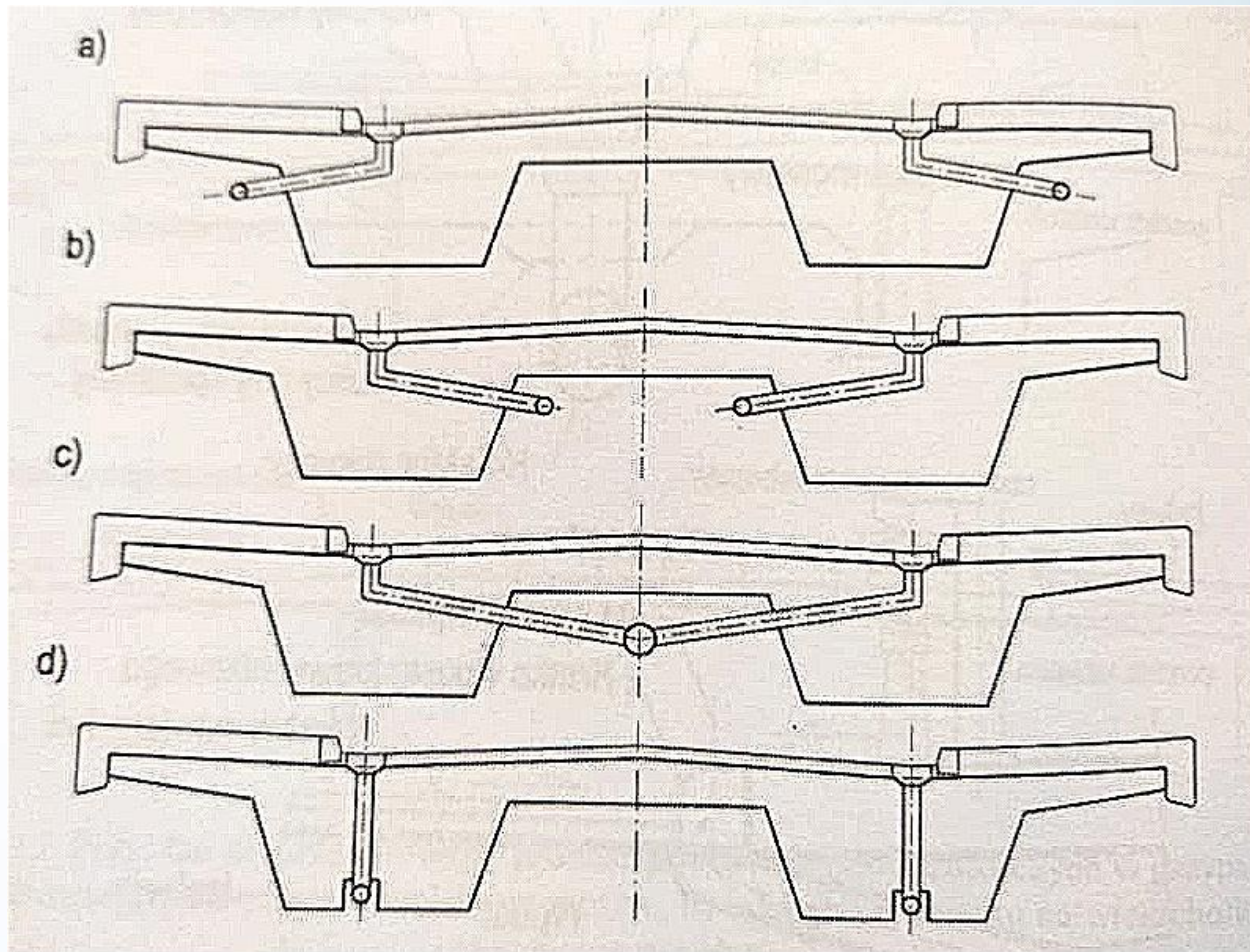
W celu odpowiedniego odprowadzenia wody pochylenie poprzeczne jezdni powinno wynosić **min. 2%**, a **chodników 3%** (2,5% dla chodników o szerokości pow. 1,5 m).







## POLITECHNIKA POZNAŃSKA





Następne zajęcia:



- Rysunek **konceptyjny** przekroju poprzecznego obiektu mostowego – skala 1:50
- Wstępnie zaprojektowany ustrój przęsła





I. Wstępne projektowanie przekroju poprzecznego przęśła betonowego

a. Dobór parametrów mostu:

i. Dobór ilości i rozstawu dźwigarów:

Szerokość płyty pomostowej:

$$b_p = b_c - 2 \cdot 0,35 = 12,41 - 2 \cdot 0,35 = 11,71 \text{ m}$$

Przyjęto ilość dźwigarów:  $n = 5$

Rozstaw dźwigarów:

$$a = b_p / n = 11,71 / 5 = 2,342 \text{ m}$$

Przyjęto rozstaw dźwigarów  $a = 240 \text{ cm}$

ii. Przyjęcie wymiarów dźwigarów:

Wysokość dźwigara:

$$L_t = 17,60 \text{ m}$$

$$h = (1/16 \div 1/12) \cdot L_t$$

$$h = (1/16 \div 1/12) \cdot 17,60 = 110,00 \div 146,67 \text{ cm}$$

Przyjęto wysokość dźwigara :  $h = 120 \text{ cm}$

Szerokość dźwigara:

$$b = (1/4 \div 1/3) \cdot h$$

$$b = (1/4 \div 1/3) \cdot 120 = 30 \div 40 \text{ cm}$$

Przyjęto szerokość dźwigara:  $b = 40 \text{ cm}$

iii. Wysokość poprzeczny:

$$h_{sp} = 0,6 \cdot h = 0,6 \cdot 120 = 75 \text{ cm}$$

iv. Sprawdzenie szerokości wsporników podchodnikowych:

$$b_w = (1241 - 4 \cdot 240 - 2 \cdot 35) / 2 = 105,5 \text{ cm}$$

$$(a/3 \div a/2) = (240/3 \div 240/2) = 80 \div 120$$

Przyjęta wartość mieści się w wymaganym przedziale.

v. Kształtowanie płyty pomostowej:

$$h_p = 24 \div 28 \text{ cm}$$

Przyjęto wysokość płyty pomostowej:  $h_p = 24 \text{ cm}$

