



Универзитет у Београду – Грађевински
факултет www.grf.bg.ac.rs

Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО ОСНОВНЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Модул: **ПУТЕВИ, ЖЕЛЕЗНИЦЕ И АЕРОДРОМИ**

Година/Семестар: **III година / VI семестар**

Назив предмета (шифра): **МОСТОВИ (Б2С3М)**

Наставник: **асис. Стефан Ж. Митровић**

Наслов вежби: **Коловозна конструкција/Анализа оптерећења и утицаји**

Датум: 05.04.2023.

Београд, 2023.

Сва ауторска права аутора презентације и/или видео снимака су заштићена. Снимак или презентација се могу користити само за наставу на даљину студента Грађевинског факултета Универзитета у Београду у школској 2022/2023 и не могу се користити за друге сврхе без писмене сагласности аутора материјала.

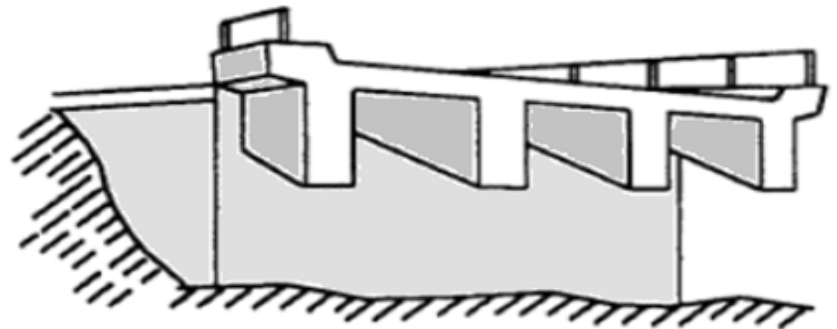
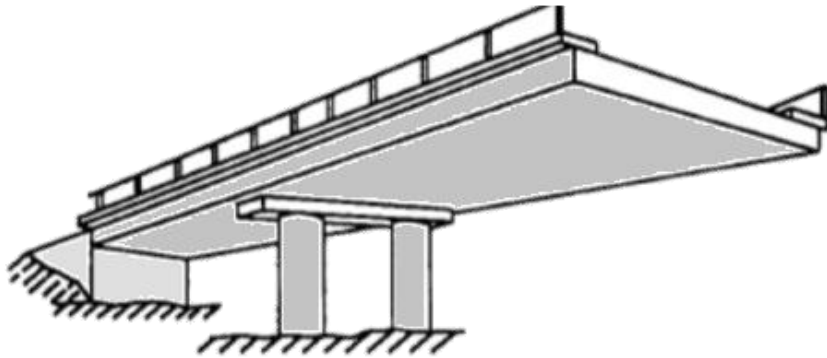
Грађевински факултет Универзитета
у Београду, 2023.

Задатак 1

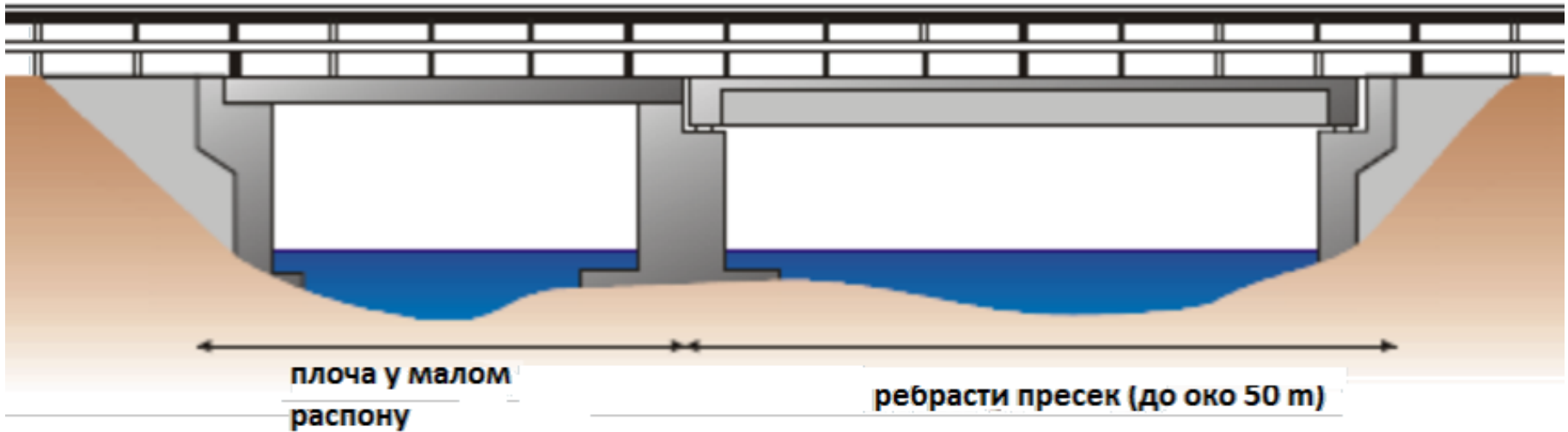
1. Решити слободни профил испод моста и на мосту
2. Одредити геометријске карактеристике терена и расположиву грађевинску висину
3. Усвојити места ослонаца конструкције (стубова)
- 4. Усвојити адекватан попречни пресек коловозне конструкције моста сходно распону и саобраћајном профилу на мосту**
- 5. Одредити димензије елемената коловозне конструкције моста сходно саобраћајном профилу на мосту**
6. Одредити димензије свих елемената опораца моста

Типови попречног пресека коловоне конструкције

- Избор типа попречног пресека зависи од:
 - Распона коловозне конструкције
 - Типа саобраћајног оптерећења
 - Расположиве грађевинске висине
 - Начина извођења
- Типови попречног пресека коловозне конструкције:
 - **Плочасти**
 - **Ребрасти**
 - Сандучасти



Избор попречног пресека коловозне конструкције



Плочаста проста греда

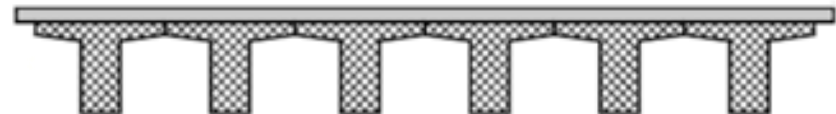
АБ: $L_{\max} = 15.0 \text{ m}$

ПН: $L_{\max} = 25.0 \text{ m}$

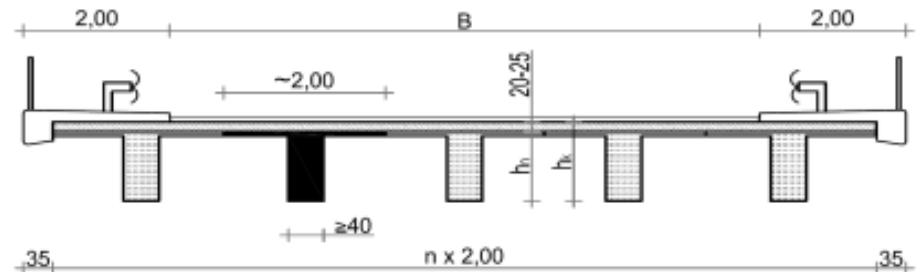
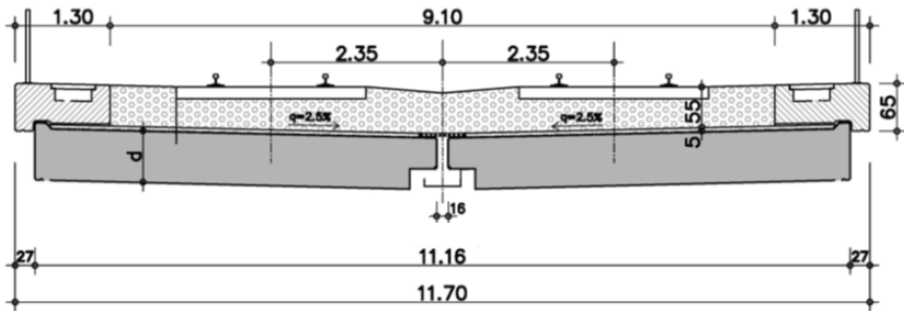
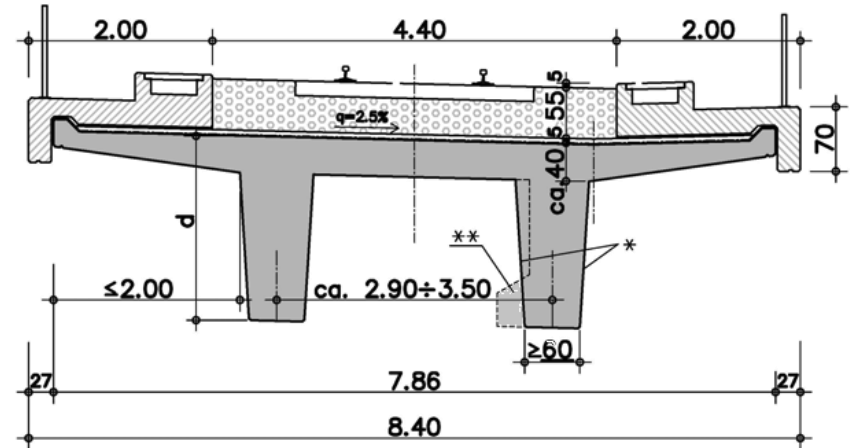
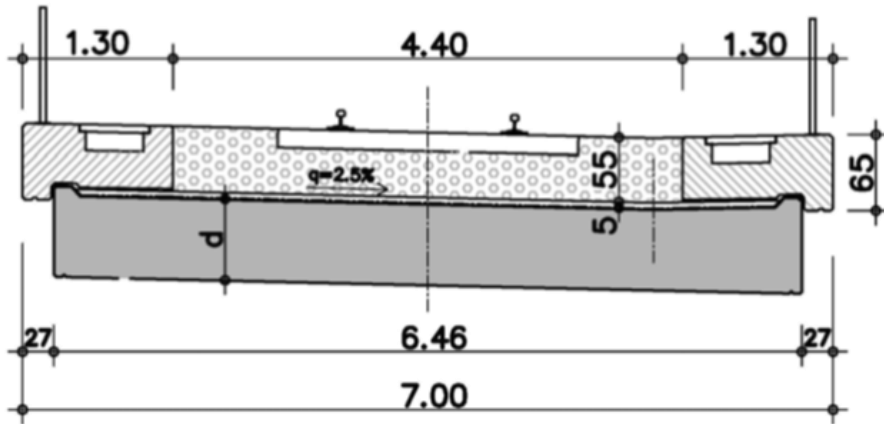
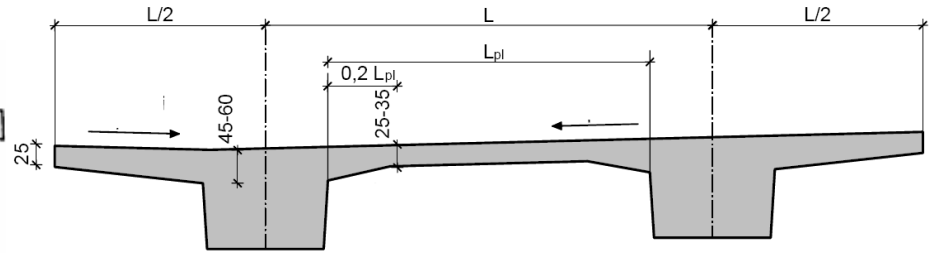
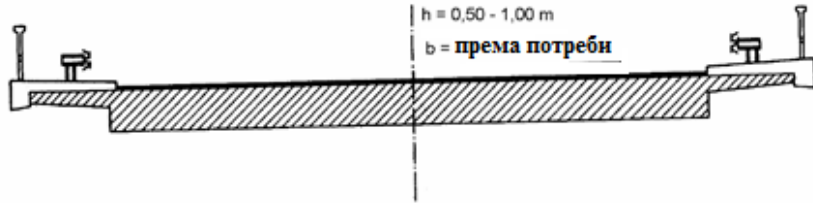
Ребраста проста греда

АБ: $L_{\max} = 25.0 \text{ m}$

ПН: $L_{\max} = 45.0 \text{ m}$

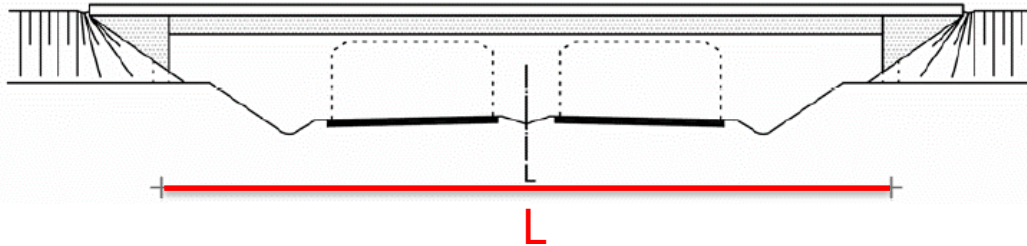


Избор попречног пресека коловозне конструкције

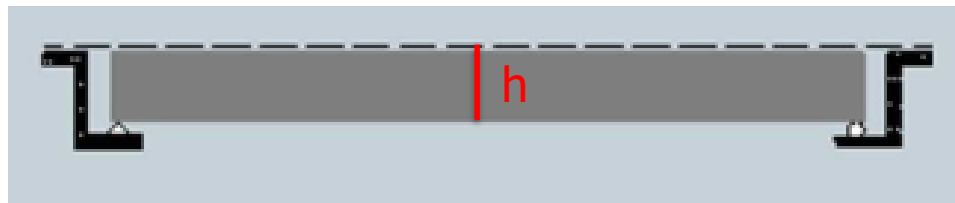


Плочасти пресеци мостова

	Систем	Армирани бетон		Претходно напрегнуте	
		L_{\max} (m)	h/L	L_{\max} (m)	h/L
Друмски мостови	Проста греда	15	1/15	25	1/20
	Континуална греда	20	1/22	30	1/28
Железнички мостови	Проста греда	12	1/12	20	1/16
	Континуална греда	15	1/15	20	1/18



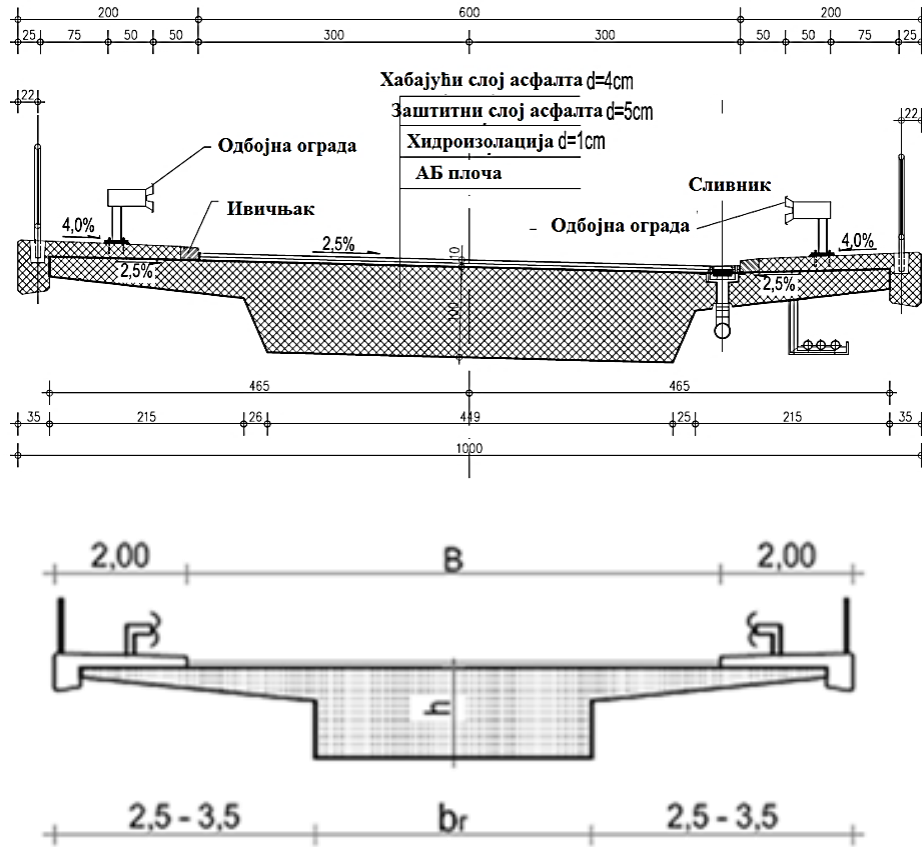
L - распон моста



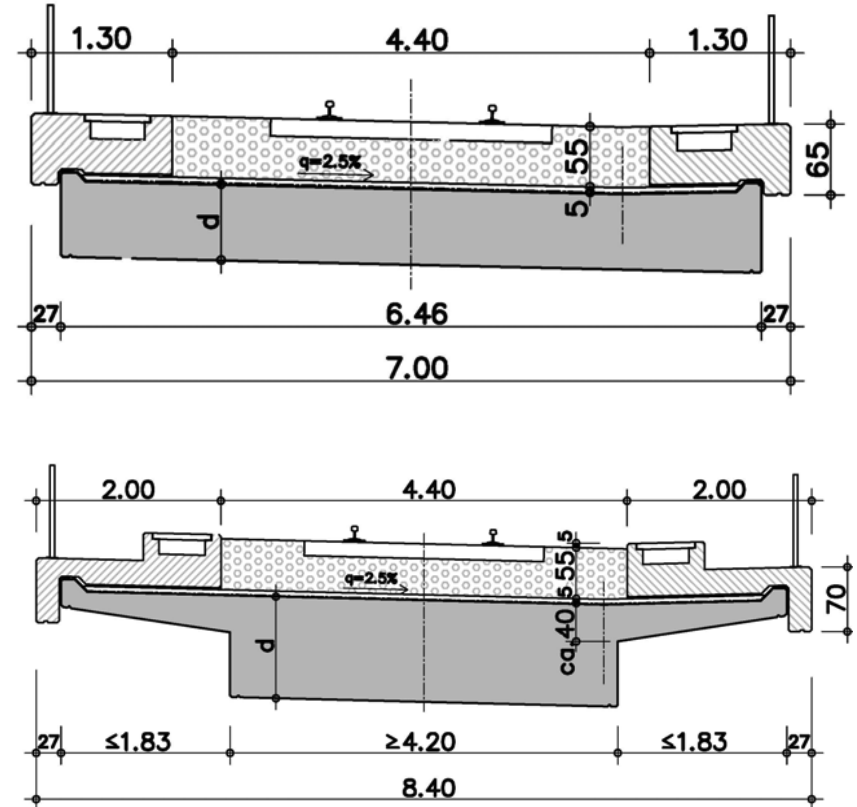
h – висина конструкције

Плочасти пресеци мостова

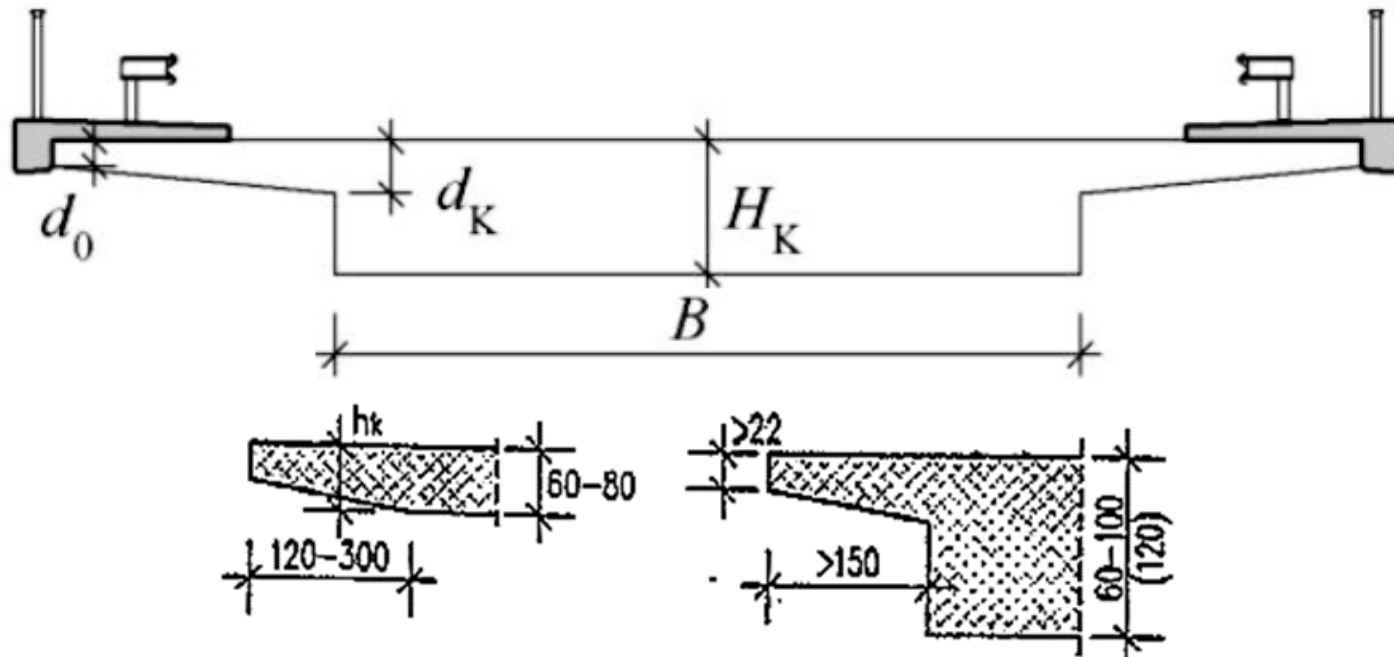
Друмски



Железнички



Плочасти пресеци мостова



Уобичајне димензије попречног пресека:

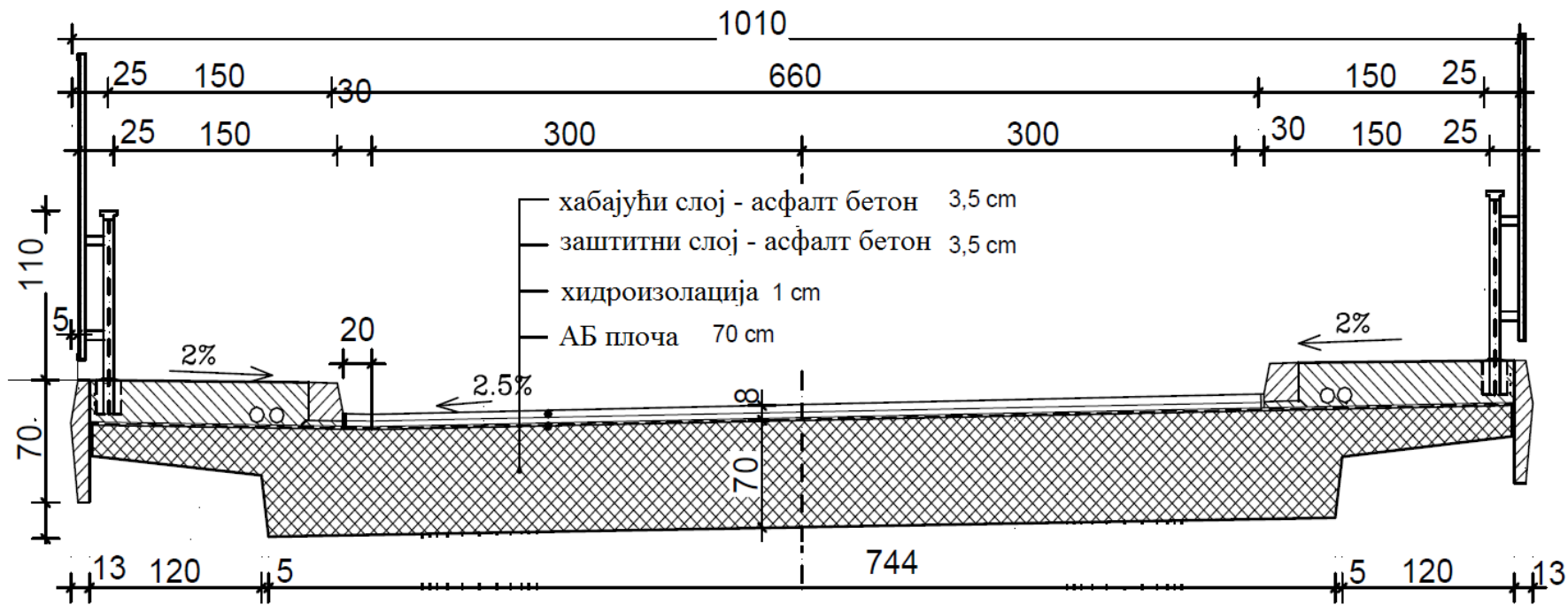
Дебљина плоче: $H_K = 0.5 \text{ m} - 1.0 \text{ m}$ (max 1.5 m)

Дебљина конзолног дела плоче*:

$d_0 = 20-25 \text{ cm}$ $d_K = 35-50 \text{ cm}$

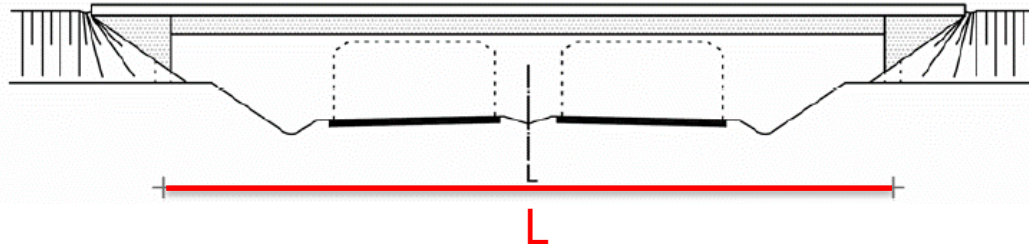
* Конзолни део може бити и константне дебљине (око 25 cm) уколико је краћи од $\sim 75 \text{ cm}$

Пример плочастог попречног пресека

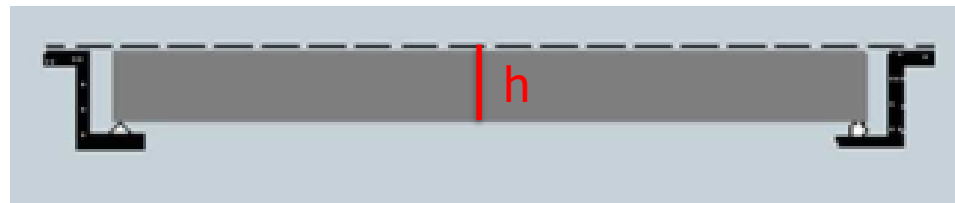


Монолитни мостови са два главна ребра

	Систем	Армирани бетон		Претходно напрегнуте	
		L_{\max} (m)	h/L	L_{\max} (m)	h/L
Друмски мостови	Проста греда	25	1/10 - 1/12	25	1/15 - 1/20
	Континуална греда	30	1/15 - 1/20	30	1/20 – 1/25
Железнички мостови	Проста греда	20	1/8 - 1/10	20	1/14 - 1/16
	Континуална греда	25	1/12 – 1/18	25	1/18

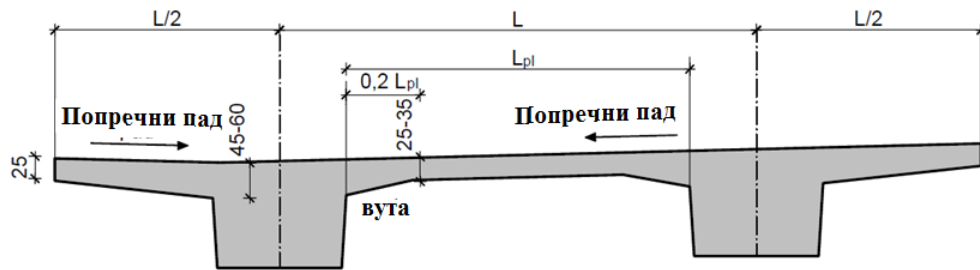
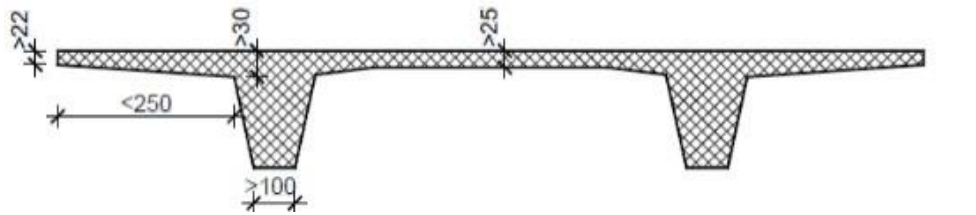


L - распон моста

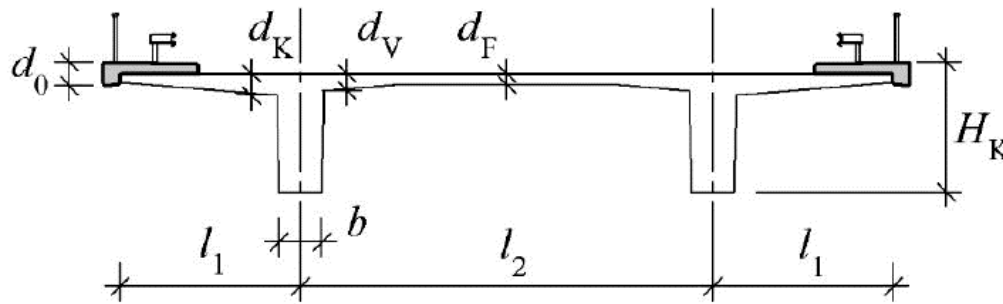


h – висина конструкције

Монолитни друмски мостови са два главна ребра



Ширина ребара
* 100-140cm * АБ
* 60-100cm * ПН



Уобичајне димензије попречног пресека:

Висина ребра зависи од распона:
 $H_K = 1.0 \text{ m} - 2.5 \text{ m}$

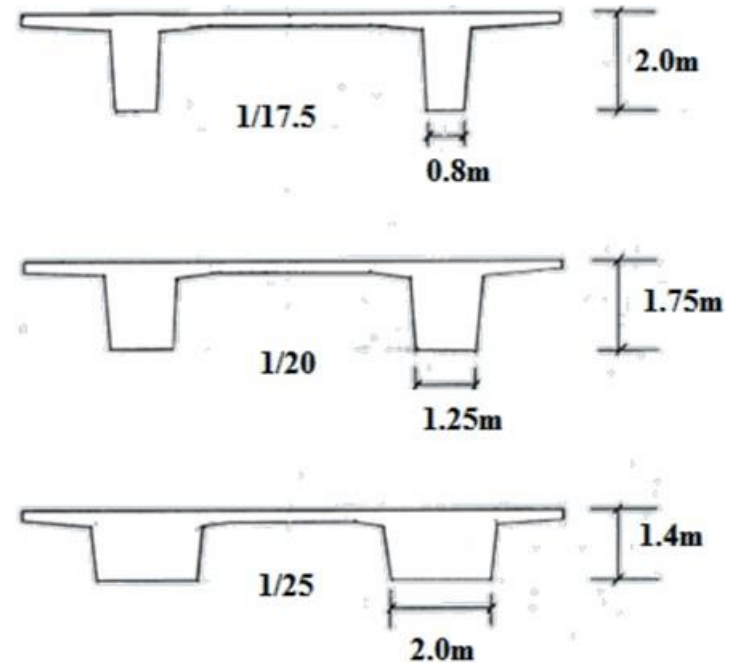
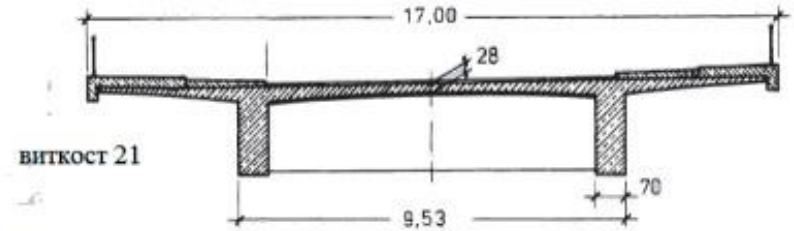
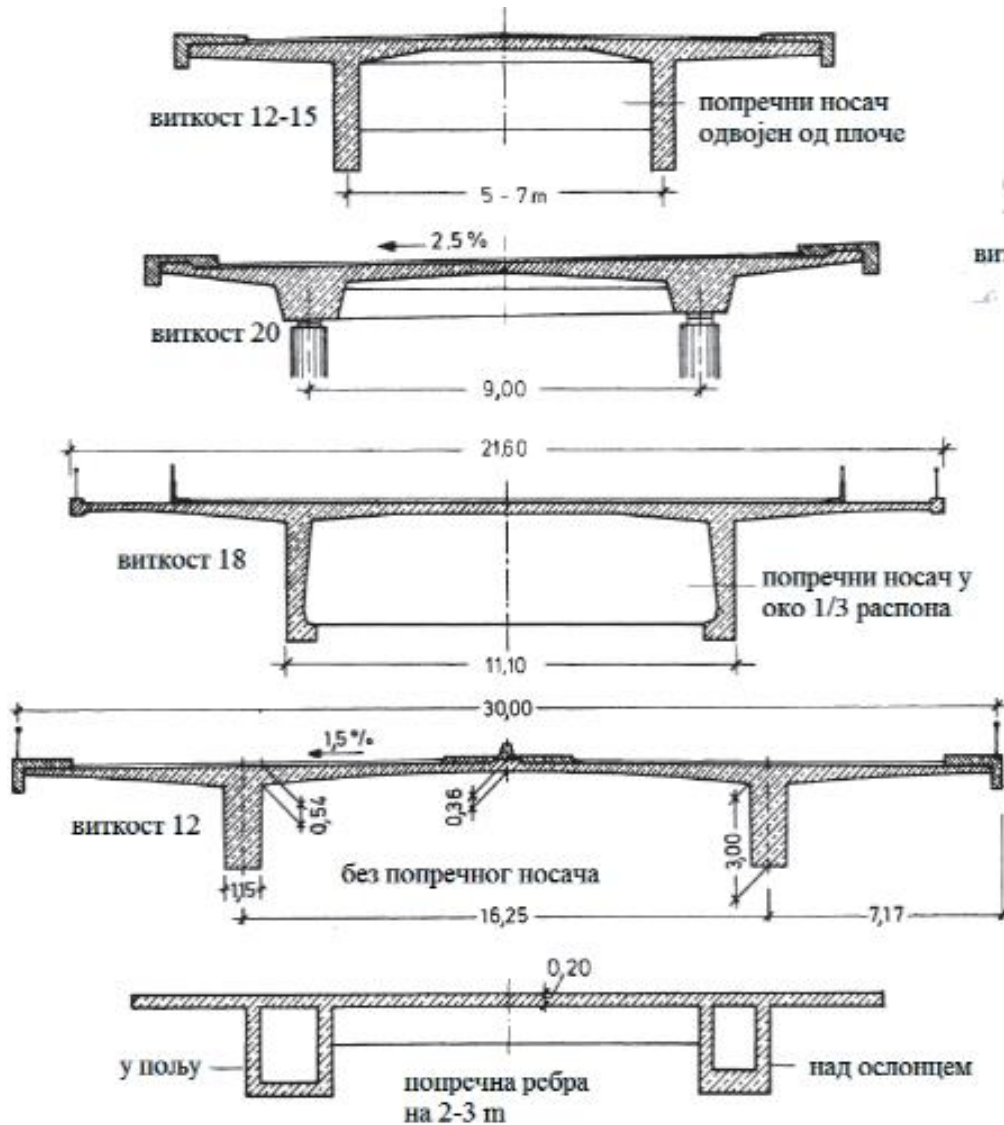
Дебљина плоче:

**$d_0 = 20-25 \text{ cm}$ $d_K = 40-55 \text{ cm}$
 $d_V = 35-55 \text{ cm}$ $d_F = 25-35 \text{ cm}$**

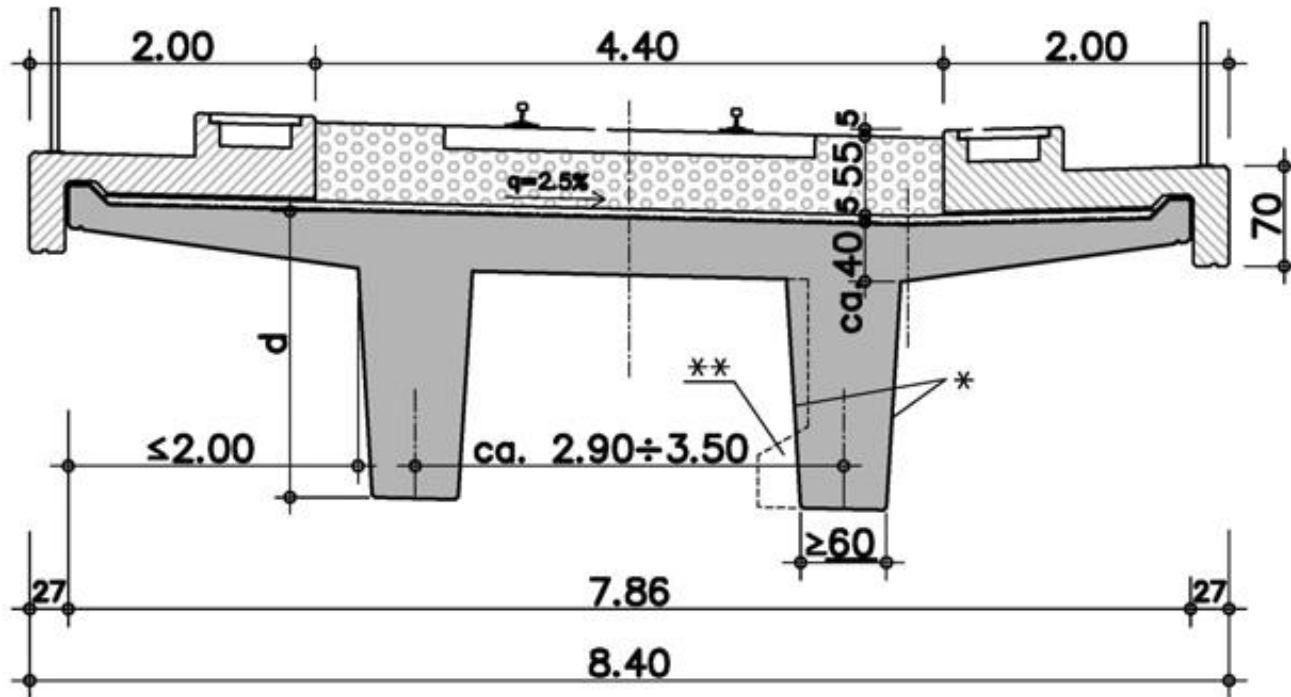
Однос распона:

$L_1 : L_2 : L_3 = 0.4-0.5 : 1.0 : 0.4-0.5$

Монолитни друмски мостови са два главна ребра



Монолитни железнички мостови са два главна ребра



Уобичајне димензије попречног пресека:

Висина ребра:

АБ: $H_k = 1.5 \text{ m} - 2.0 \text{ m}$

ПН: $H_k = 1.6 \text{ m} - 2.7 \text{ m}$

Дебљина плоче:

$d = 30 - 40 \text{ cm}$

Растојање између ребара:

$a = 2.5 - 3.5 \text{ m}$

Распон конзолне плоче:

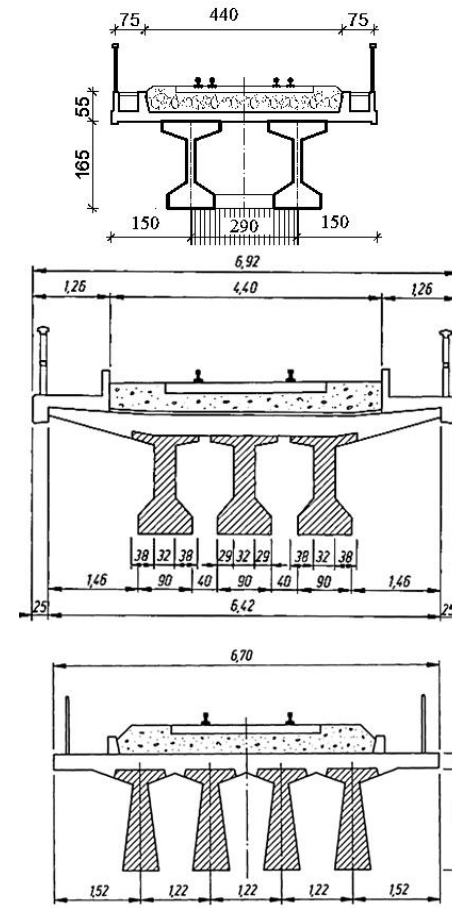
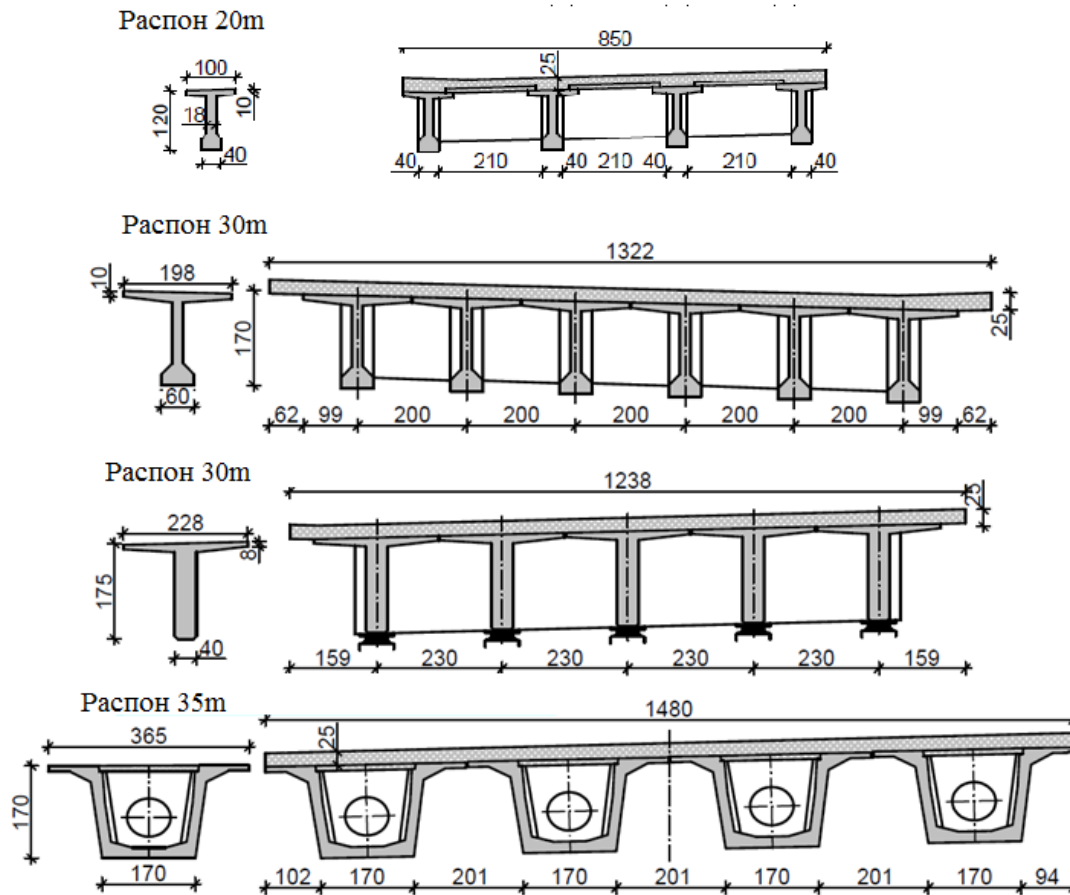
$< 2.0 \text{ m}$

Префабриковани носачи

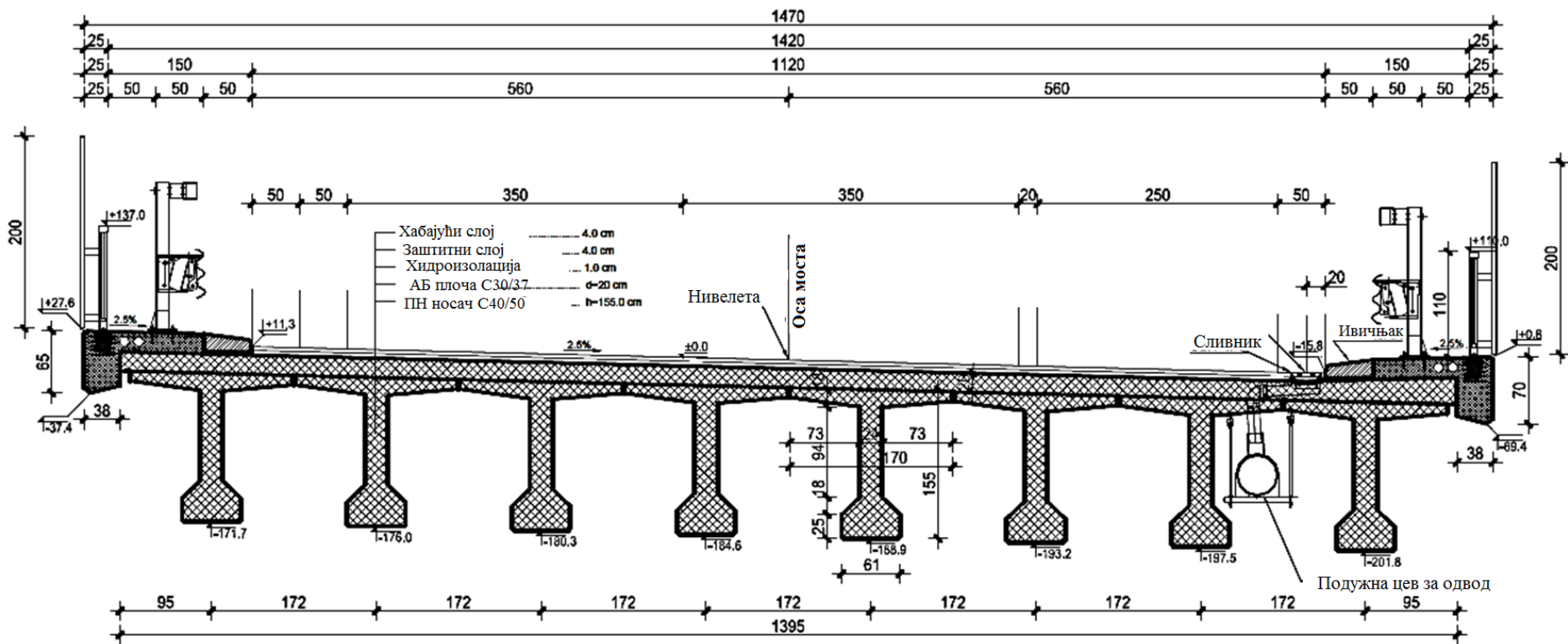
- Паве се као преднапрегнути носачи

Друмски
 $h/L = L/15 - L/20 + \text{плоча}$

Железнички
 $h/L = L/14 - L/16 + \text{плоча}$

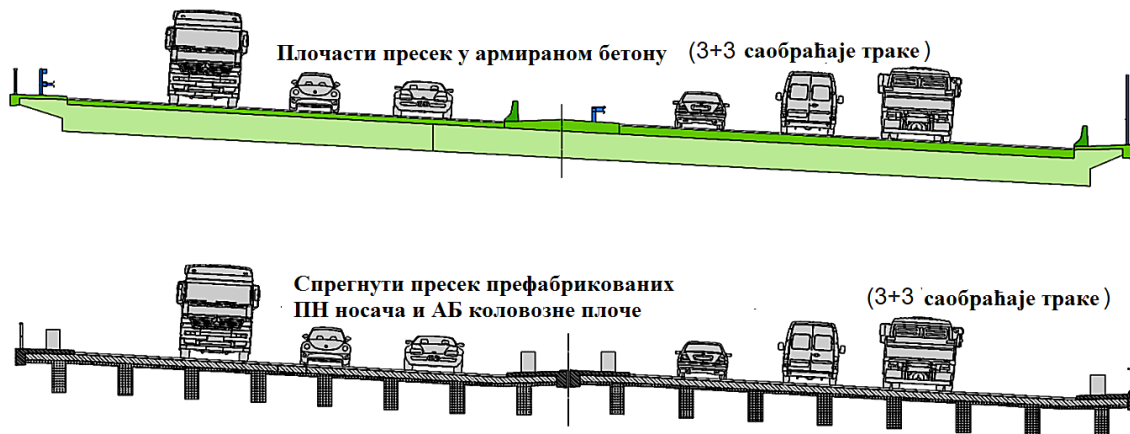


Пример попречног пресека са префабрикованим носачима

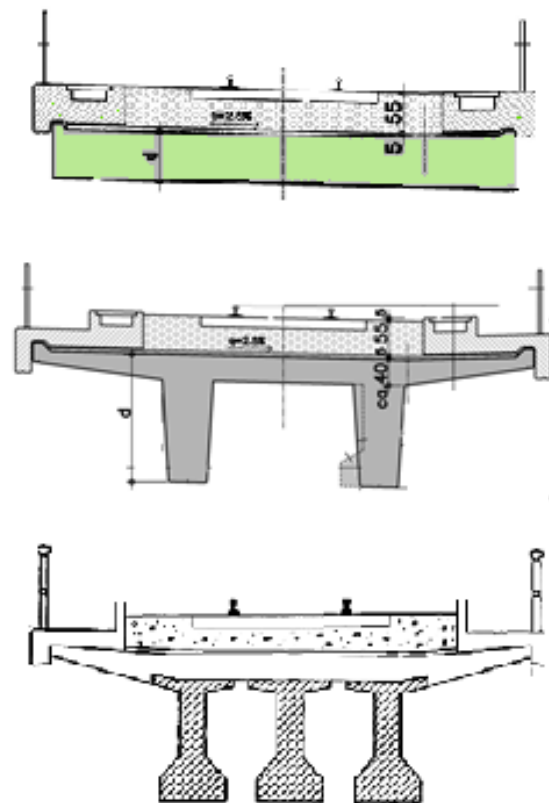


Попречни пресек моста за мање до средњих распона

Друмски

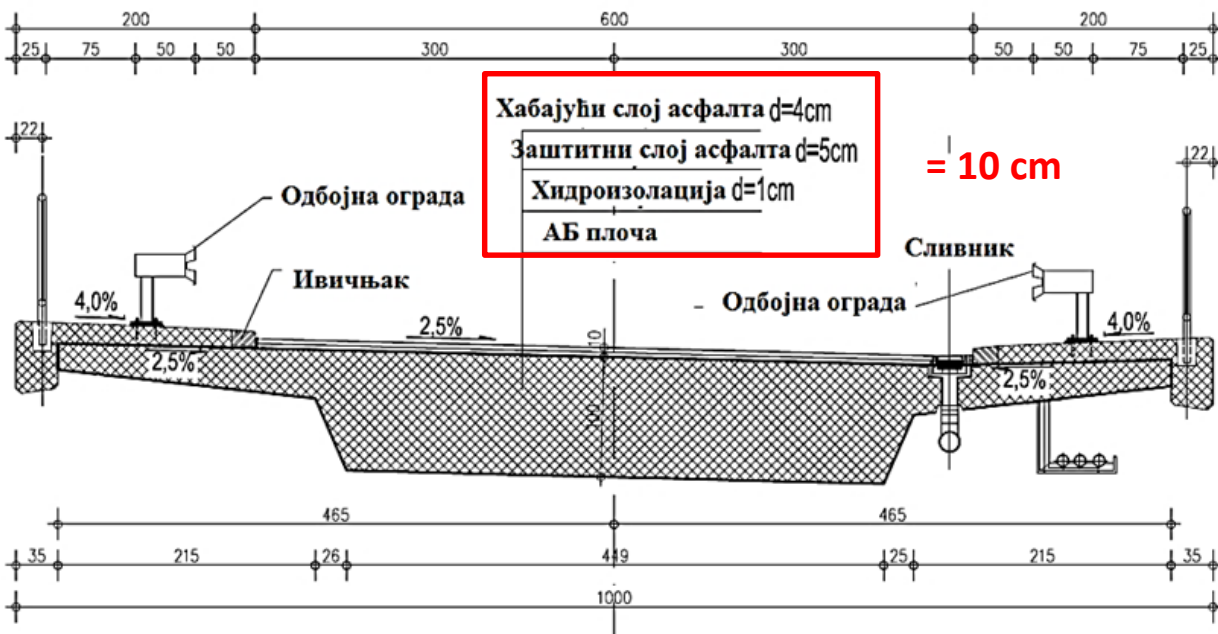


Железнички

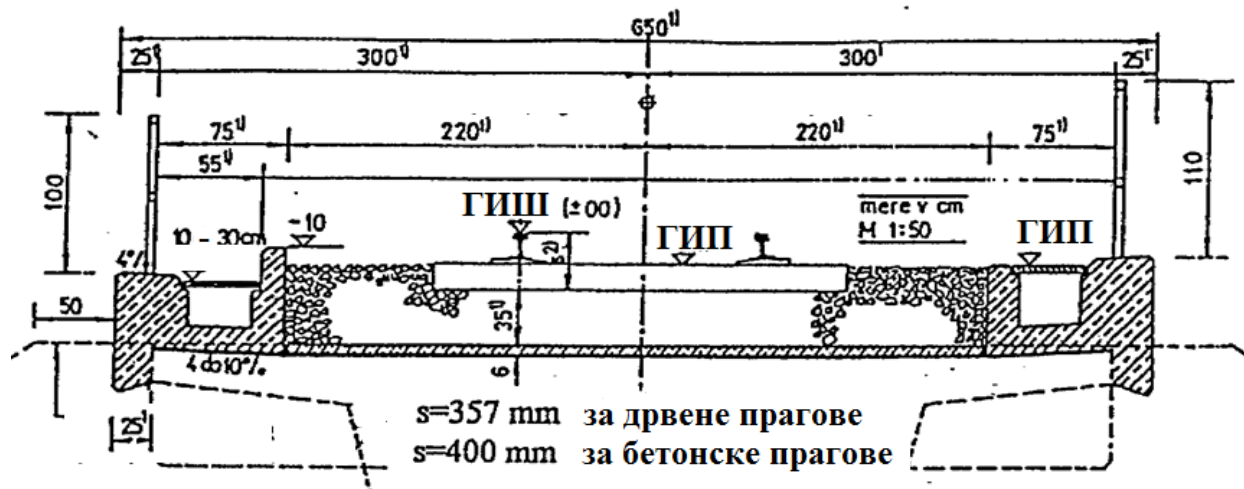


Ширина моста

Укупна ширина = корисна
ширина + 2 x 15 cm



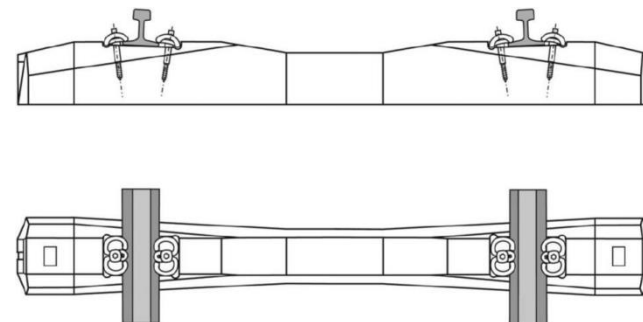
Ширина моста



Дрвени прагови



АБ прагови



Дужина (cm)	Висина (cm)	Ширина (cm)
-------------	-------------	-------------

260	16	26
-----	----	----

250	15	25
-----	----	----

250	15	25
-----	----	----

230	14	22
-----	----	----

Праг В 70

Дужина: 260 cm

Ширина: 30 cm

Висина: 21.4 cm

4. Вежба – други део: Анализа оптерећења и утицаји

- Садржај:

1. Прописи и правилници за оптерећења;
2. Анализа оптерећења на мостовима;
3. Глобални прорачун у подужном правцу:
 - 3.1. Пример 1 – Плочасте друмски мост
 - 3.2. Пример 2 – Плочасте железнички мост
4. Расподела оптерећења:
 - 4.1. Увод
 - 4.2. Пример 3 – Друмски ребрасти мост

Оптерећење мостова

- Први корак анализе подразумева одређивање **свих оптерећења** која делују на конструкцију моста: тежину свих елемената моста, сваки могући релевантни саобраћајни сценарио, ветар, удар брода у стуб моста, земљотрес...
- Важећим правилницима за пројектовање конструкција дефинисана су оптерећења која се морају узети у обзир приликом пројектовања свих врста конструкција.
- Почетком **2020. године** у Републици Србији је усвојен нови стандард за пројектовање конструкцијама (**Еврокод стандард**) који у свом првом делу дефинише дејства на конструкције.
- Пре усвајања овог стандарда, дејства на конструкције су била дефинисана *Југословенским правилником и стандардом за грађевинске конструкције.*

Прописи и правилници за оптерећења

Домаћи прописи (важили до краја 2019. године)

Југословенски правилници и стандарди за грађевинске конструкције (ЈУС)

- Правилник о техничким нормативима за **оптерећења** носећих грађевинских конструкција (с.л. СФРЈ 26/88);
- ЈУС.У.Ц7.123(1988.) – **Сопствена тежина** конструкција и неконструктивних елемената и ускладиштеног материјала који се узима у обзир при димензионисању;
- Правилник о привременим техничким прописима за грађење у **сеизмичим** подручјима (с.л. СФРЈ 39/64 – не важи за објекте високоградње);
- Правилник о техничким нормативима за пројектовање **инжењерских објеката у сеизмичким подручјима** (1986 – нацрт).

Домаћи прописи (важили до краја 2019. године)

Југословенски правилници и стандарди за грађевинске конструкције (ЈУС)

- ЈУС.У. Ц7.113 (1991.) Основе прорачуна грађевинских конструкција . Оптерећење **ветром**. Оптерећење ветром осталих грађевинских конструкција осим зграда;
- Правилник о техничким нормативима за одређивање **оптерећења мостова** (с.л. СФРЈ 1/91);
- Правилник о техничким нормативима за одређивање величине оптерећења и категоризација **железничких мостова**, пропуста и осталих објеката на железничким пругама (с.л. СФРЈ 23/92).

Европски прописи (на снази од јануара 2020. године) - Еврокодovi (EN)

EN 1991

- EN 1991-1-1 - Еврокод 1 — Дејства на конструкције — Део 1-1: Општа дејства — **Запреминске тежине, сопствена тежина, корисна оптерећења за зграде;**
- EN 1991-1-3 - Еврокод 1 — Дејства на конструкције — Део 1-3: Општа дејства — **Оптерећења снегом;**
- EN 1991-1-4 - Еврокод 1 — Дејства на конструкције — Део 1-4: Општа дејства — **Дејства ветра;**
- EN 1991-1-5 - Еврокод 1 — Дејства на конструкције — Део 1-5: Општа дејства — **Топлотна дејства;**

Европски прописи (на снази од јануара 2020. године) - Еврокодови (EN)

EN 1991

- EN 1991-1-6 - Еврокод 1 - Дејства на конструкције - Део 1-6: Општа дејства - **Дејства током извођења;**
- EN 1991-1-7 -Еврокод 1 - Дејства на конструкције - Део 1-7: Општа дејства - **Инцидентна дејства;**
- EN 1991-2 - Еврокод 1: Дејства на конструкције - Део 2: **Саобраћајно оптерећење на мостовима;**

Анализа оптерећења на мостовима

- Најважнији корак при прорачуну сваке конструкције је анализа оптерећења. У оквиру анализе оптерећења потребно је пажљиво сагледати сва оптерећења која могу деловати на конструкцију моста као и исправно проценити њихове интензитета.
- Одређивање интензитета и комбиновање оптерећења дефинисано је прописима и стандардима за мостове.
- Основна подела оптерећења на мостовима је у три групе:
 - 1. Стално оптерећење**
 - 2. Корисно оптерећење**
 - 3. Инцидентно оптерећење**



Стално оптерећење на мостовима

- **Стално оптерећење** на мостовима обухвата:
 1. **Сопствену тежину елемената конструкције моста** што је дефинисано запреминском тежином материјала од кога су елементи направљени (АБ и ПНБ);
 2. **Додатно стално оптерећење** које обухвата тежину асфлатних застора (на друмским мостовима), шина, прагова и туцаничког застора (на железничким мостовима), хидроизолације, еластичних одбојника, пешачких ограда, расвете,...;
 3. Оптерећење од скупљања и течења бетона, **силе које настају од ПН**, притисак тла, притисак воде,...

EN 1991-1:2002: Запреминске тежине, сопствена тежина, корисна оптерећења за зграде

Запреминска тежина материјала

γ (kN/m³)

Застор друмских мостова

Ливени асфалт и асфалт бетон	24-25
Мастик бетон	18-22
Вруће ваљани асфалт	23

Застор железничких мостова

Заштитни слој бетона	25
Нормални туцанички застор (гранит, гнајс)	20
Застор од базалта	26

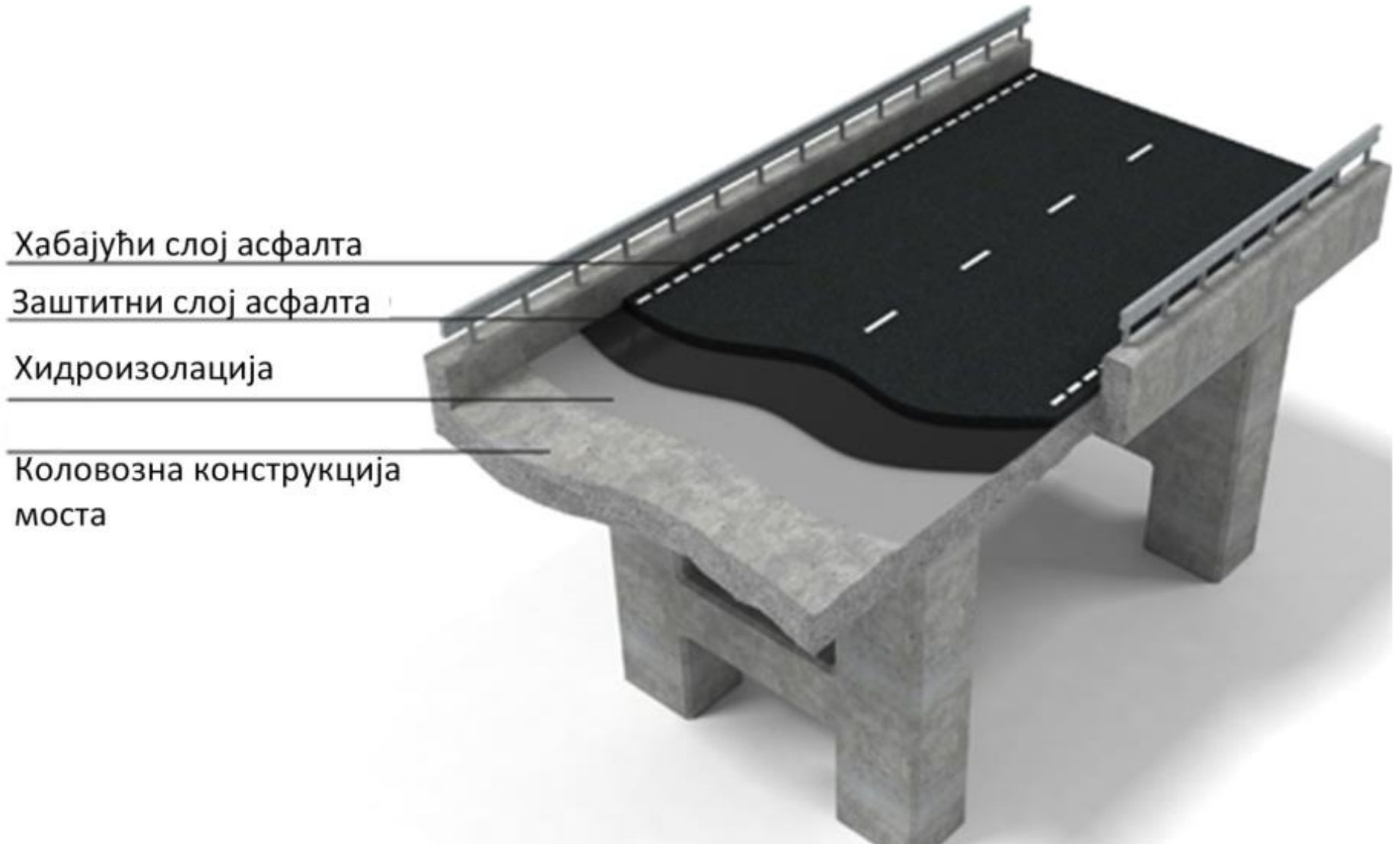
Оптерећење по јединичној дужини

g_k (kN/m)

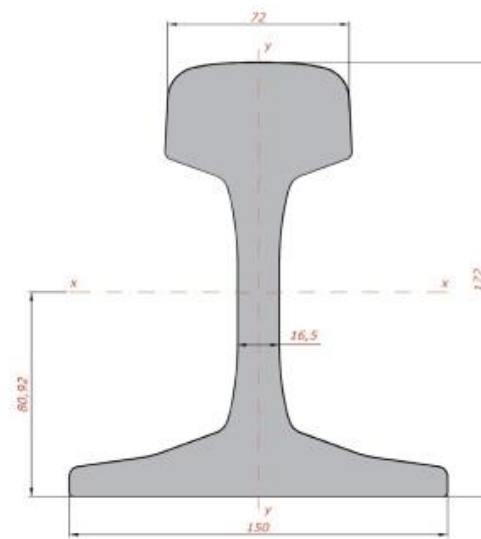
засторног корита

Две шине UIC60	1.2
ПН бетонски прагови и причврсни прибор	4.8
Дрвени прагови и причврсни прибор	1.9

Друмски мостови – слојеви



Железнички мостови – слојеви



Корисно оптерећење на мостовима

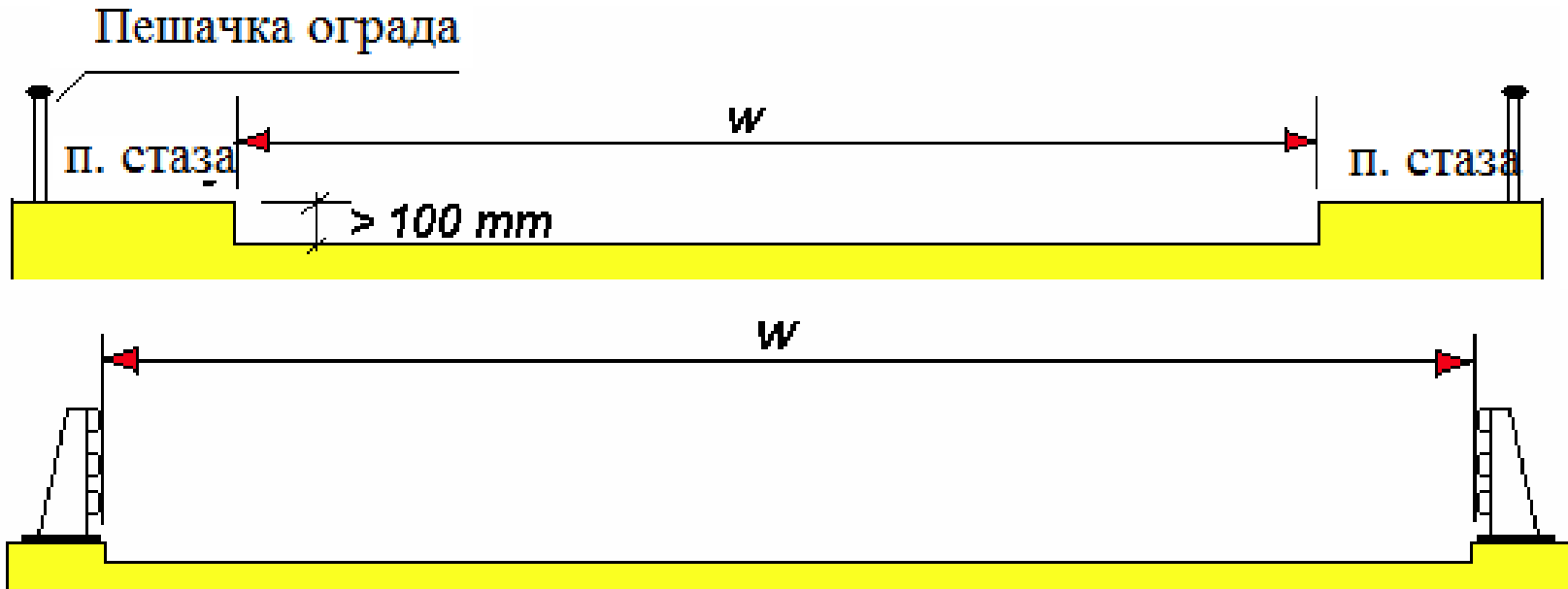
- **Корисно оптерећење на мостовима обухвата:**
 1. **Саобраћајно оптерећење – вертикално оптерећење услед тежине возила** и хоризонтално оптерећење услед покретања и кочења возила, промене брзине или смера кретања;
 2. Температура;
 3. Ветар;
 4. Снег;
 5. Лед;
 6. Опрема приликом извођења моста,...

Инцидентно оптерећење на мостовима

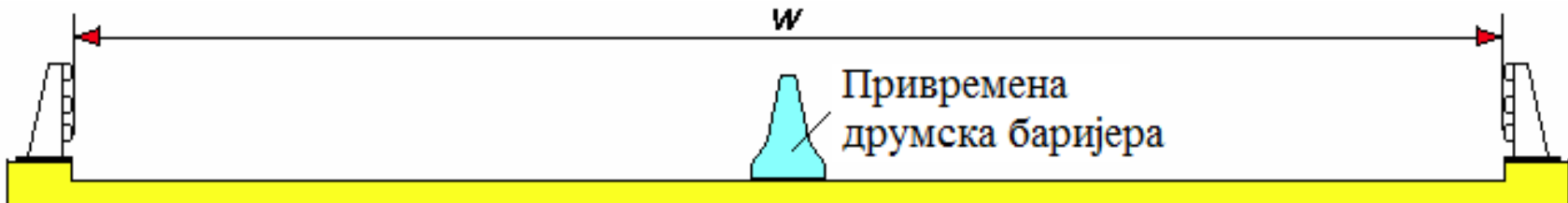
- **Инцидентно оптерећење на мостовима обухвата:**
 1. **Оптерећење изазвано дејством земљотреса – сеизмичко оптерећење;**
 2. Удар возила и пловних објеката у елементе конструкције моста;
 3. Исклизнуће воза из шина,...

Саобраћајна оптерећења друмских мостова

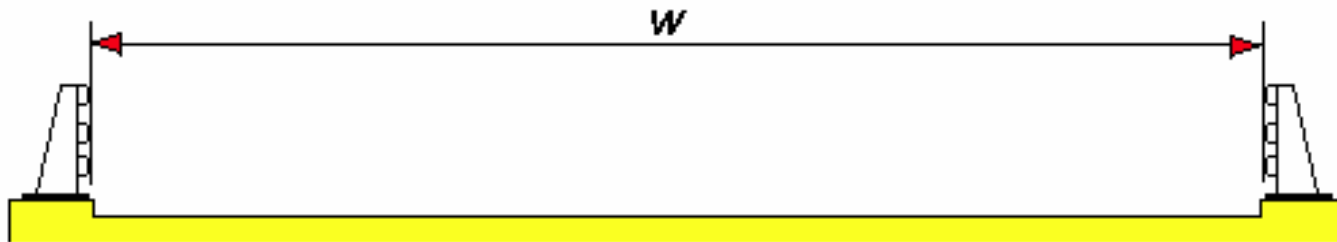
- Коловоз се за потребе анализе саобраћајног оптерећења дели на **називне траке**;
- За сваку појединачну проверу граничног стања, број називних трака које се разматрају, као и њихов положај на коловозу и означавање се бира тако да се добију најнеповољнији утицаји;
- **Ширина коловоза w** је растојање између ивичњака или унутрашње ивице система за задржавање возила (безбедносне ограда).



- Ако постоји централни разделни део он се не узима у ширину коловоза, као ни ширина фиксних безбедносних ограда или ивичњака;
- Када је коловоз трајном централном баријером физички подељен на два дела, онда се сваки део коловоза посебно дели на називне траке;
- У случају привремене баријере разматра се читава ширина коловоза.



- Коловоз се за потребе анализе саобраћајног оптерећења дели на **називне траке** ширине w_i ;
- Број саобраћајних трака n_i је цео број (површине 1, 2 и 3 на слици испод). Преостала површина је део коловоза који не припада називним тракама (површина 4).



w – ширина коловоза

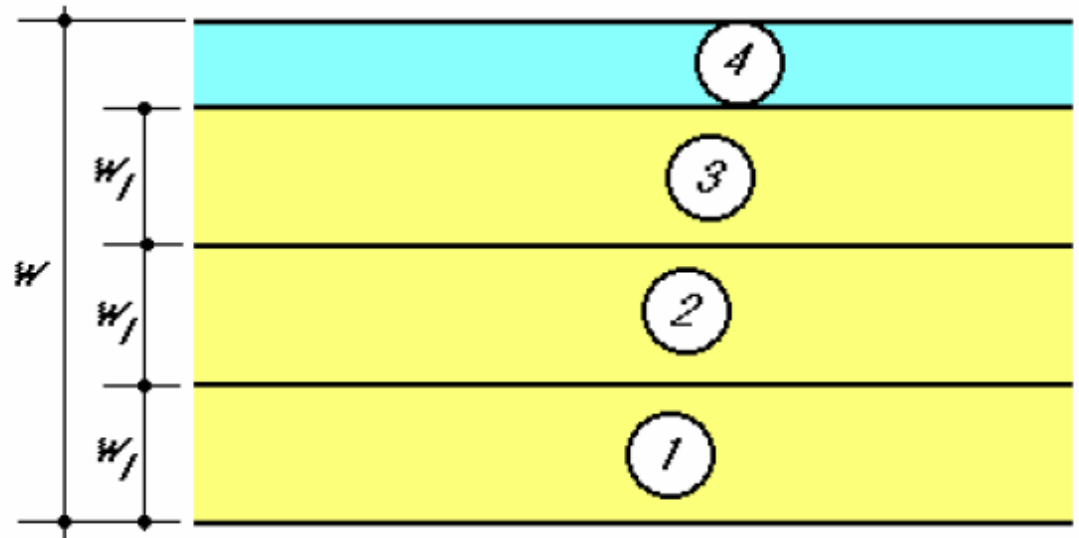
w_i – ширина називне траке

1 - Називна трака 1

2 - Називна трака 2

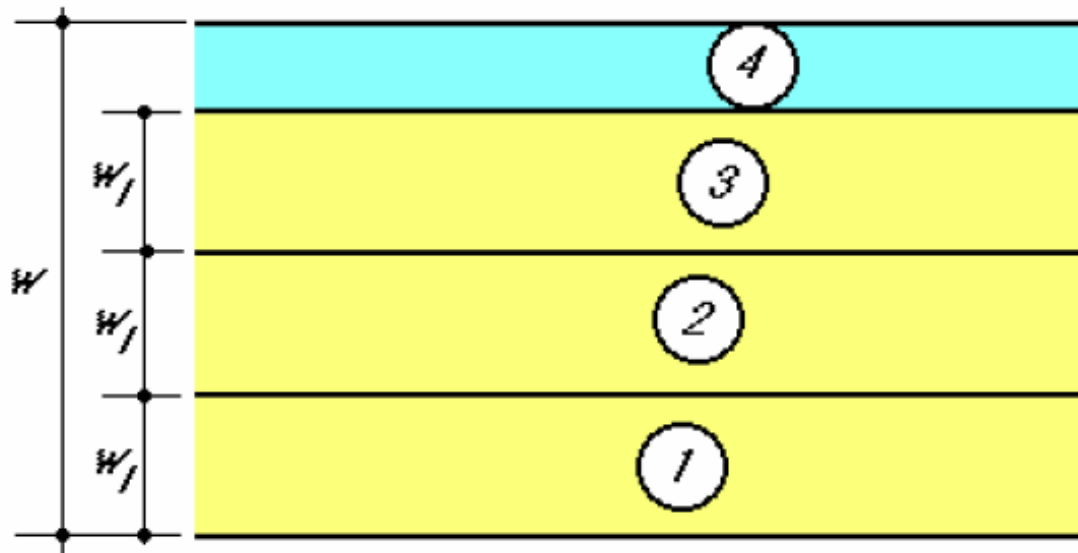
3 - Називна трака 3

4 - Преостали део коловоза



- Број номиналних трака и њихова ширина дефинисани су у табели испод.

Ширина коловоза w	Број номиналних трака	Ширина номиналних трака w_1	Ширина преостале површине
$w < 5,4 m$	$n_1 = 1$	3 m	$w - 3m$
$5,4m \leq w < 6m$	$n_1 = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6m \leq w$	$n_1 = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_1$



Саобраћајна оптерећења друмских мостова

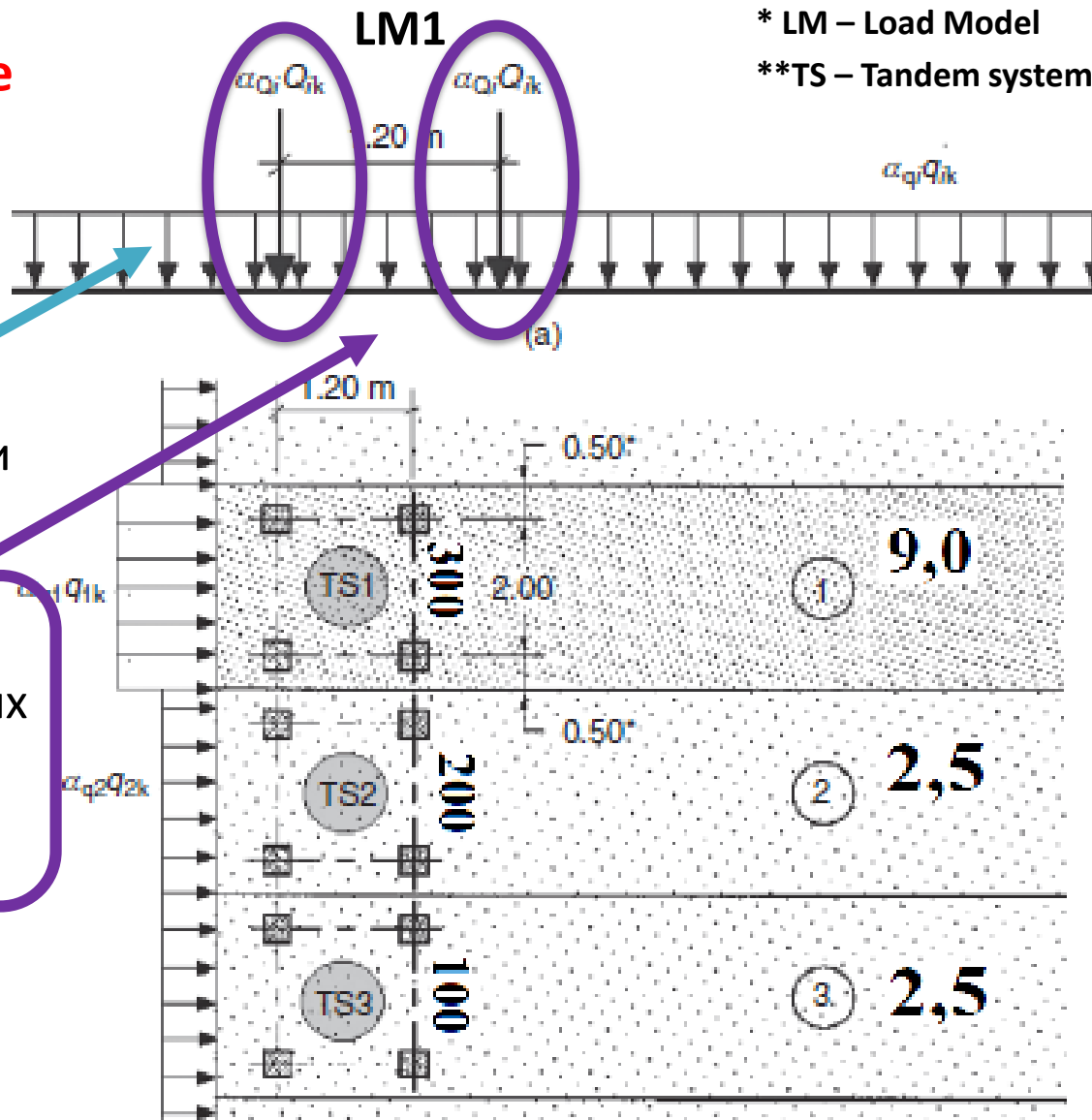
- За сваку проверу граничног стања приликом пројектовања, модел оптерећења у свакој називној траци, као и на преосталој површини, примењује се на дужини на којој даје најнеповољније утицаје.
- У стандарду **Еврокод** се за одређивање карактеристичних вредности користе се четири модела оптерећења за вертикална и хоризонтална саобраћајна оптерећења на друмским мостовима :

1. Модел оптерећења 1 - **LM1** – уобичајен друмски саобраћај на европским путевима (за глобалну анализу)
 2. Модел оптерећења 2 – **LM2** – једноосовинско тешко оптерећење за локалну анализу
 3. Модел оптерећења 3 – **LM3** – специјалних возила
 4. Модел оптерећења 4 – **LM4** – пешачка навала.
- У Еврокоду постоји 5 група оптерећења и 5 модела за прорачун замора.

Моделе оптерећења LM1 се састоји од:

1. Једнакоподељеног површинског оптерећења:
 $\alpha_{q1}=0.8$ за прву траку
 $\alpha_{qi}=1.0$ за све остале траке и преосталу површину

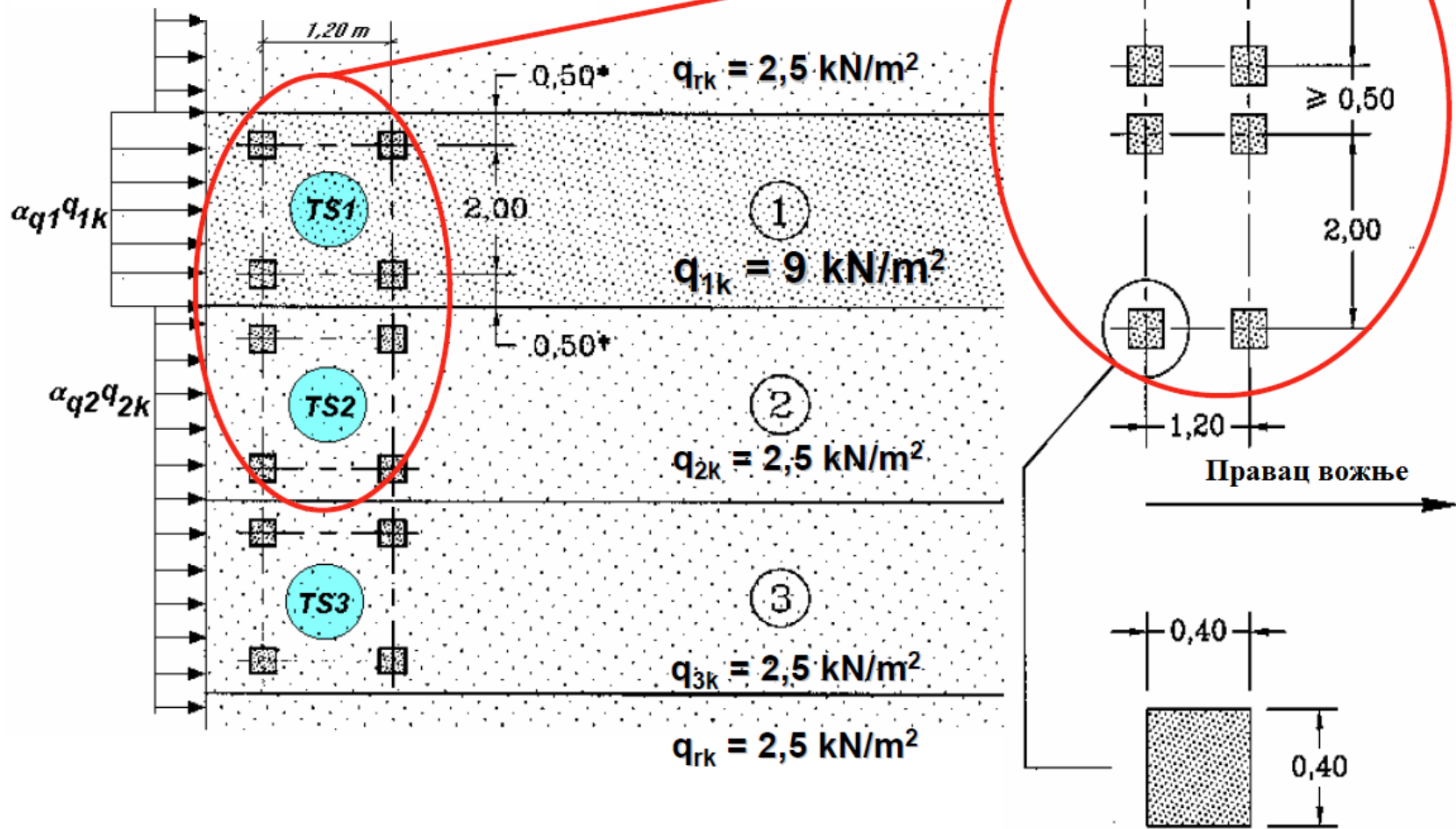
2. Двоосовинског тандем система (TS) концентрисаних сила:
 $\alpha_{Q1}=0.8$ за све траке



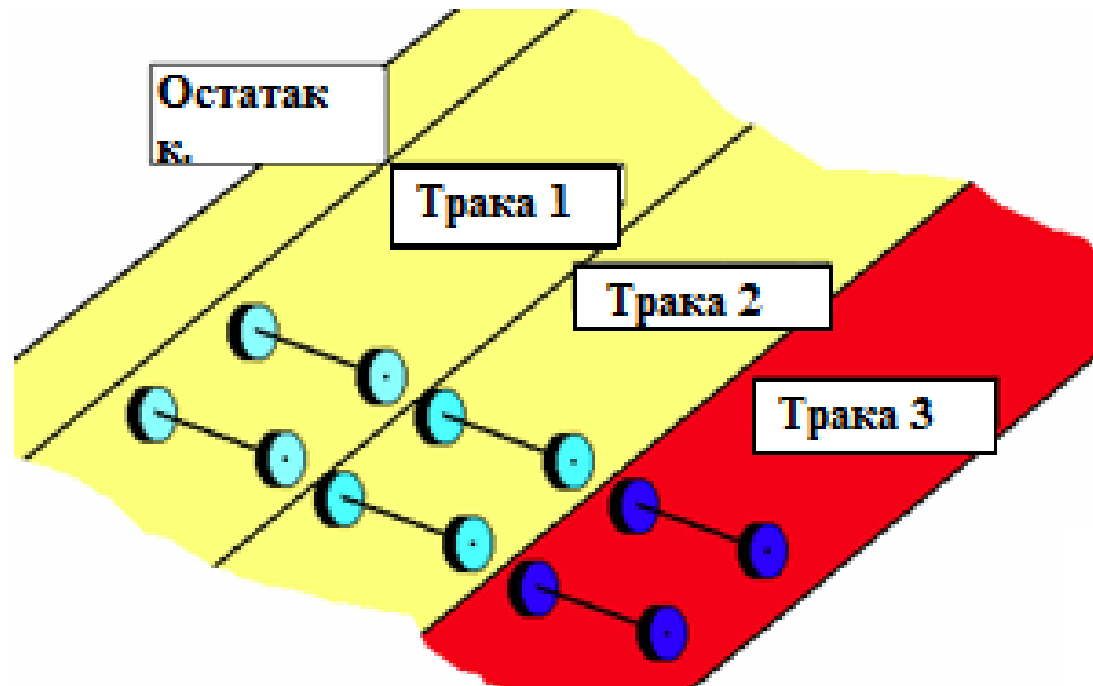
* LM – Load Model

**TS – Tandem system

У случају одређивања локалних утицаја тандем системи из суседних називних трака могу да се међусобно приближе, али не више од **0.5 m** ОСОВИНСКИ.

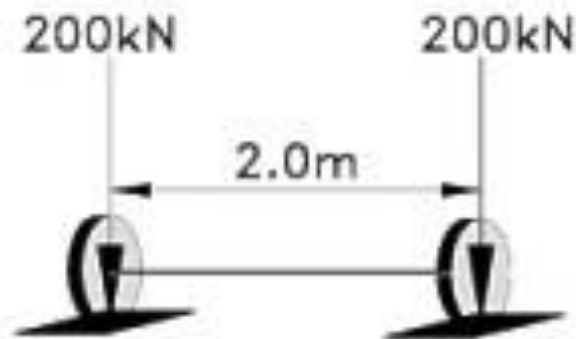
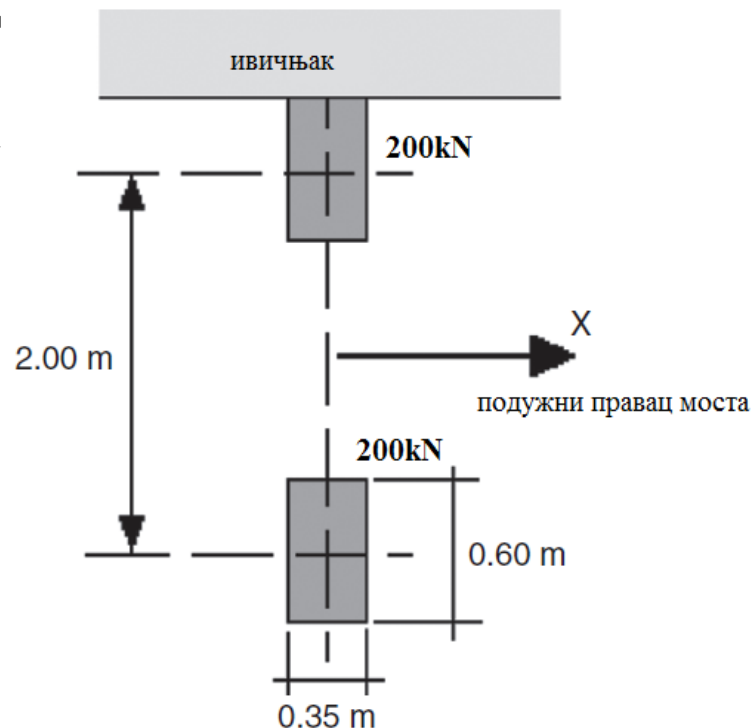


- Један тандем систем у једној називној траци.
- Тандем сила не може да се раздваја.
- Оптерећење по једном точку је једнако половини осовинског оптерећења.
- У случају одређивања локалних утицаја тандем системи из суседних називних трака могу да се међусобно приближе, али не више од 0.5 m осовински.



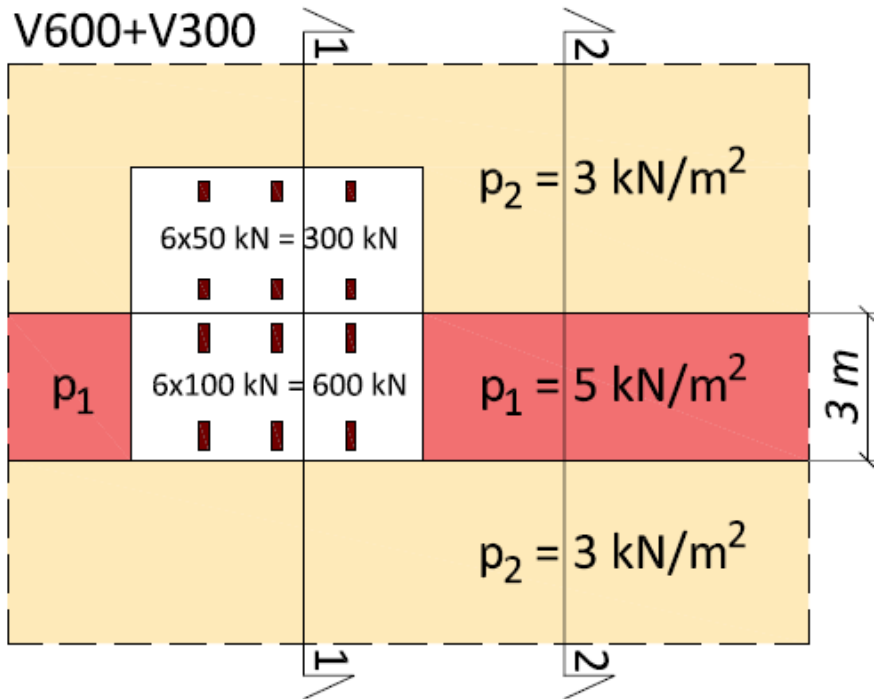
Моделе оптерећења LM2:

- **Модел оптерећења LM2** састоји се од једноосовинског оптерећења које се користи за контроле локалних напрезања кратких елемената (од 3 до 7 m);
- Моделира се као две концентрисане силе интензитета **200 kN** које делују на осовинском растојању од **2.00 m**;
- Контактна површина точка може да буде непосредно уз ивичњак;
- Оптерећење се умножава коефицијентом **β** који износи **1.00** према Националном прилогу;
- Као упрошћење могу да се користе димензије контактне површине точка као код LM1 (**0.40x0.40 m**).



Поређење саобраћајног оптерећења на друмским мостовима у основи према ЈУС-у и Еврокод-у

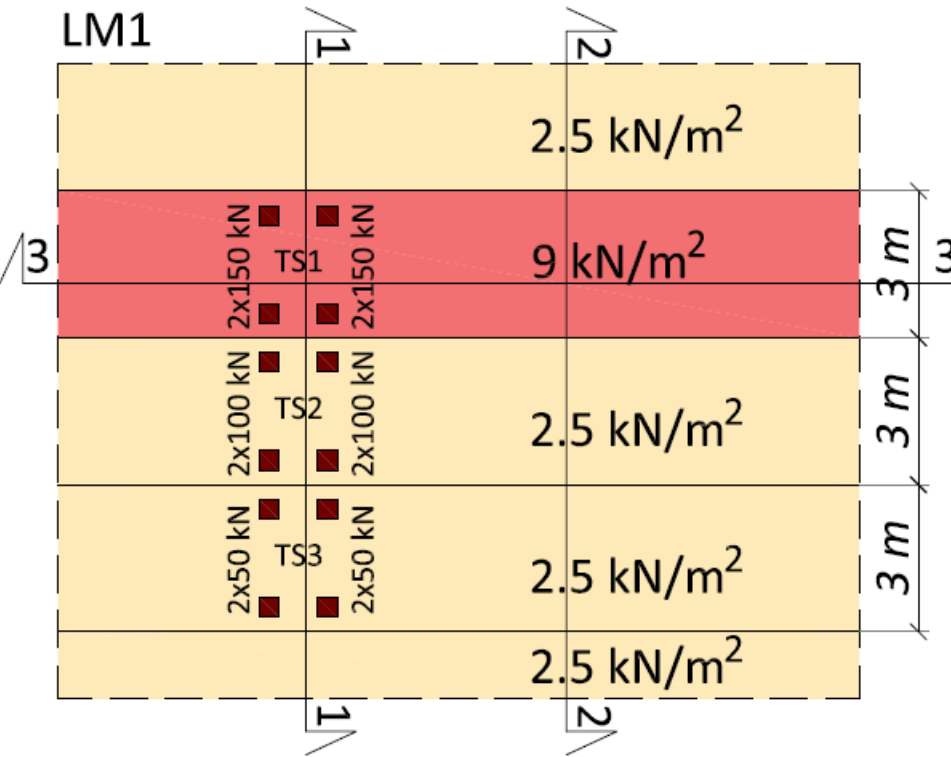
Домаћи правилник ЈУС (V600+V300)



$K_d = 1.4 - 0.008 \times L$

На пешачким стазама 3.00 kN/m²

Еврокод 1 (LM1)



Динамички коефицијент урачунат

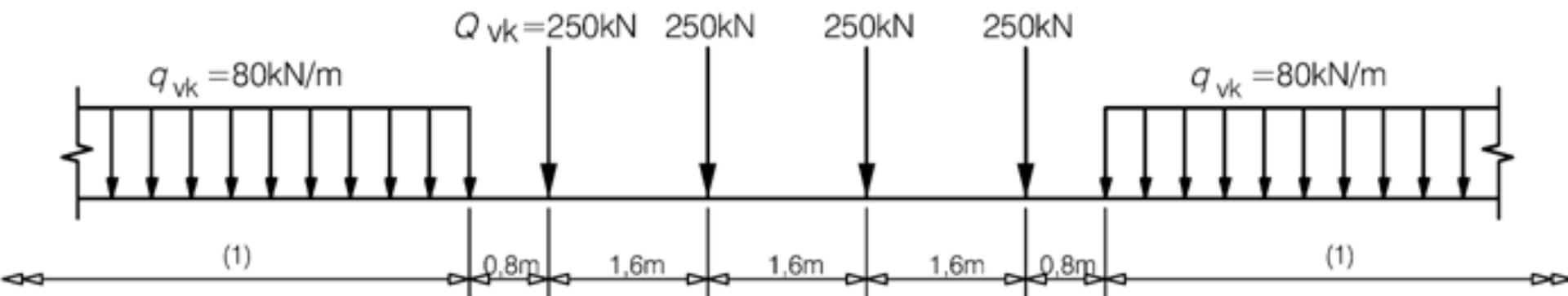
На пешачким стазама 3.00 kN/m²

Саобраћајно оптерећење на железничким МОСТОВИМА

- Модел оптерећења железничког саобраћаја на европским ширококолосечним пругама за одређивање статичких утицаја вертикалног оптерећења услед уобичајеног саобраћаја: **(исто дефинисано и у домаћим прописима и у Еврокоду);**

По домаћим прописима:

UIC71



По Еврокоду:

LM71

Оптерећење се множи коефицијентима:

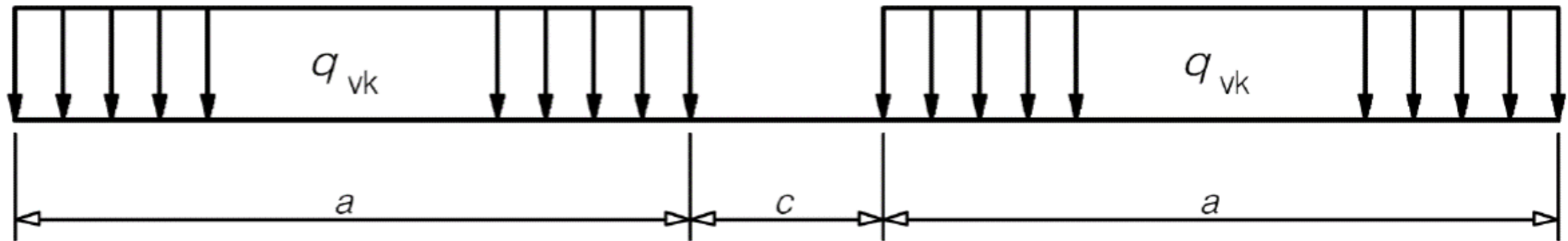
1. $0.75 - 0.83 - 0.91 - 1.00 - 1.10 - \mathbf{1.21} - \mathbf{1.33}$ – коефицијент категорије пруге
2. Φ – динамички коефицијент:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82 \quad 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67 \quad \Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73 \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$$

- Модел оптерећења **специјалног железничког саобраћаја** на европским ширококолосечним пругама:

1. Домаћи правилник: **SW / -2, SW / 0, SW / 1 и SW / 2;**

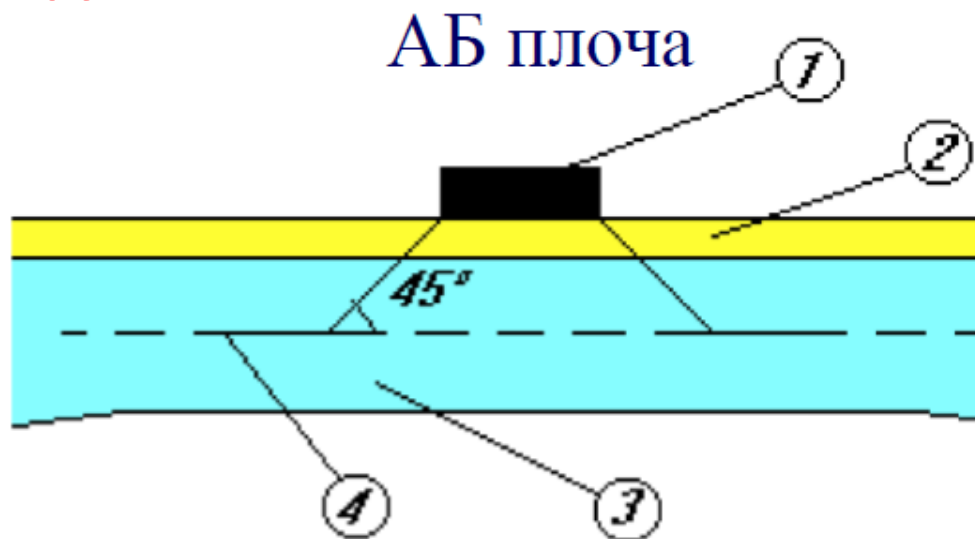
2. Еврокод: стандардни саобраћај SW / 0, тежак саобраћај SW / 2, путнички возови великих брзина HSLM, неоптерећен воз (једнако подељено оптерећење за контролу стабилности на претурање).



Модел оптерећења	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

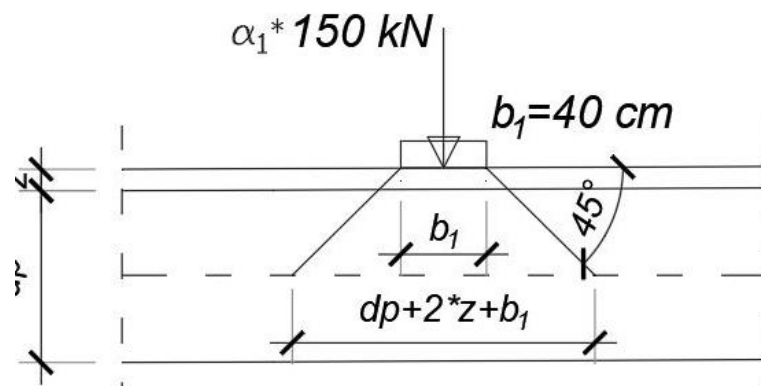
Распростирање оптерећења од притиска точка на КОЛОВОЗНУ ПЛОЧУ

Друмски мост са АБ коловозном плочом:

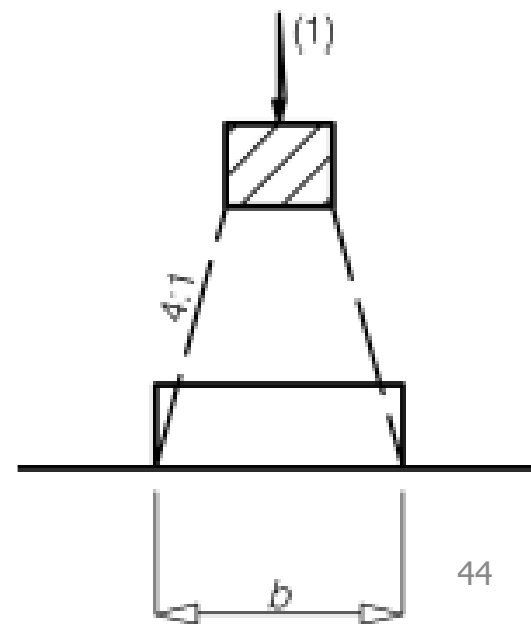
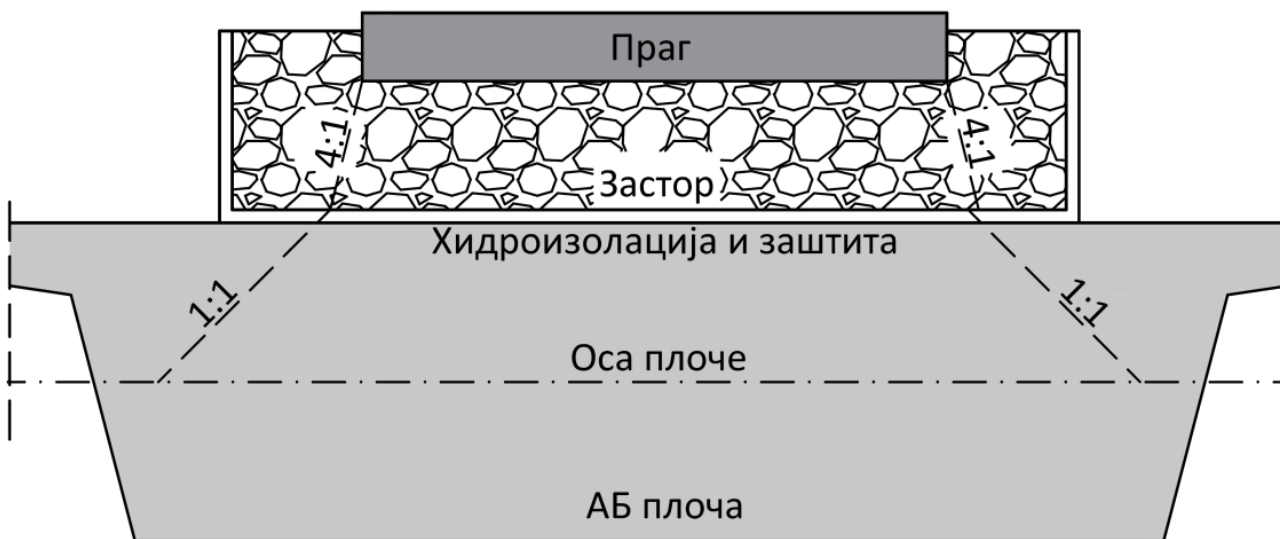


Трака 1 - TS1

У правцу управном на
правац вожње



Железнички мост са АБ коловозном плочом:



ПРИМЕР 1 – ПЛОЧАСТИ ДРУМСКИ МОСТ

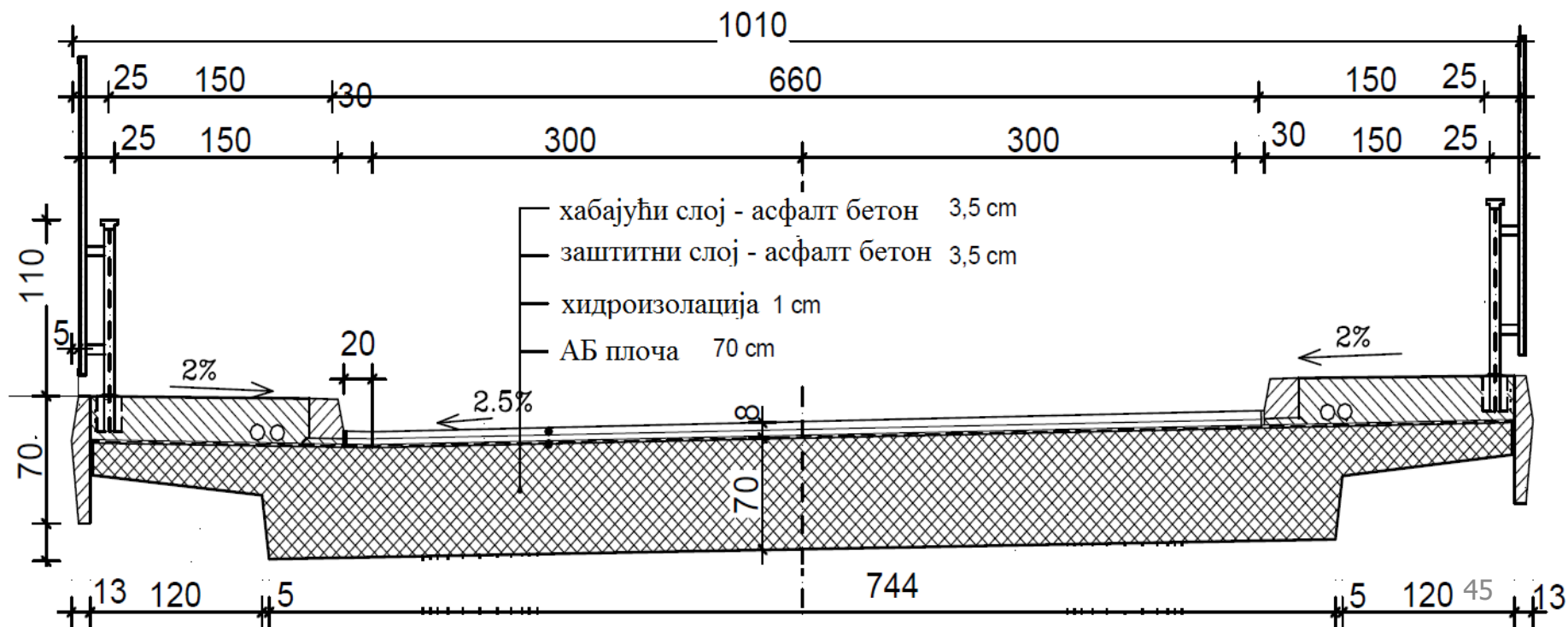
Одредити линијску шему сталног и саобраћајног оптерећења на плочастом друмском мосту;

Статички систем је проста греда распона $L = 14.5 \text{ m}$;

Мост је оптерећен сталним теретом према скици и тежином оgrade од 0.4 kN/m . Тежина префабриковане пешачке стазе, ивичњака и АБ венца је 13.25 kN/m ;

Усвојити тежину слојева коловозне конструкције према препорукама из стандарда Еврокод (EN 1991-1-1:2002 Еврокод: Дејства на конструкције);

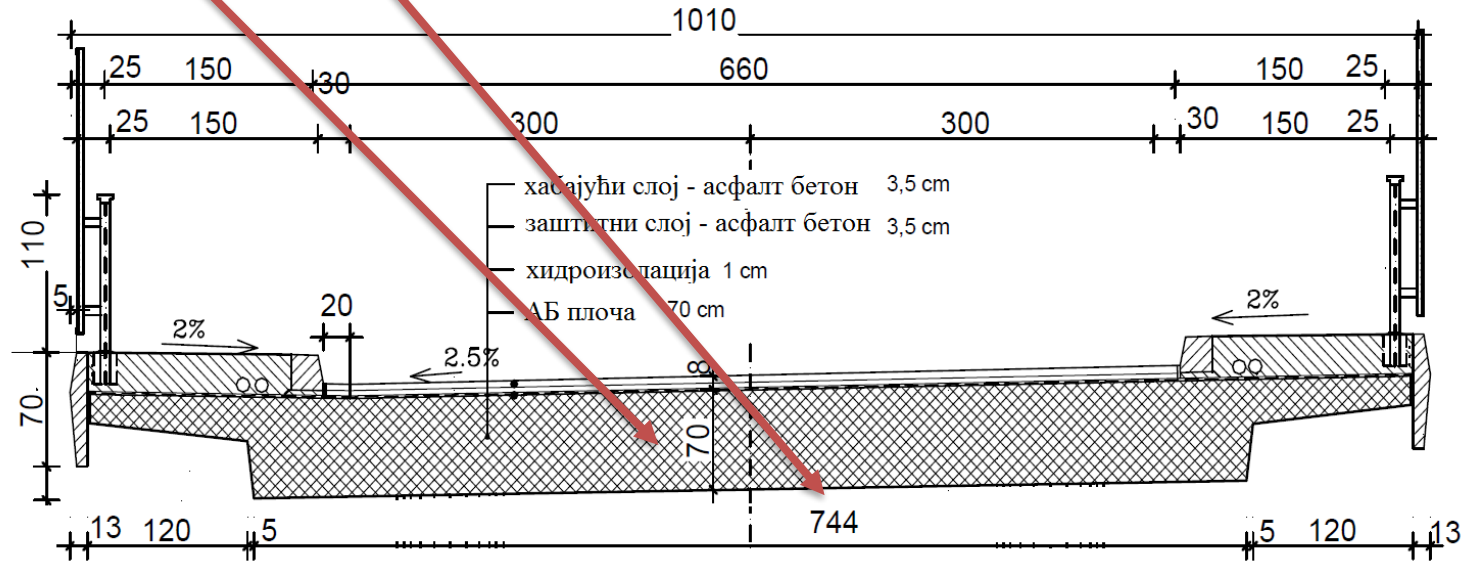
Усвојити шему саобраћајног оптерећења према стандарду Еврокод (EN 1991-2: Дејства на конструкције - Део 2: Саобраћајно оптерећење на мостовима).



Стално оптерећење

1. Сопствена тежина конструкције

- Површина попречног пресека моста (A_b), АВ ($g = 25.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{st} = 0.7 \text{ m} \times 7.44 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{130.2 \text{ kN/m}}$



1. Сопствена тежина конструкције

- Површина попречног пресека моста (A_b), АВ ($g = 25.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{st} = 0.7 \text{ m} \times 7.44 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{130.2 \text{ kN/m}}$

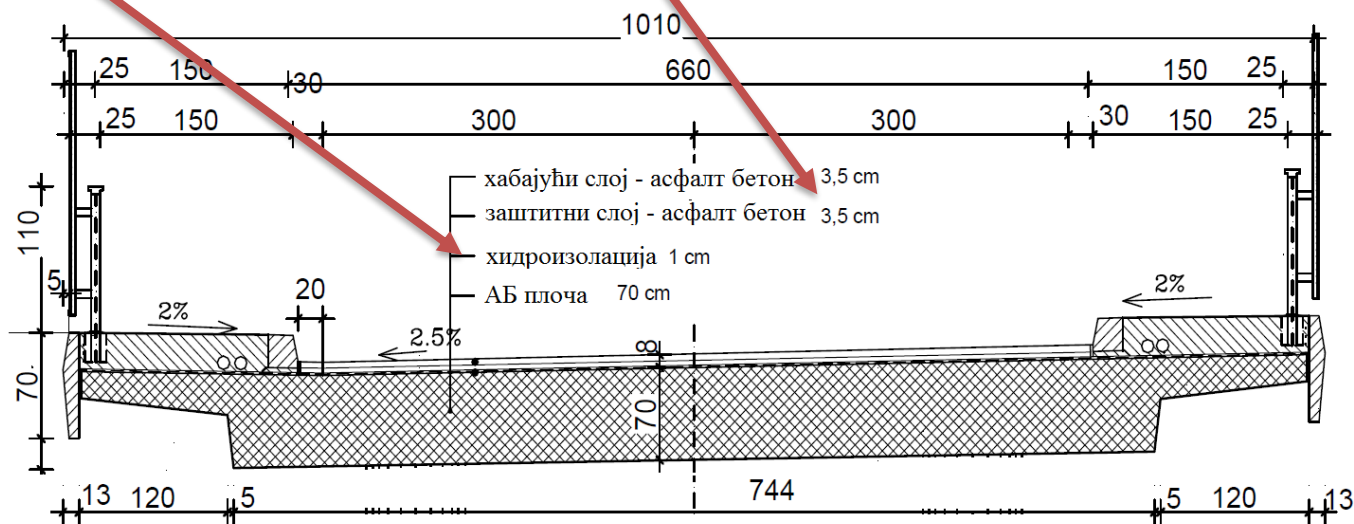
Асфалт само
на коловозу,
тј. на 6.6 м.

2. Додатно стално оптерећење

- Слојеви: хидроизолација 1 см ($g = 21.0 \text{ kN/m}^3$), асфлат 7 см ($g = 22.0 \text{ kN/m}^3$)

$$g_{sl} = (10.1 \times 0.01) \text{ m}^2 \times 21 \text{ kN/m}^3 + (6.6 \times 0.07) \text{ m}^2 \times 22 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{12.3 \text{ kN/m}}$$

Хидроизолација
целом ширином,
и испод
префабрикованих
елемената на
конзолним
деловима.



1. Сопствена тежина конструкције

- Површина попречног пресека моста (A_b), АВ ($g = 25.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{st} = 0.7 \text{ m} \times 7.44 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{130.2 \text{ kN/m}}$

2. Додатно стално оптерећење

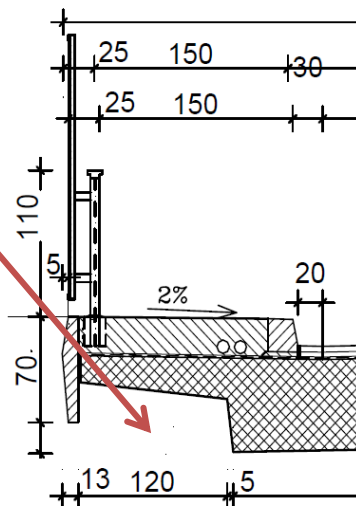
- Слојеви: хидроизолација 1 см ($g = 21.0 \text{ kN/m}^3$), асфалт 7 см ($g = 22.0 \text{ kN/m}^3$)

$$g_{sl} = (10.1 \times 0.01) \text{ m}^2 \times 21 \text{ kN/m}^3 + (6.6 \times 0.07) \text{ m}^2 \times 22 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{12.3 \text{ kN/m}}$$

- Пешачка стаза

$$g_{ps} = 2 \times (0.25 \times 1.2) \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 + 2 \times \mathbf{13.25 \text{ kN/m}} + 2 \times 0.4 \text{ kN/m} = \mathbf{42.5 \text{ kN/m}}$$

Дебљина
конзолне плоче.



Тежина
префабрикован
е пешачке стазе,
ивичњака и АБ
венца

Тежином
ограде.

1. Сопствена тежина конструкције

- Површина попречног пресека моста (A_b), AB ($g = 25.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{st} = 0.7 \text{ m} \times 7.44 \text{ m} \times 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{130.2 \text{ kN/m}}$

2. Додатно стално оптерећење

- Слојеви: хидроизолација 1 cm ($g = 21.0 \text{ kN/m}^3$), асфалт 7 cm ($g = 22.0 \text{ kN/m}^3$)

$$g_{sl} = (10.1 \times 0.01) \text{ m}^2 \times 21 \text{ kN/m}^3 + (6.6 \times 0.07) \text{ m}^2 \times 22 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{12.3 \text{ kN/m}}$$

- Пешачка стаза

$$g_{ps} = 2 \times (0.25 \times 1.2) \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 + 2 \times 13.25 \text{ kN/m} + 2 \times 0.4 \text{ kN/m} = \mathbf{42.3 \text{ kN/m}}$$

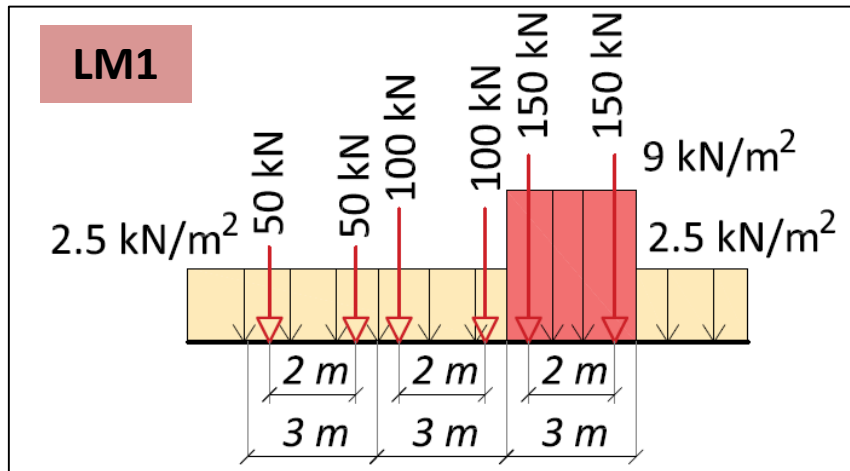
Укупно стално оптерећење:

$$g = 130.2 \text{ kN/m} + 12.3 \text{ kN/m} + 42.3 \text{ kN/m} = \mathbf{184.8 \text{ kN/m}}$$

Плочаст попречни пресек - по метру ширине плоче:

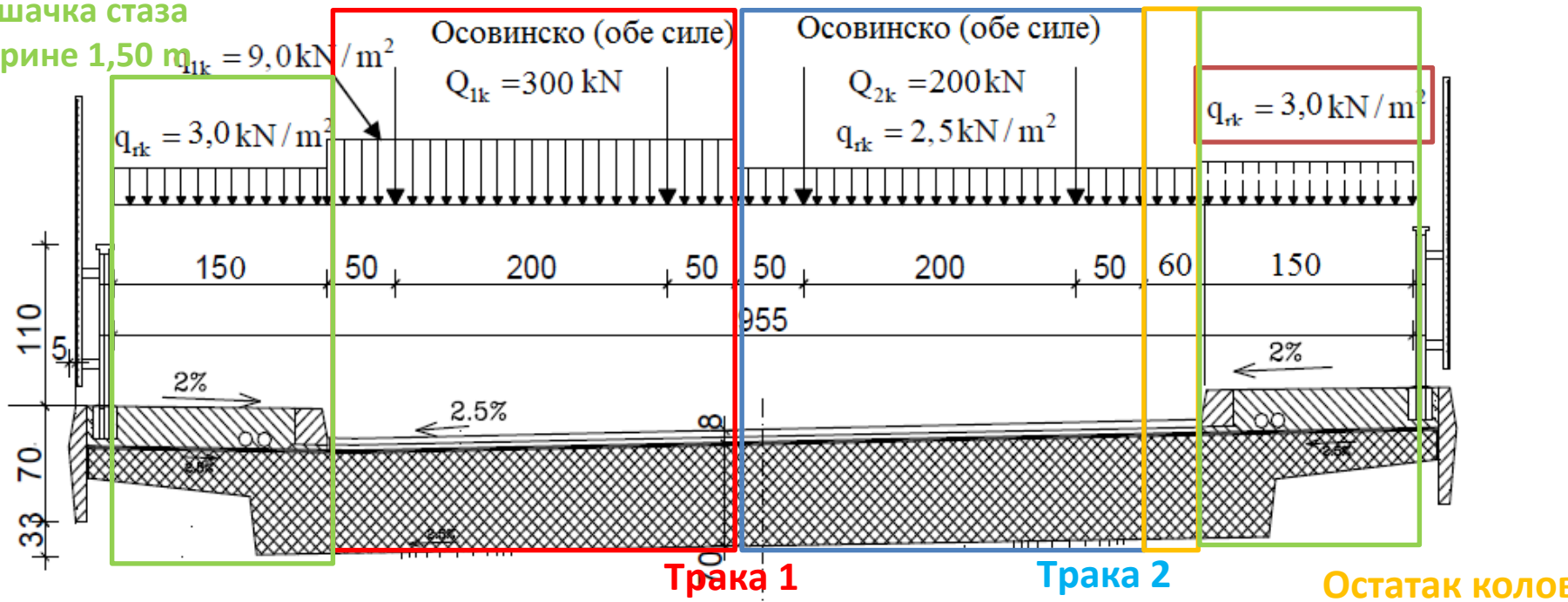
$$g = 184.8 \text{ kN/m} / 7.44 \text{ m} = \mathbf{24.84 \text{ kN/m}^2} \text{ (по } m' \text{ плоче)}$$

Саобраћајно оптерећење

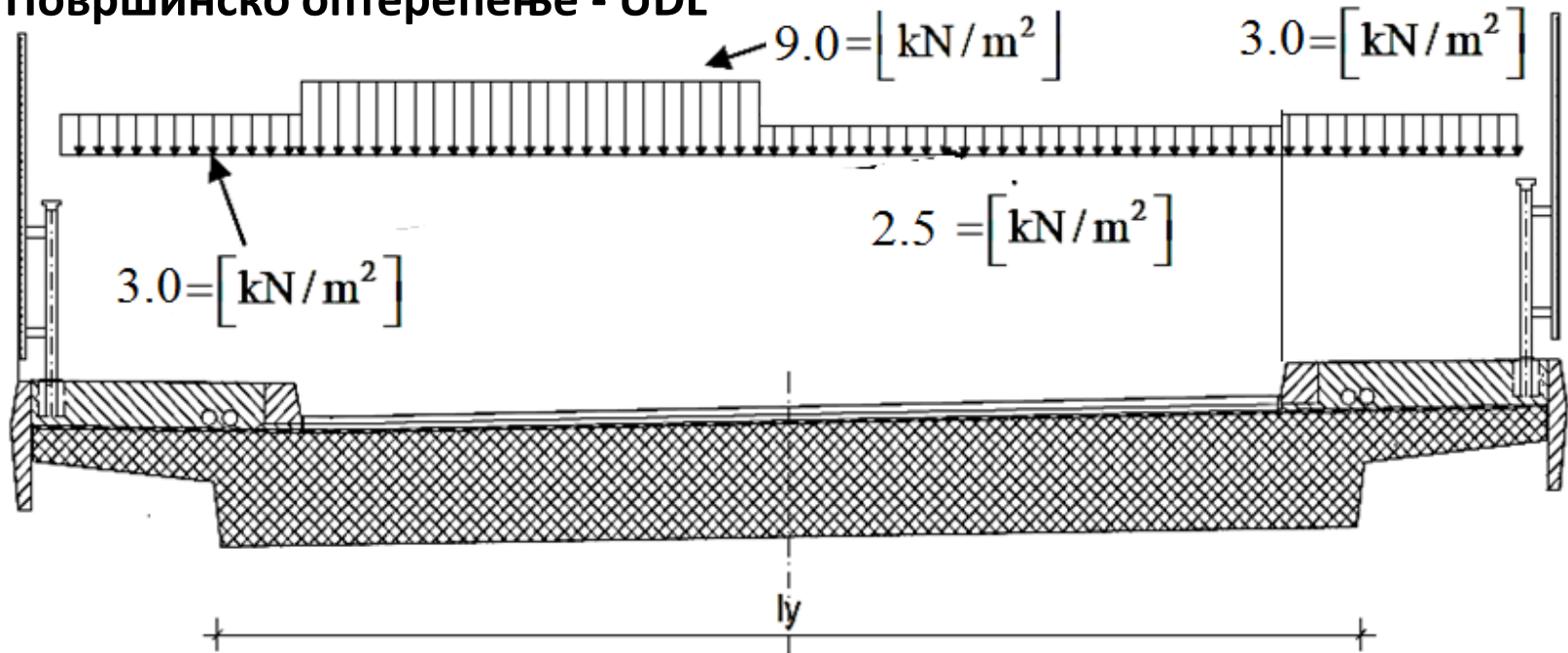


**Пешачке стазе
на мосту
3.0 kN/m²**

Пешачка стаза
ширине 1,50 m

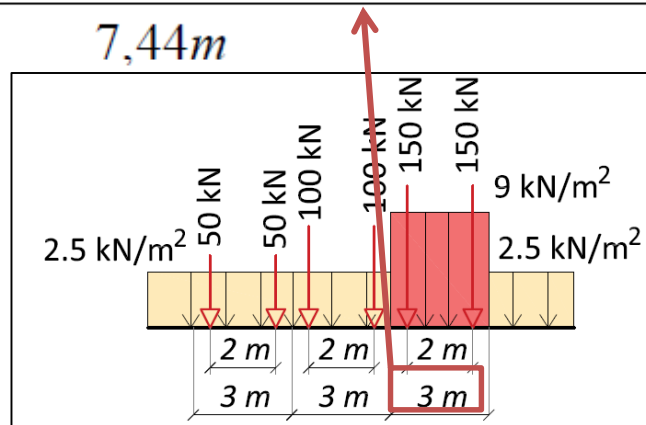
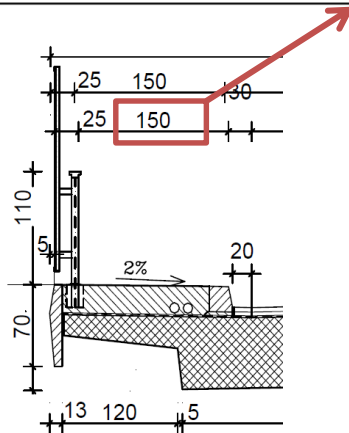


Површинско оптерећење - UDL



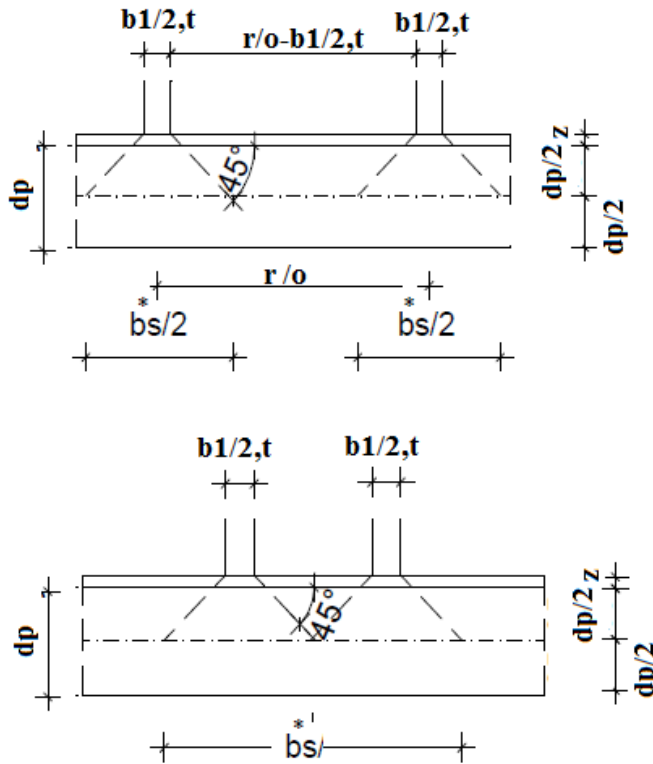
$$q = \frac{2 \cdot 3.0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.5 \text{ m} + 9 \text{ kN/m}^2 \cdot 3 \text{ m} + 2.5 \text{ kN/m}^2 \cdot 3.60 \text{ m}}{7.44 \text{ m}} = 6.05 \text{ kN/m' / m}$$

По метру ширине плоче!



Распростирање оптерећења

Концентрисане силе - TS



$b_1 = b_2$ (за LM1)

половина дебљине плоче
увећана за застор

$$\frac{b_s^*}{2} = 0,40 + 2 \cdot 0,43 = 1,26 \text{ m}$$

Однос главне и подеоне арматуре

$$b_1 = 2 \cdot \frac{b_s^*}{2} = 2,52 \text{ m}$$

распон плоче у
носећем правцу

$$b_s = 2,52 + 0,2 \cdot l_x$$

$$b_s = 2,52 + 0,2 \cdot 14,5 = 5,42 \text{ m}$$

дужина плоче у правцу
управном на носећи

$$5,42 \geq \frac{l_y}{2} = 3,72 \text{ m} \Rightarrow \underline{b_s = 3,72 \text{ m}}$$

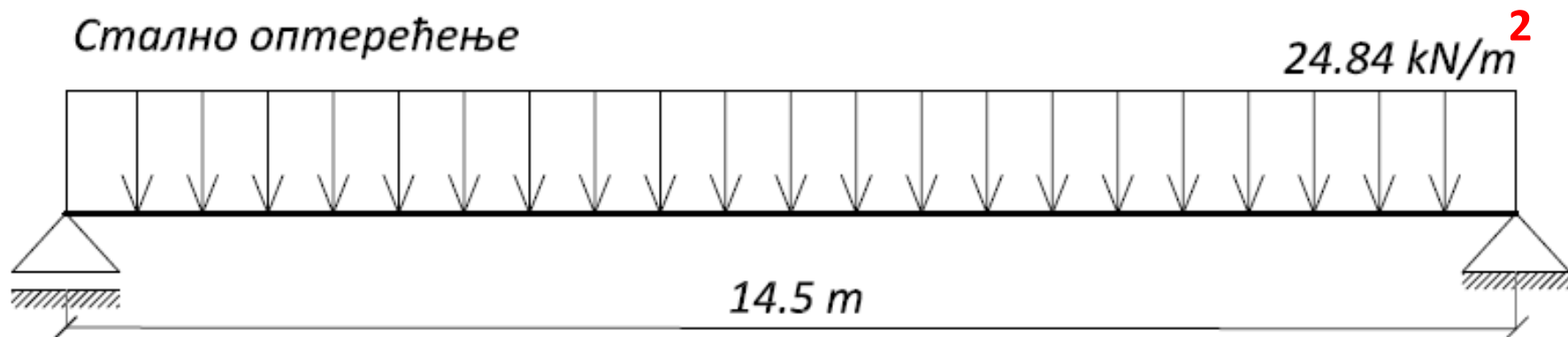
ефективна ширина

Трећа трака не стаје на посматрану ширину коловоза

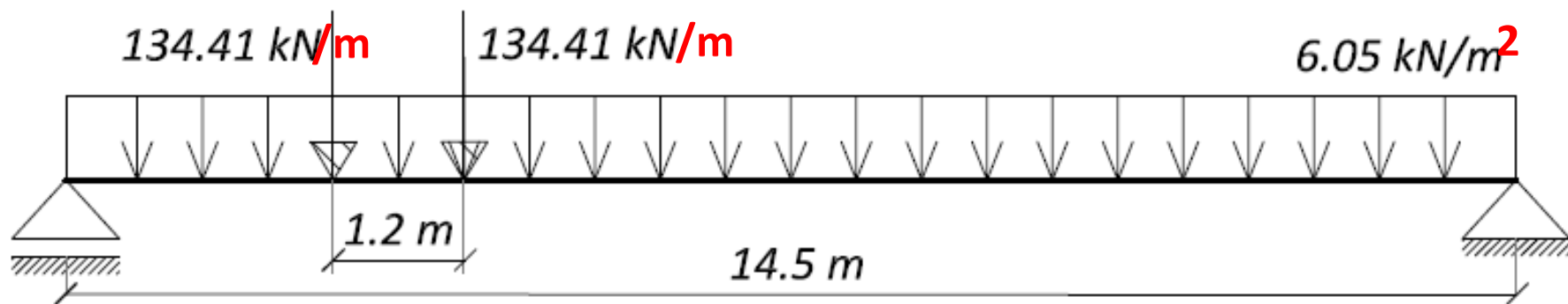
$$Q = \frac{Q_{1k}}{b_s} + \frac{Q_{2k}}{b_s} = \frac{300}{3,72} + \frac{200}{3,72} = 134,41 \text{ kN / m}$$

По метру ширине плоче!

Стално оптерећење



Саобраћајно оптерећење



По метру ширине плоче!

Стално оптерећење

1. Сопствена тежина конструкције

- $g_{st} = 6.39 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 159.75 \text{ kN/m}$

2. Додатно стално оптерећење

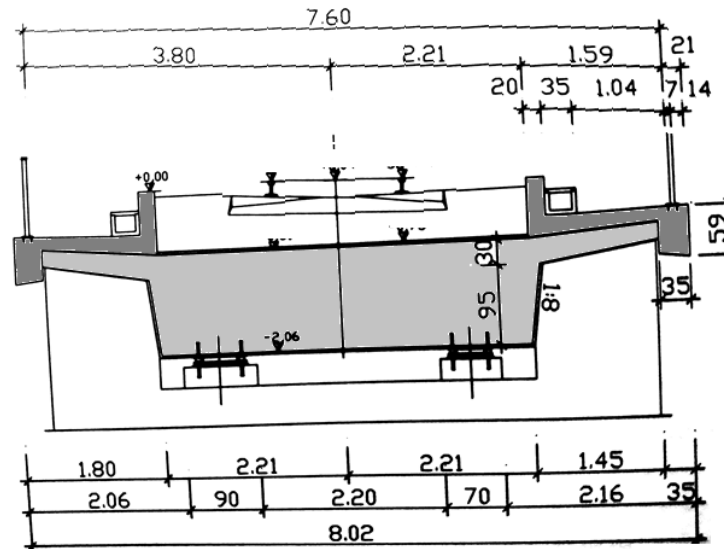
- Слојеви: застор, хидроизолација, заштита хидроизолације

$$g_{sl} = (4.42 \times 0.5) \times 20 + (4.42 \times 0.01) \times 21 + (4.42 \times 0.05) \times 25 = 50.65 \text{ kN/m}$$

- ПН прагови и шине

$$g_{p\check{s}} = 4.8 + 1.2 = 6.0 \text{ kN/m}$$

Оптерећење по јединичној дужини засторног корита	g_k (kN/m)
Две шине UIC60	1.2
ПН бетонски прагови и причврсни прибор	4.8
Дрвени прагови и причврсни прибор	1.9



1. Сопствена тежина конструкције

- $g_{st} = 6.39 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = 159.75 \text{ kN/m}$

2. Додатно стално оптерећење

- Слојеви: застор, хидроизолација, заштита хидроизолације

$$g_{sl} = (4.42 \times 0.5) \times 20 + (4.42 \times 0.01) \times 21 + (4.42 \times 0.05) \times 25 = 50.65 \text{ kN/m}$$

- ПН прагови и шине

$$g_{p\check{s}} = 4.8 + 1.2 = 6.0 \text{ kN/m}$$

Оптерећење по јединичној дужини засторног корита	g_k (kN/m)
Две шине UIC60	1.2
ПН бетонски прагови и причврсни прибор	4.8
Дрвени прагови и причврсни прибор	1.9

- Пешачке стазе

$$g_{ps} = 2 \times 16.75 + 2 \times 0.5 = 34.5 \text{ kN/m}$$

Укупно стално оптерећење:

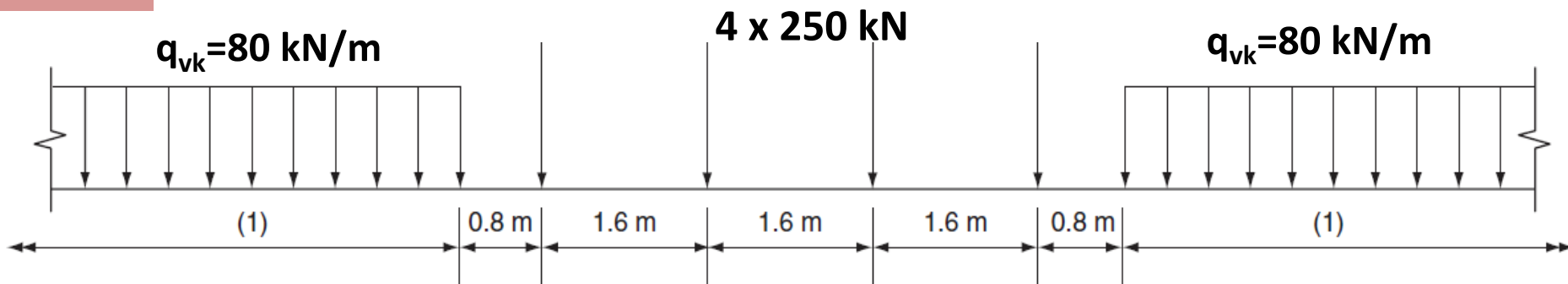
$$g = 159.75 + 50.65 + 6.0 + 34.5 = 250.9 \text{ kN/m (по } m' \text{ плоче)}$$

Плочаст попречни пресек - по метру ширине плоче:

$$g = 250.9 / 4.42 = 56.8 \text{ kN/m}^2 \text{ (по } m' \text{ плоче)}$$

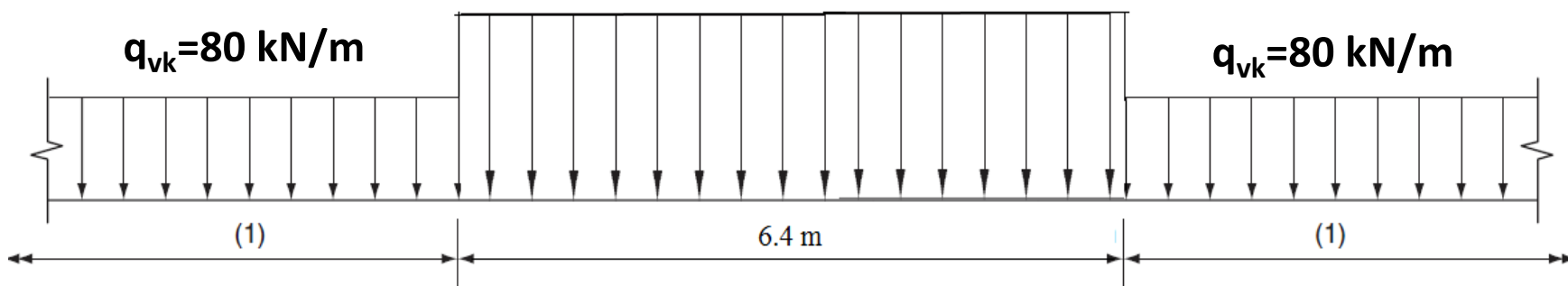
Саобраћајно оптерећење

LM71



Упрошћена шема оптерећења у подужном правцу: $4 \times 250 / 6.4 = 156.25 \text{ kN/m}$

156.25 kN/m



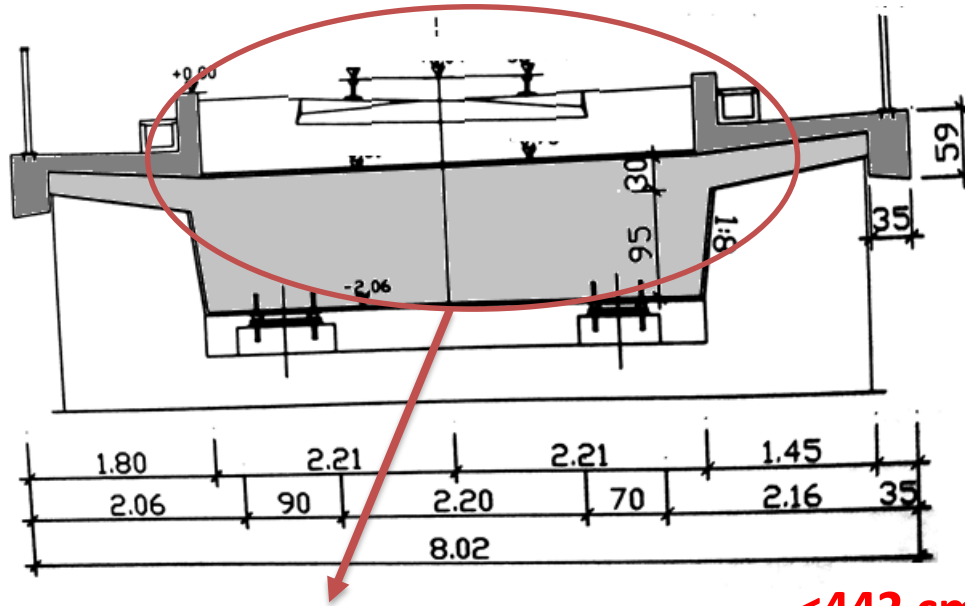
Оптерећење се множи:

1. Коэффициентом који зависи од категорије пруге = 1.33
2. Динамичким фактором

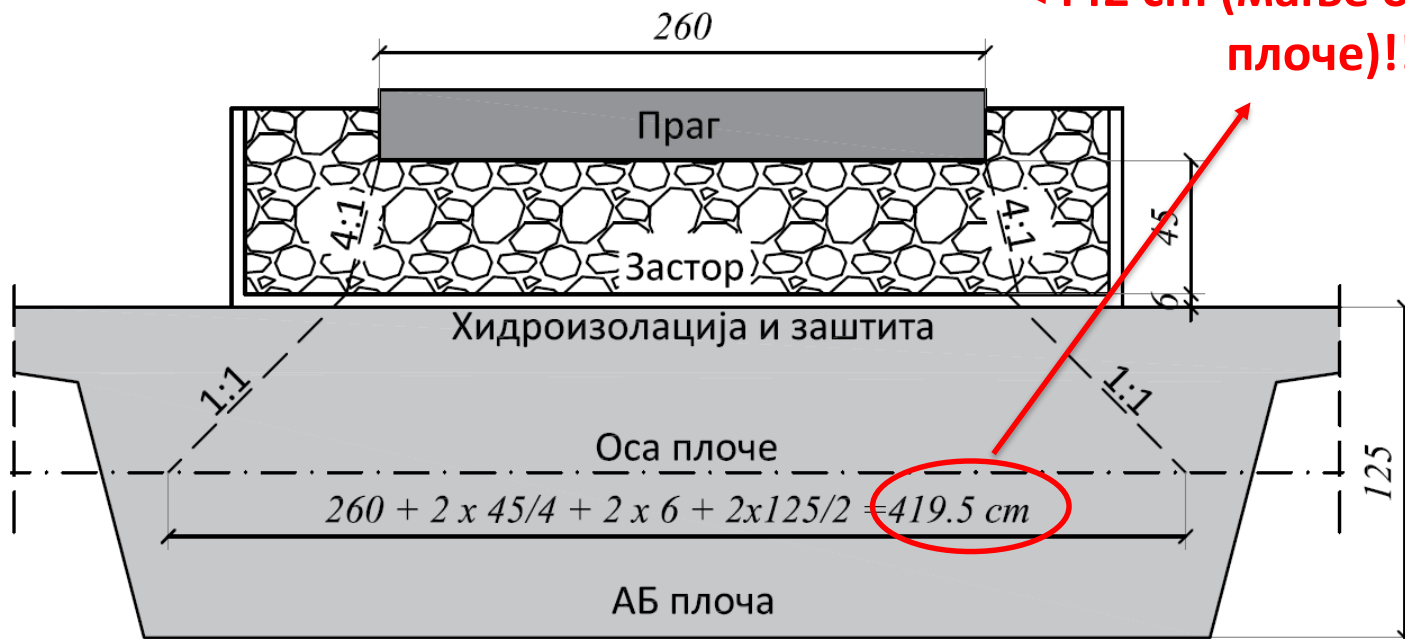
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 = 1,38$$

распон 12,5m

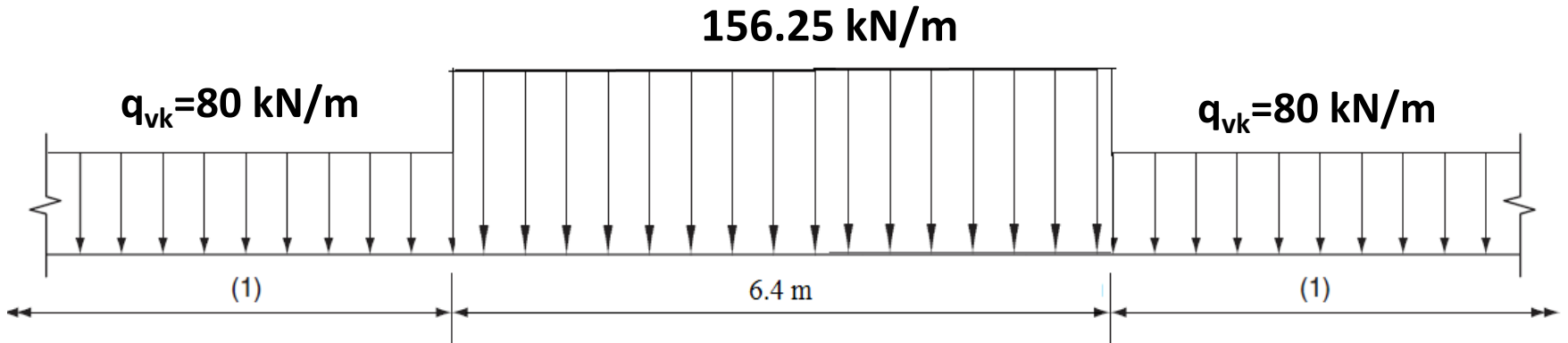
Распростирање оптерећења



<442 cm (мање од ширине плоче)!!!



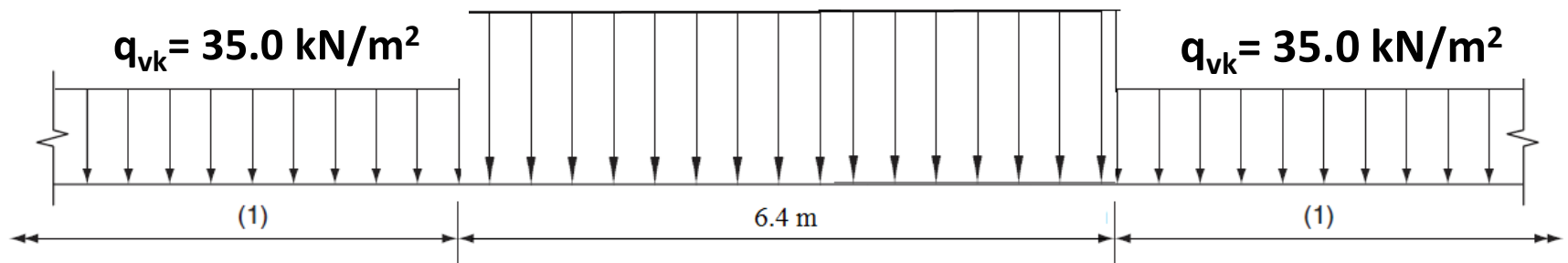
Линијска шема саобраћајног оптерећења



$$80 \times 1.33 \times 1.38 / 4.195 = 35.0 \text{ kN/m}^2$$

$$156.25 \times 1.33 \times 1.38 / 4.195 = 68.4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{vk} = 68.4 \text{ kN/m}^2$$



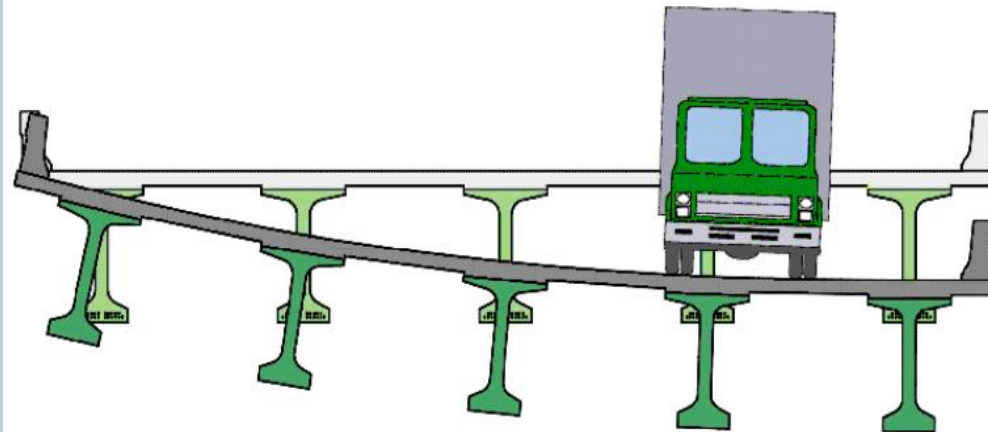
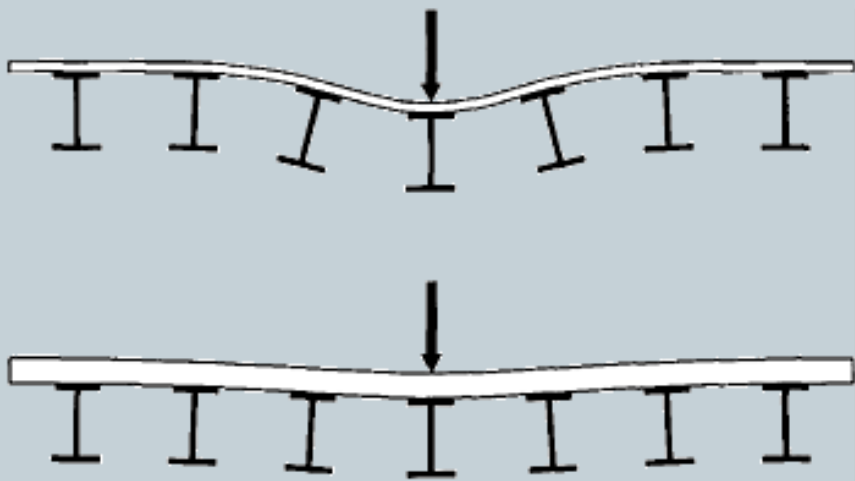
Линијска шема сталног оптерећења?



Урадити за домаћи

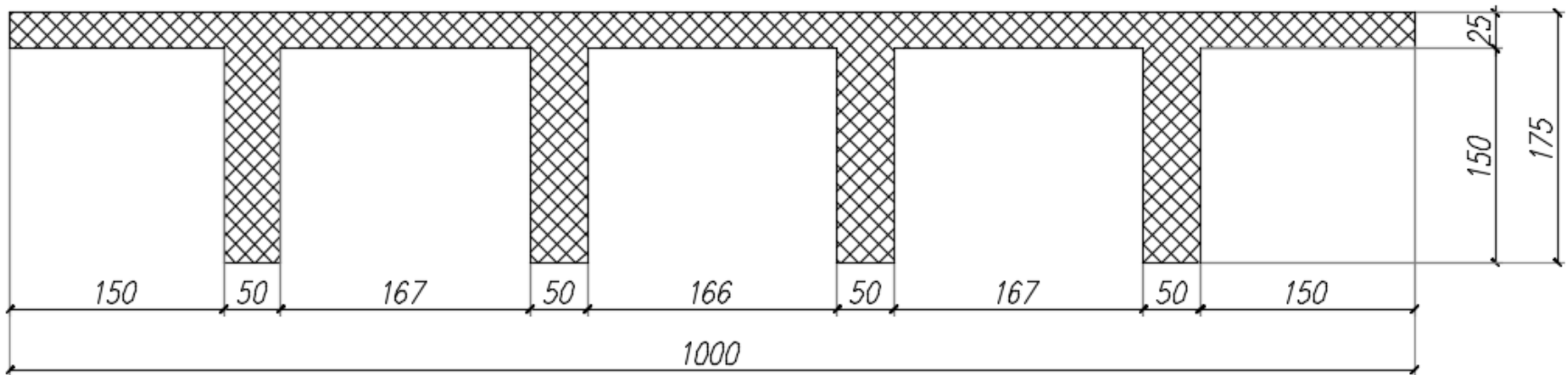
ПОПРЕЧНА РАСПОДЕЛА САОБРАЋАЈНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА КОД МОСТОВА СА ВИШЕ ГЛАВНИХ НОСАЧА

- За широке мостове са **више главних носача** за одређивање попречне прерасподеле користи се **метода Courbon**. Приближна метода која даје задовољавајуће резултате;
- Уводи се претпоставка: **Попречни носачи / коловозна плоча „веома крути“**;
- Утицајне линије попречне прерасподеле су **праве линије** за чије дефинисање су нам потребне две ординате;
- Ординате утицајне линије зависе искључиво од положаја и момента инерције (крутости) носача **(ако су сви носачи исте крутости онда ординате зависе само од растојања!)** - За прелиминарне прорачуне може се усвојити да сви носачи подједнако учествују у преношењу оптерећења (није на страни сигурности!)



ПРИМЕР 3 – ДРУМСКИ РЕБРАСТИ МОСТ

- Одредити линијску шему оптерећења и **статичке утицаје** на ребрастом друмском мосту статичког система прости греде распона 15 m чији је попречни пресек приказан на скици испод. Ширина моста је 10.0 m а дужина конзолних делова плоче 1.5 m. Као ширину коловоза усвојити укупну ширину моста од 10 m.
- Мост је оптерећен сталним теретом према скици и тежином бетонске ограде од 5.0 kN/m. Дебљина асфалта је 8 cm и хидроизолације 1 cm. Усвојити тежину слојева коловозне конструкције према препорукама из стандарда Еврокод (EN 1991-1-1:2002 Еврокод: Дејства на конструкције). Усвојити шему саобраћајног оптерећења према стандарду Еврокод (*EN 1991-2: Дејства на конструкције - Део 2: Саобраћајно оптерећење на мостовима*).



Стално оптерећење

1. Сопствена тежина конструкције

- Површина попречног пресека моста (A_b), АВ ($g = 25.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{st} = 5.5 \text{ m}^2 \times 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{137.5 \text{ kN/m}}$

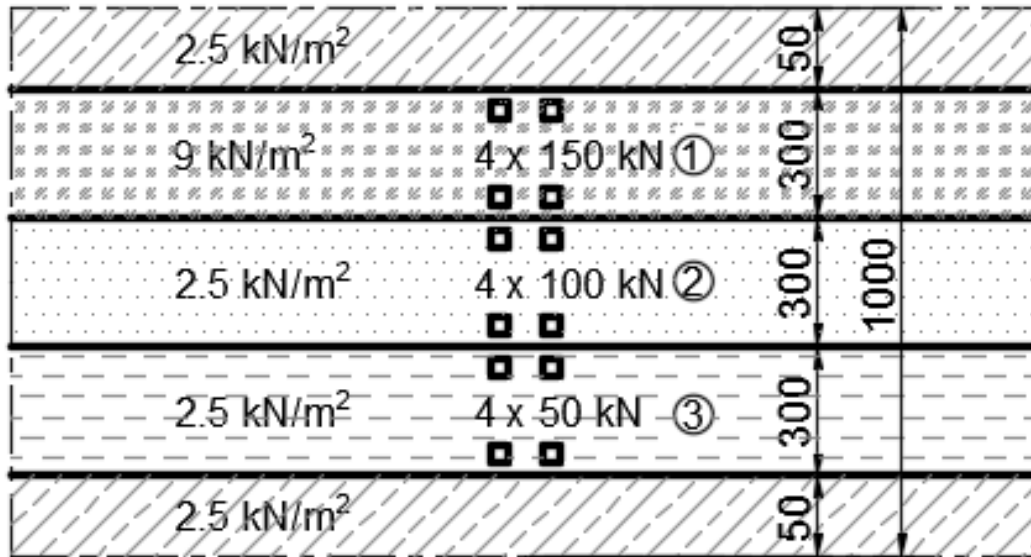
2. Додатно стално оптерећење

- Слојеви: хидроизолација 1 cm ($g = 16.0 \text{ kN/m}^3$), асфлат 8 cm ($g = 24.0 \text{ kN/m}^3$)
- $g_{sl} = (10 \times 0.01) \text{ m}^2 \times 16 \text{ kN/m}^3 + (10 \times 0.08) \text{ m}^2 \times 24 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{20.8 \text{ kN/m}}$
- Ограда
- $g_{og} = 2 \times 5 \text{ kN/m} = \mathbf{10 \text{ kN/m}}$
- $g_{uk} = 137.5 + 20.8 + 10 = \mathbf{168.3 \text{ kN/m}}$

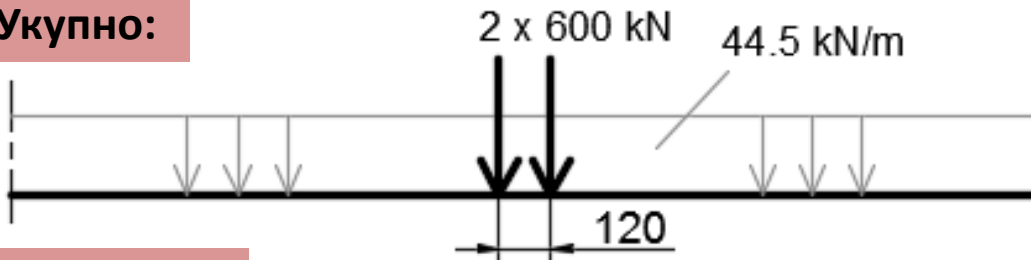
По једном главном носачу:

- $g = g_{uk}/4 = 168.3/4 = \mathbf{42.1 \text{ kN/m}}$

Саобраћајно оптерећење

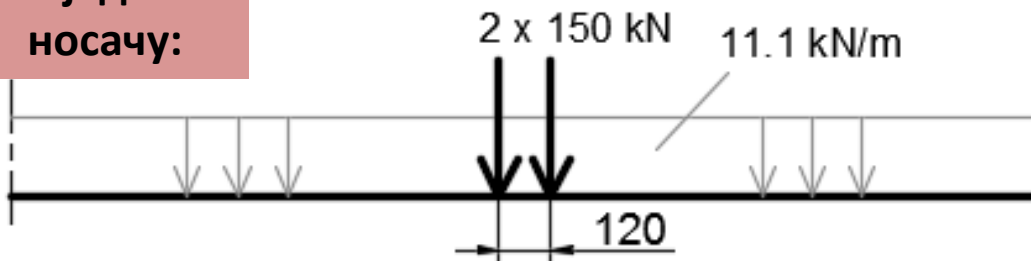


Укупно:



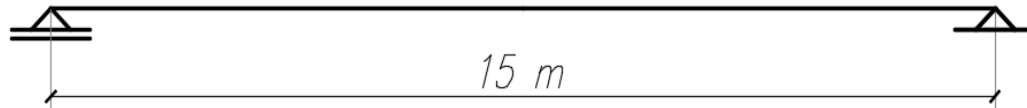
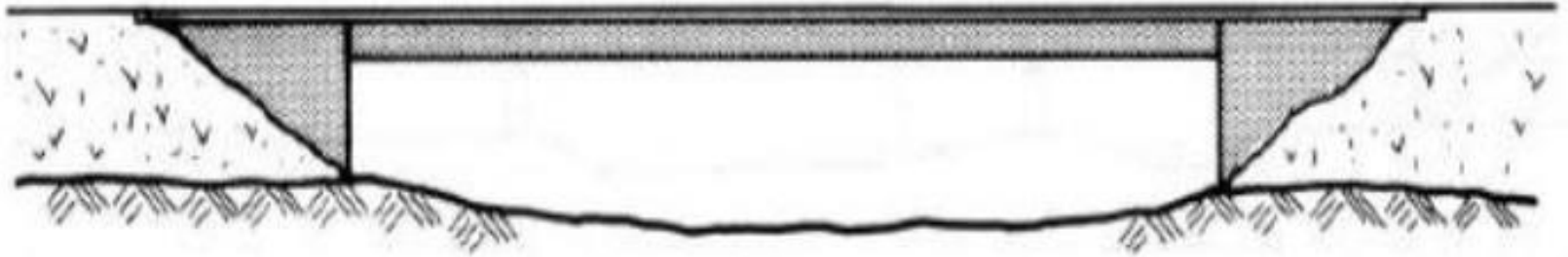
$$2.5 \text{ kN/m}^2 \times 7 \text{ m} + 9 \text{ kN/m}^2 \times 3 \text{ m}$$

По једном носачу:



$$44.5 \text{ kN/m} / 4$$

Статички утицаји



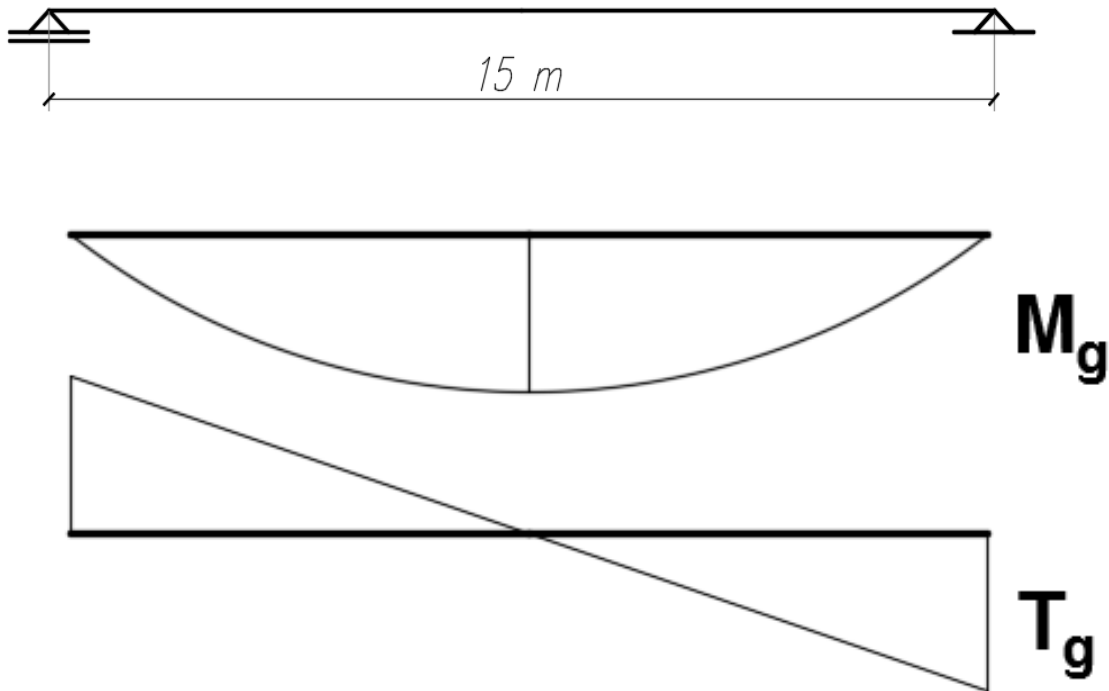
Статички утицаји

Стално оптерећење

$$g = 42.1 \text{ kN/m}$$

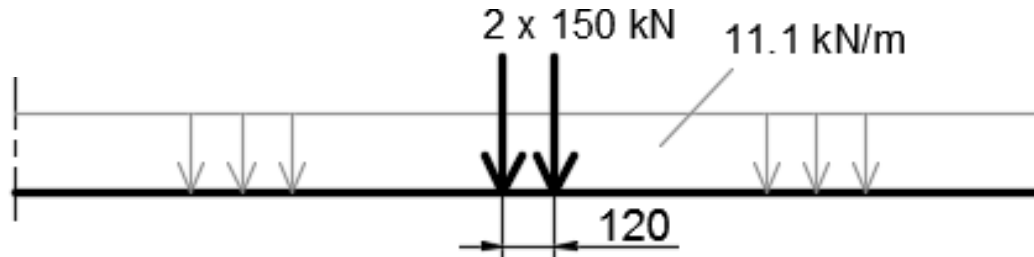
$$M_g = (g \times L^2)/8 = (42.1 \times 15^2)/8 = 1184 \text{ kNm}$$

$$T_g = (g \times L)/2 = (42.1 \times 15)/2 = 315.8 \text{ kN}$$



Статички утицаји

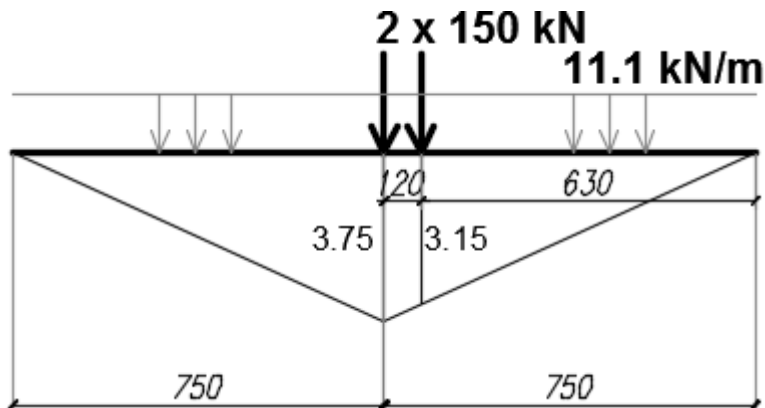
Саобраћајно оптерећење



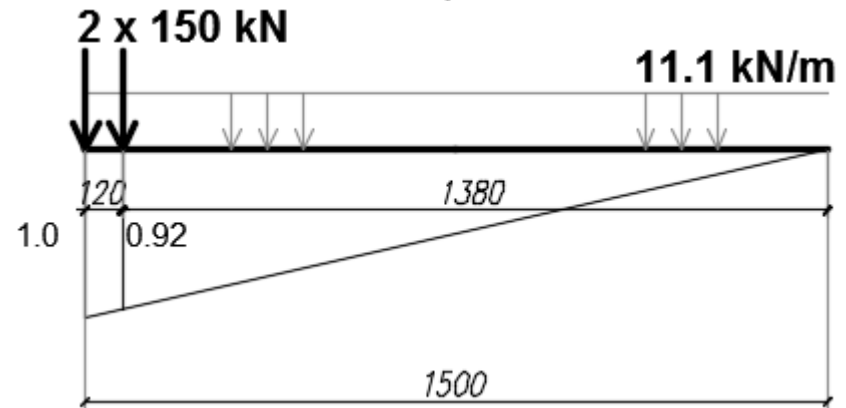
$$M_q = 150 \times 3.75 + 150 \times 3.15 + 11.1 \times 2 \times 3.75 \times 7.5/2 = 1063 \text{ kNm}$$

$$T_q = 150 \times 1.0 + 150 \times 0.92 + 11.1 \times 1.0 \times 15/2 = 371.3 \text{ kN}$$

Утицајна линија за
максимални момент:



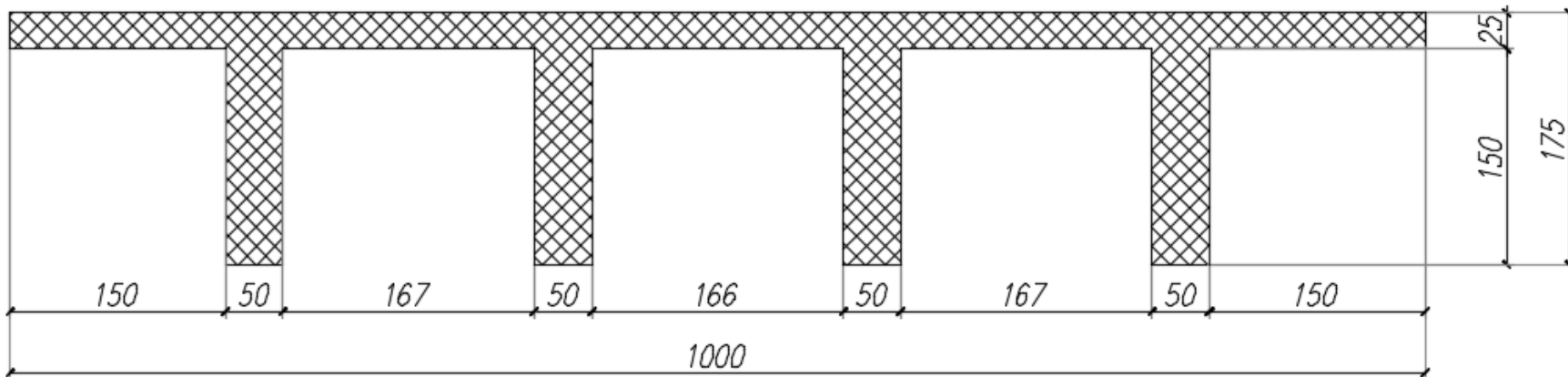
Утицајна линија за максималну
трансверзалну силу:



Пример 3а – Друмски ребрасти мост

Одредити линијску шему саобраћајног оптерећења на ребрастом друмском мосту статичког система прости греде распона 15 m чији је попречни пресек приказан на скици испод. Ширина моста је 10.0 m а дужина конзолних делова плоче 1.5 m. Као ширину коловоза усвојити укупну ширину моста од 10 m.

Усвојити шему саобраћајног оптерећења према правилнику за шему **V600** (*Правилник о нормативима за одређивање величина оптерећења мостова*).



Урадити за домаћи

