

ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

ZAŤAŽENIA MOSTOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Prednášajúci: Ing. Richard Hlinka, PhD.

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Vzdelávanie pre projekt „Podpora kvality vzdelávania a výskumu pre oblasť dopravy ako motora ekonomiky“ (ITMS: 26110230076), ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho sociálneho fondu.



Moderné vzdelávanie pre vedomostnú spoločnosť/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

ZAŤAŽENIA MOSTOV POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÍ

Stále zat'azenia (STN EN 1991-1-1):

- vlastná tiaž nosnej konštrukcie
- tiaž konštrukčných vrstiev vozovky, izolácie, ...
- vlastná tiaž vybavenia mosta (zvodidlá, zábradlie, protihlukové steny,...)

Premenné zat'azenia:

- vietor (STN EN 1991-1-4)
- zat'azenie dopravou (STN EN 1991-2, kapitola 4)
- zat'azenia účinkami teploty (STN EN 1991-1-5)
- zat'azenia počas výstavby (STN EN 1991-1-6)
- zat'azenie snehom (STN EN 1991-1-3)
- mimoriadne zat'azenia - nárazy vozidiel a plavidiel (STN EN 1991-1-7)

ZAŤAŽENIA MOSTOV VETROM



- Vietor na konštrukciu
- Vietor na zaťaženie dopravou

ZAŽAŽENIA MOSTOV VETROM

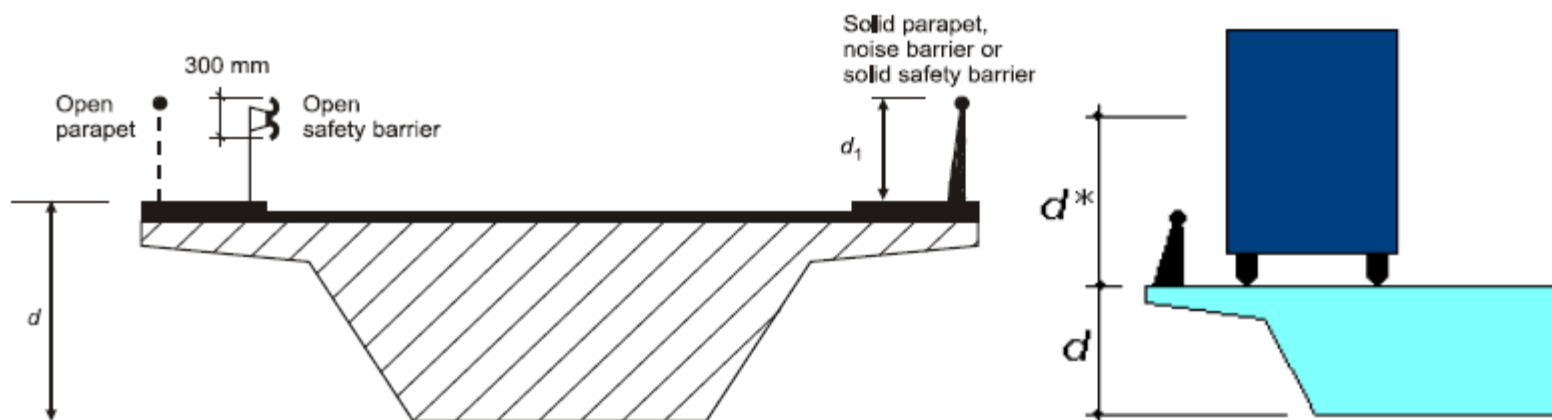
$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$$

špičkový tlak vetra

tvarový súčiniteľ

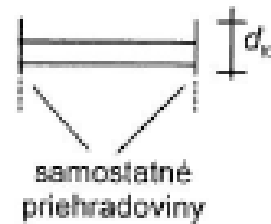
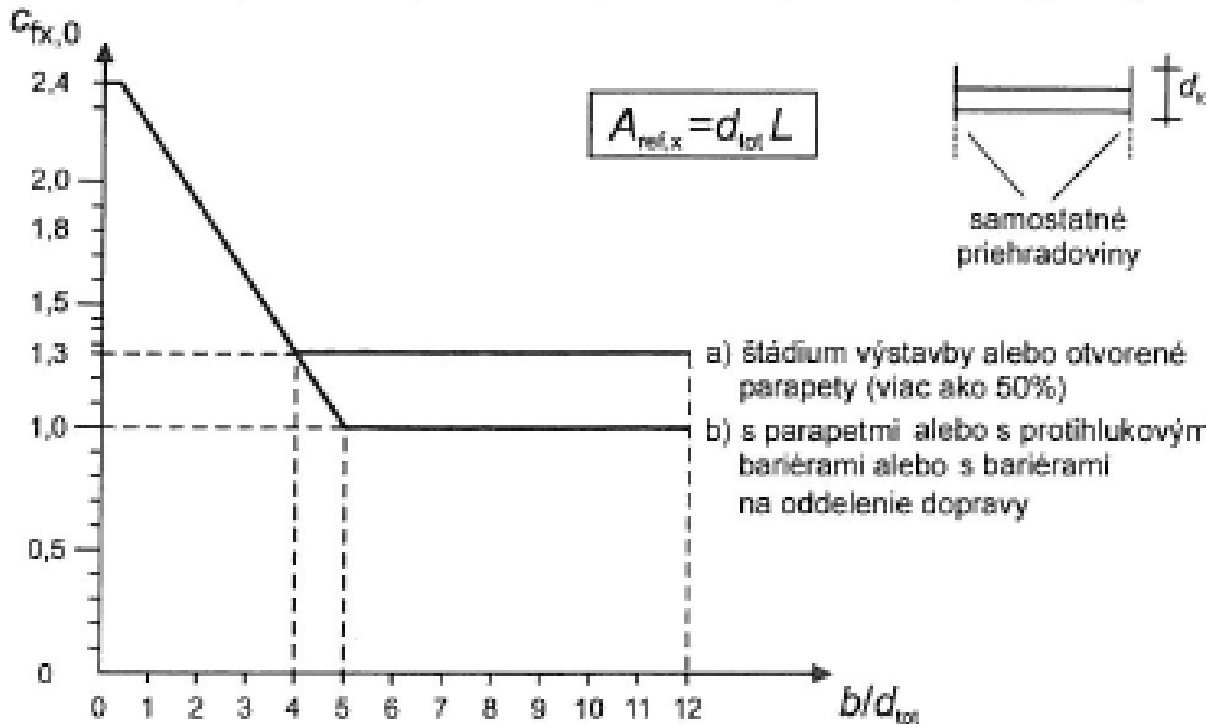
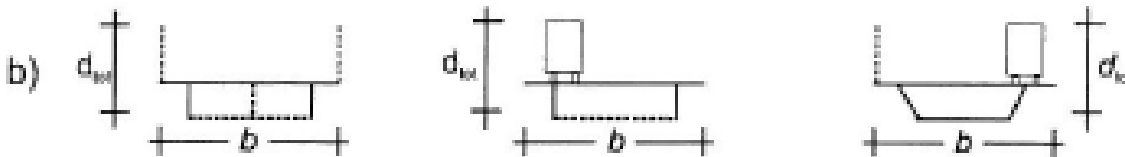
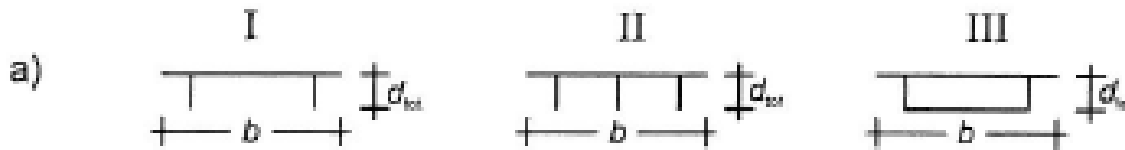
referenčná plocha

$$C = c_e \cdot c_{f,x}$$



ZAŤAŽENIA MOSTOV VETROM

druh mosta

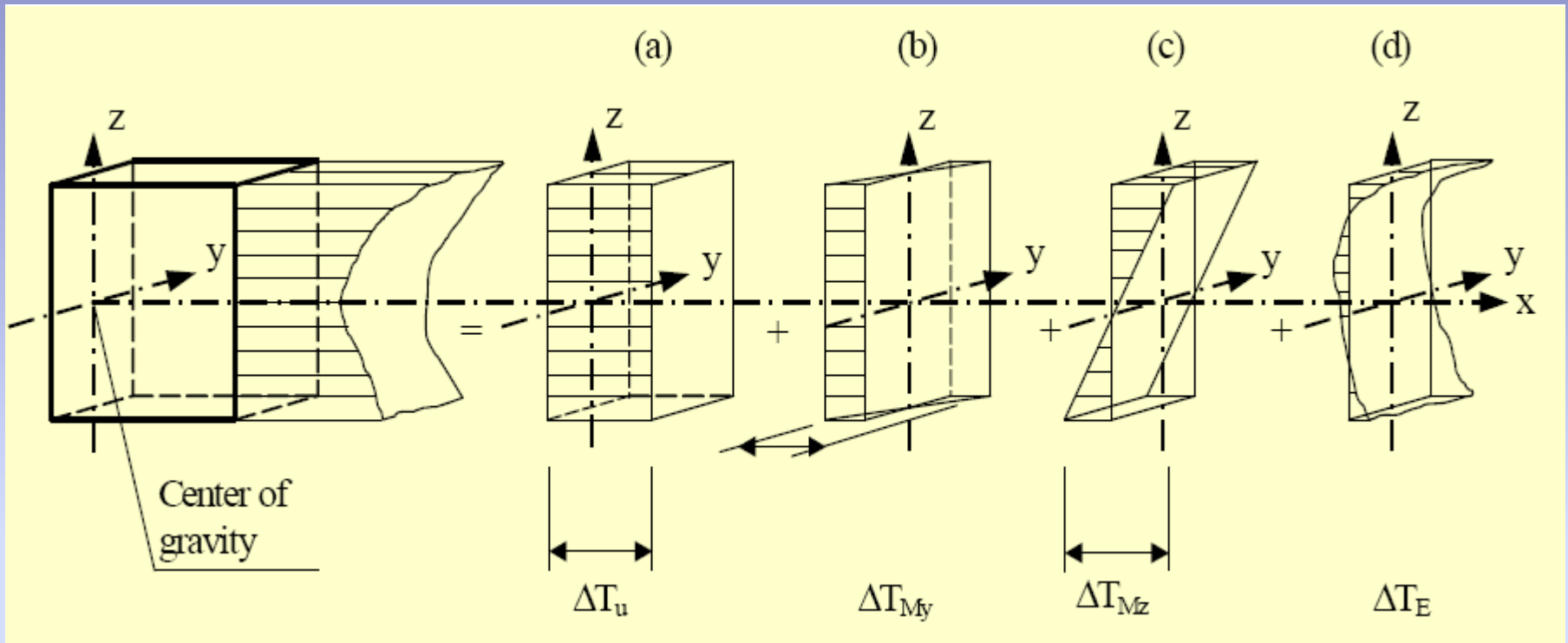


výška d_{TOT} :

a, nezaťažený most
 b, zaťažený most

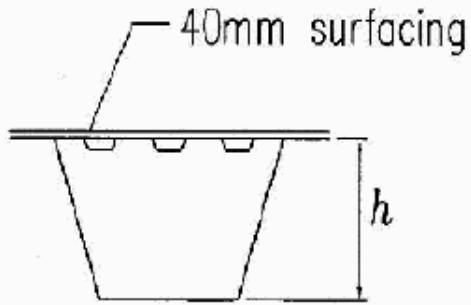
výška dopravného pásu = 2,0 m

ZAŤAŽENIA MOSTOV ÚČINKAMI TEPLoty

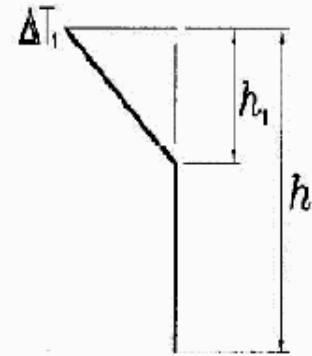
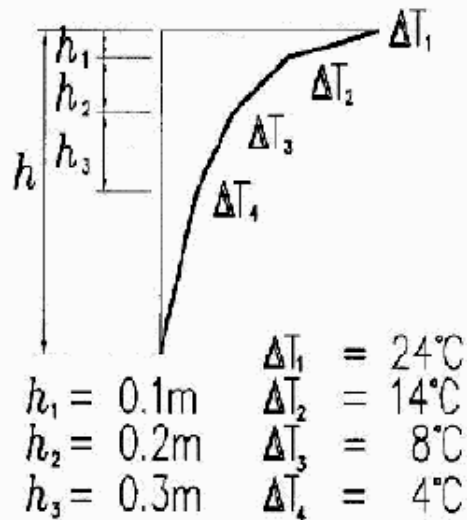


- zložka rovnomernej teploty
- zložka lineárne meniaceho sa teplotného spádu okolo osi z-z
- zložka lineárne meniaceho sa teplotného spádu okolo osi y-y
- nelineárna zložka teplotného spádu

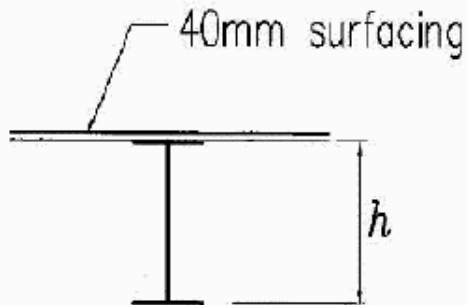
ZAŽAŽENIA MOSTOV ÚČINKAMI TEPLoty



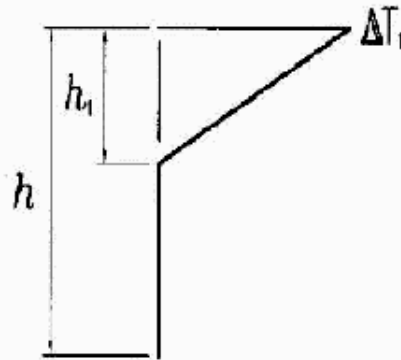
1a. Steel deck on steel box girders



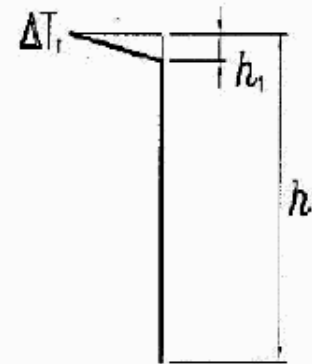
$\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0.5\text{m}$



1b. Steel deck on steel truss or plate girders



$h_1 = 0.5\text{m}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$



$\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0.1\text{m}$

ZAŤAŽENIA MOSTOV POČAS VÝSTAVBY



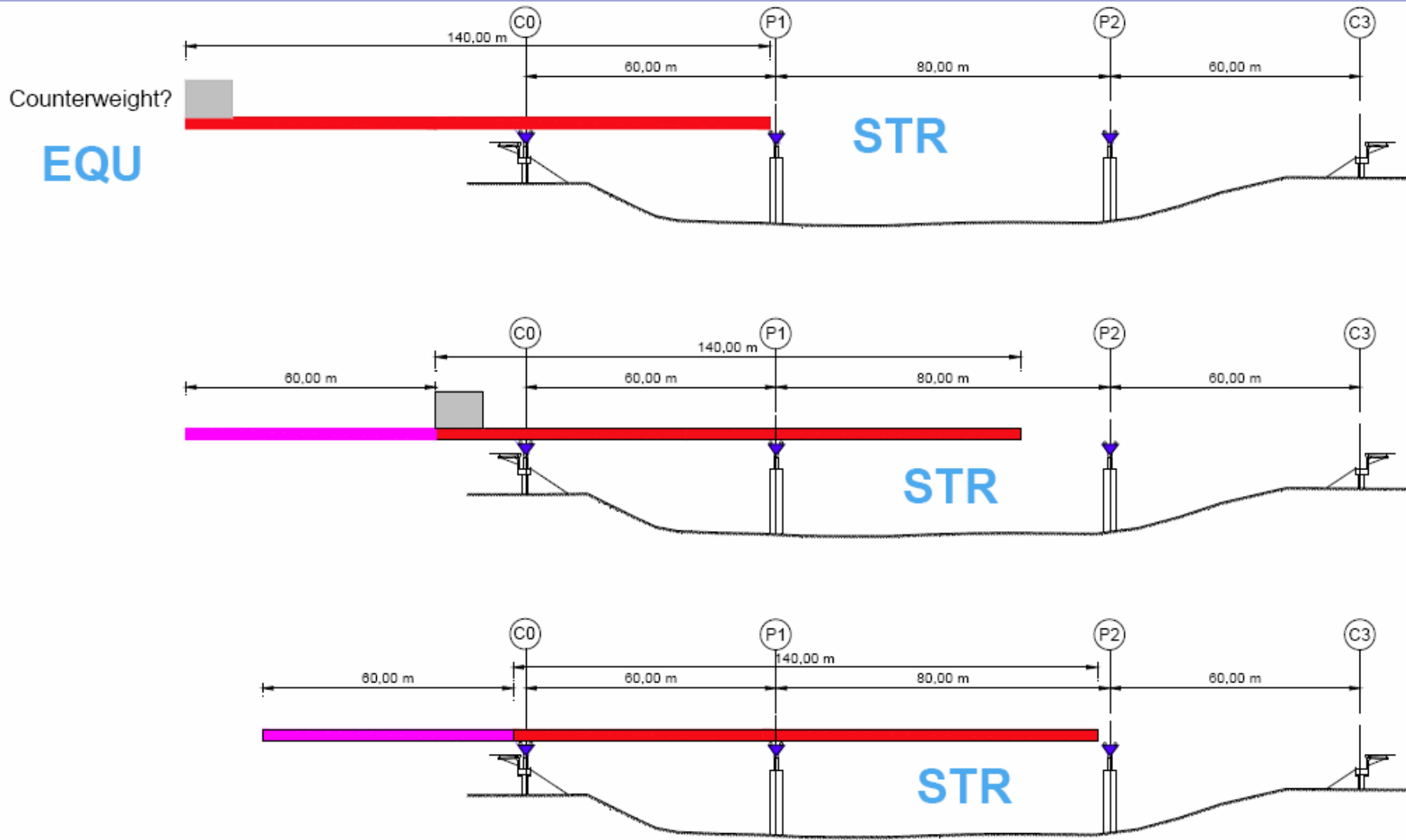
ZAŤAŽENIA MOSTOV POČAS VÝSTAVBY



ZAŤAŽENIA MOSTOV POČAS VÝSTAVBY



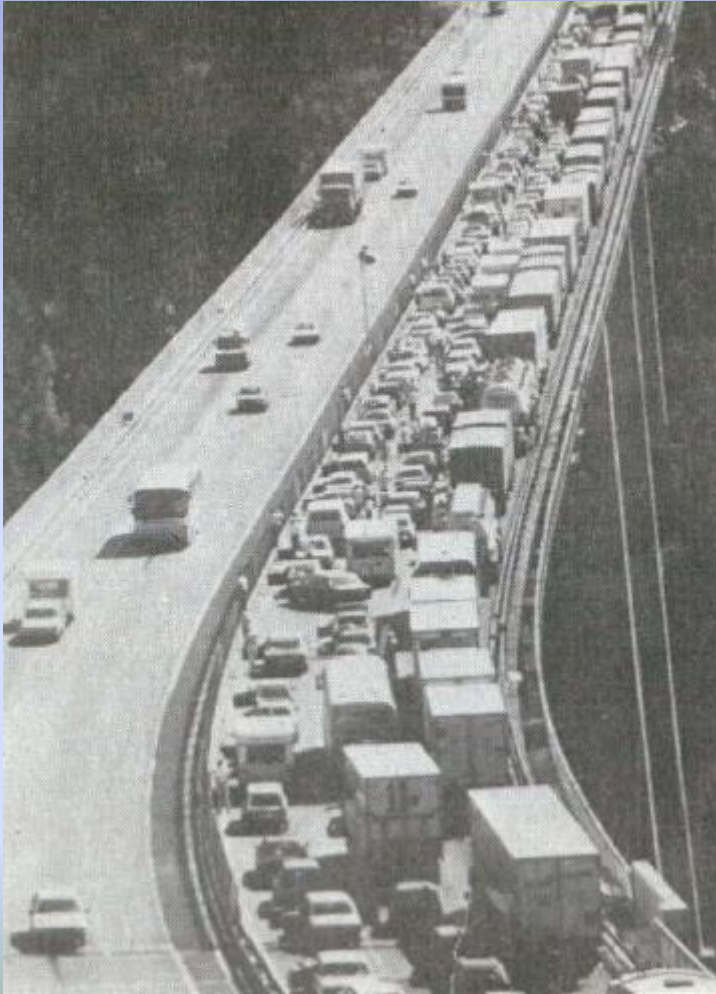
ZAŤAŽENIA MOSTOV POČAS VÝSTAVBY



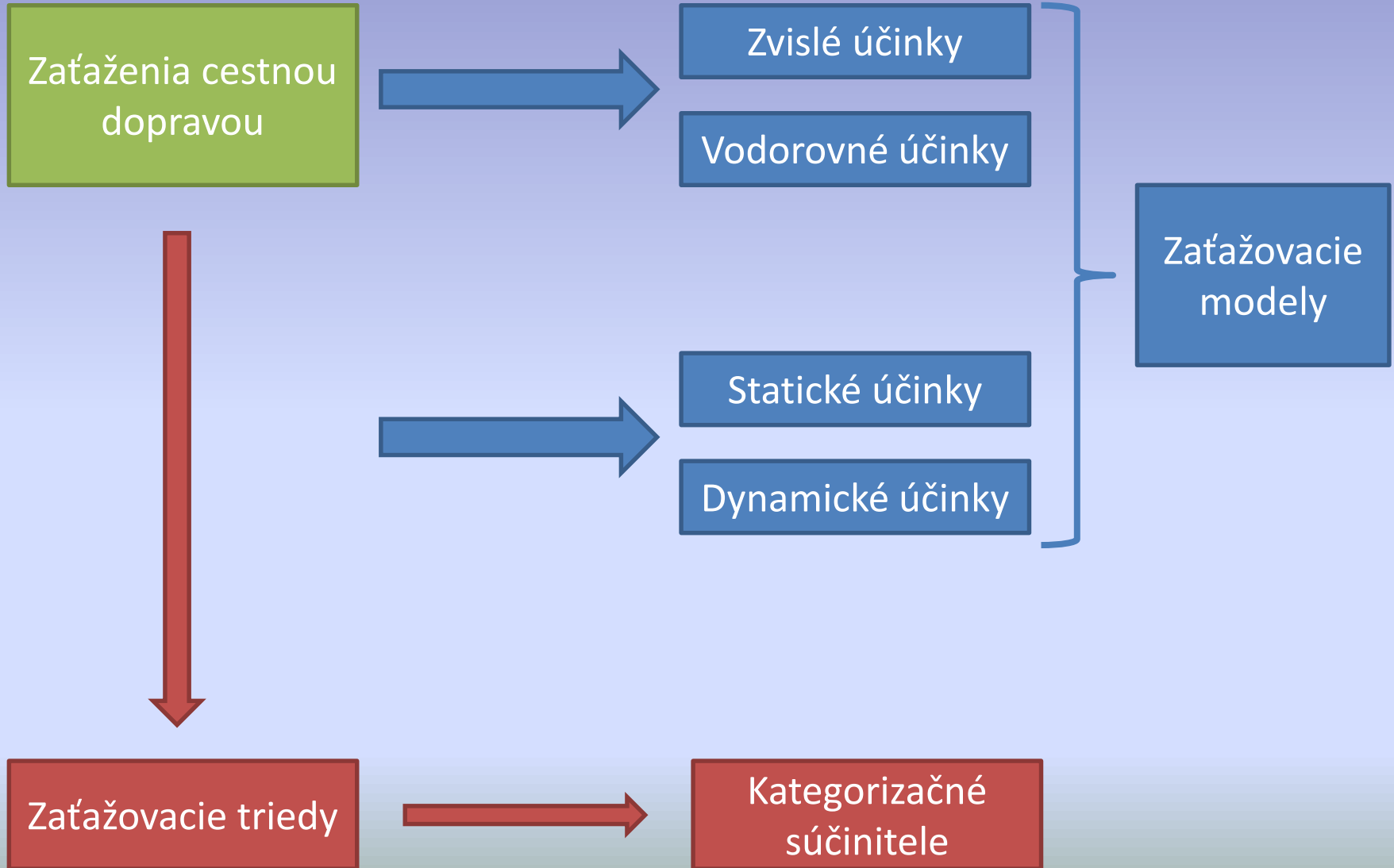
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

STN EN 1991-2 + NA:

- zaťažovacia dĺžka max 200 m,
- zaťažovacie modely LM1, LM2, LM3 a LM4
- kategorizačné súčinitele

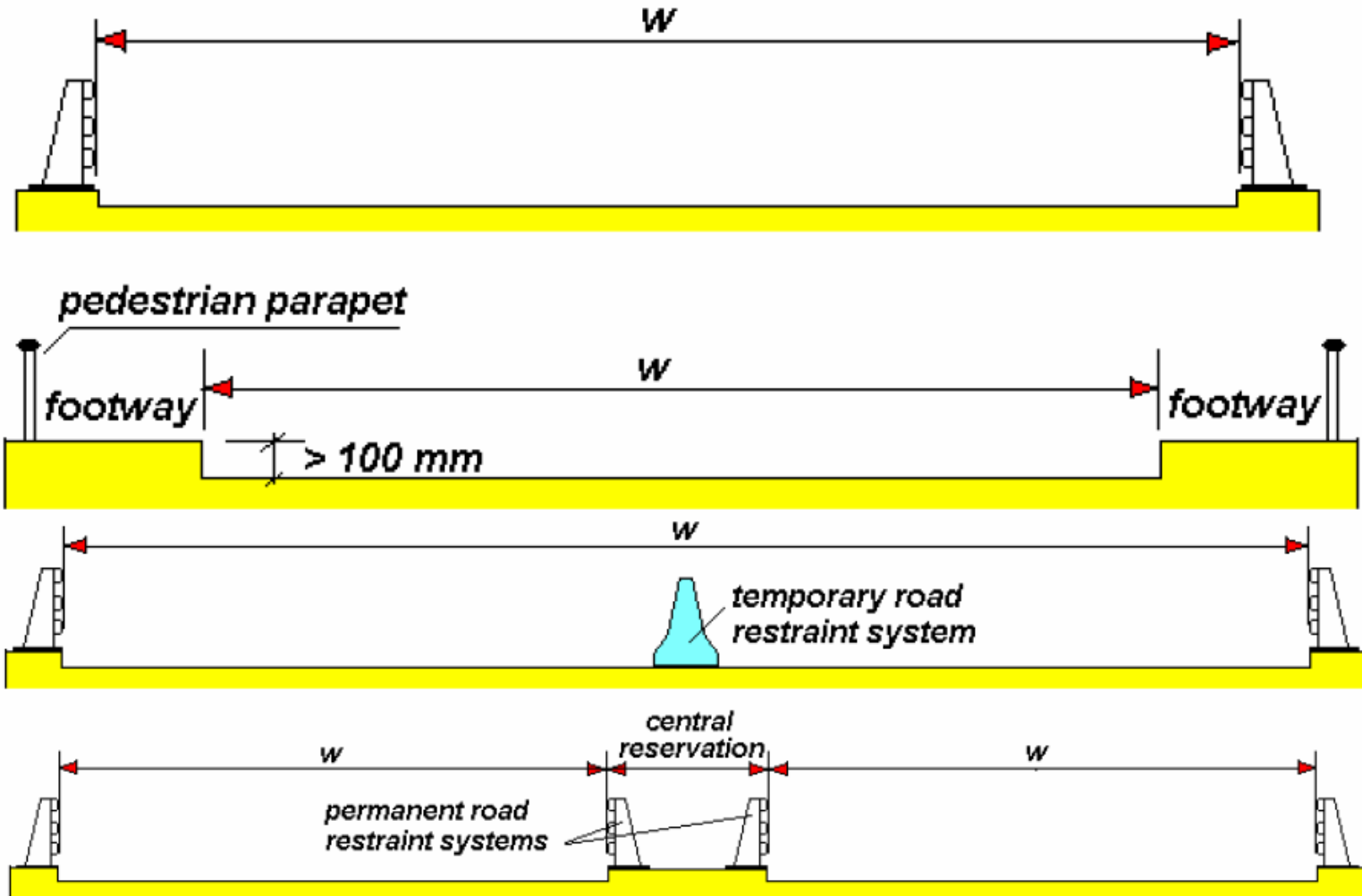


ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU



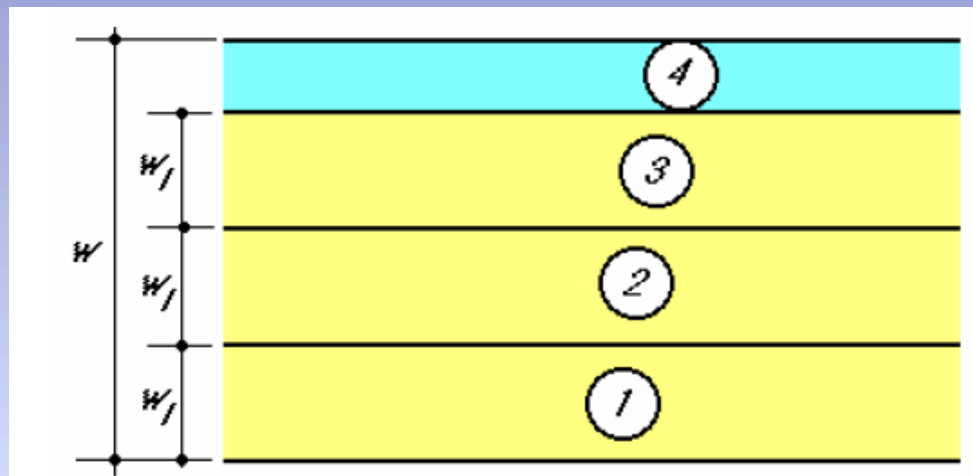
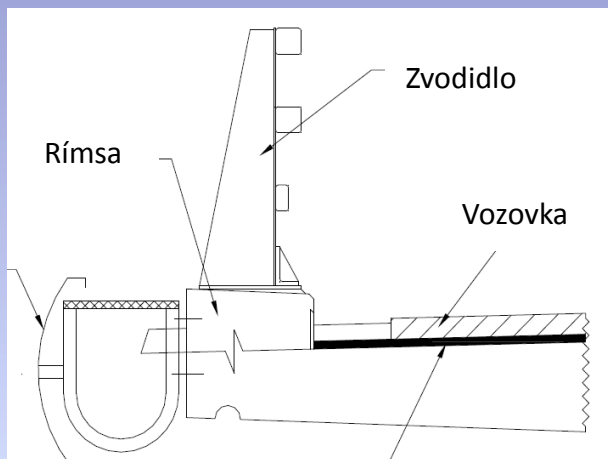
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Šírka vozovky „w“



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy



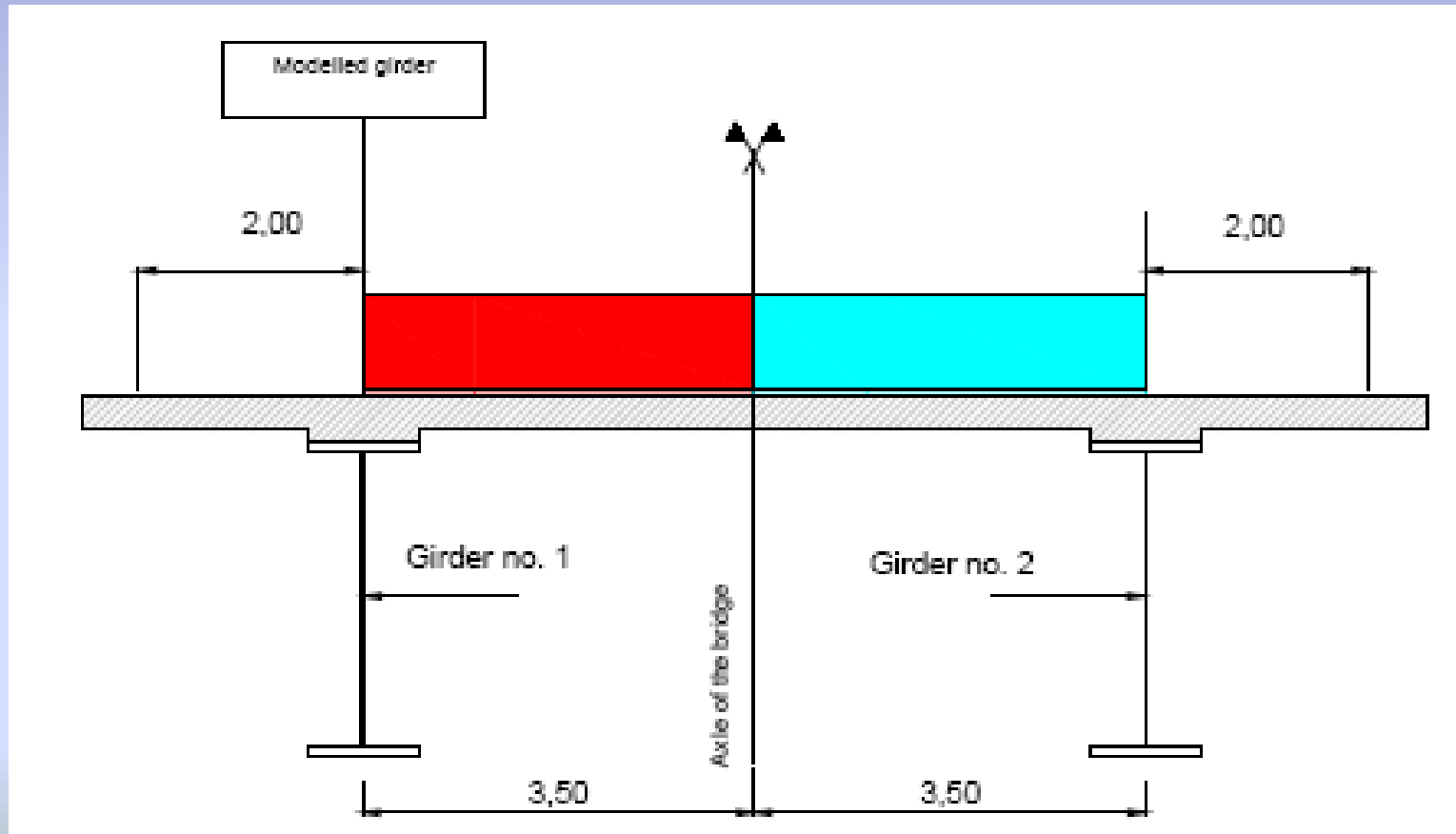
| Šírka vozovky w | Počet návrhových zaťažovacích pruhov | Šírka návrhových zaťažovacích pruhov w_l | Šírka zvyšnej plochy |
|--------------------------------------|--|--|----------------------|
| $w < 5,4 \text{ m}$ | $n_l = 1$ | 3 m | $w - 3 \text{ m}$ |
| $5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$ | $n_l = 2$ | $\frac{w}{2}$ | 0 |
| $6 \text{ m} \leq w$ | $n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$ | 3 m | $w - 3 \times n_l$ |

POZNAMKA – Napr. pre vozovku so šírkou 11m, $n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$, a šírka zvyšnej plochy je $11 - 3 \times 3 = 2 \text{ m}$

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy

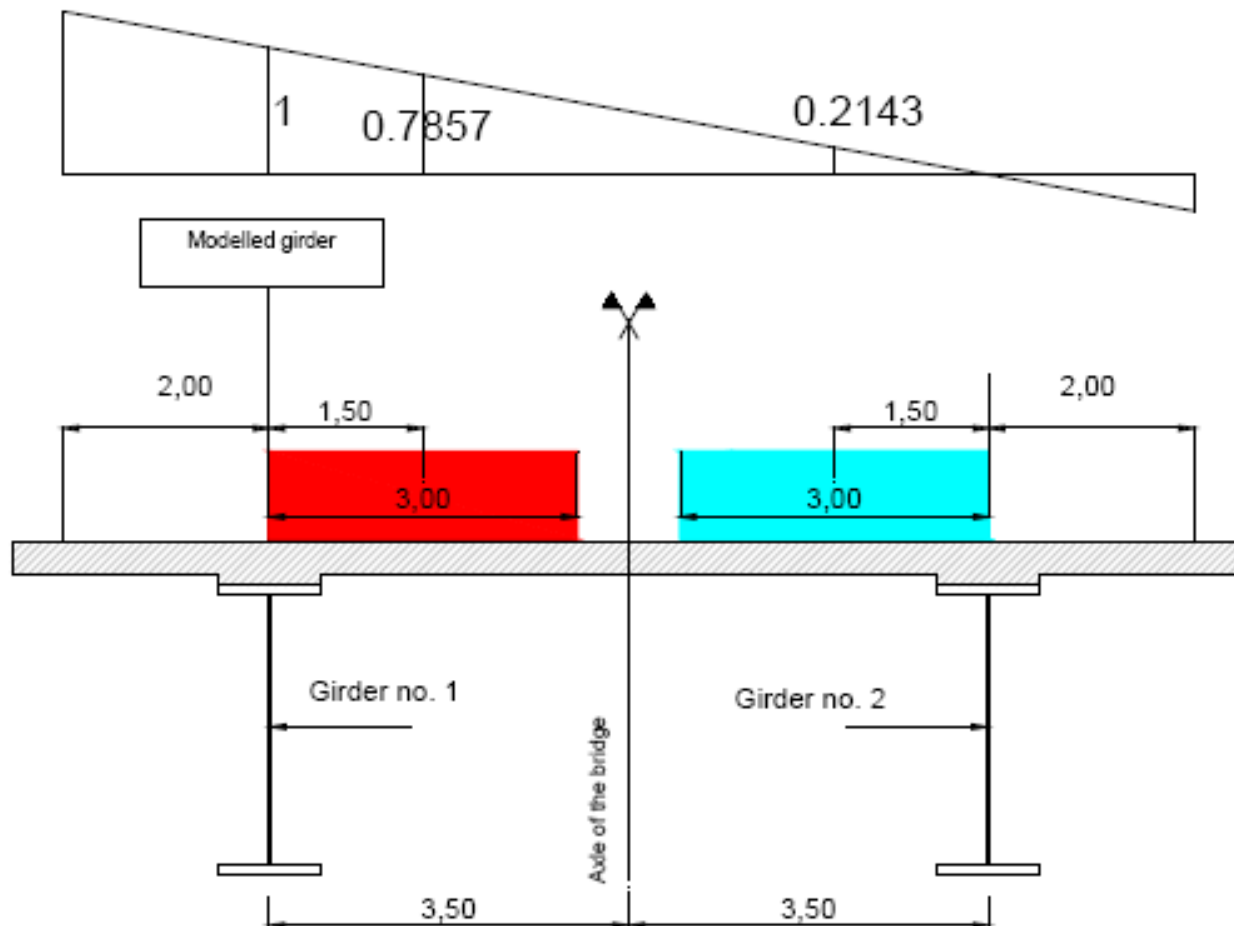
Delenie na dopravné pruhy - skutočnosť



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy

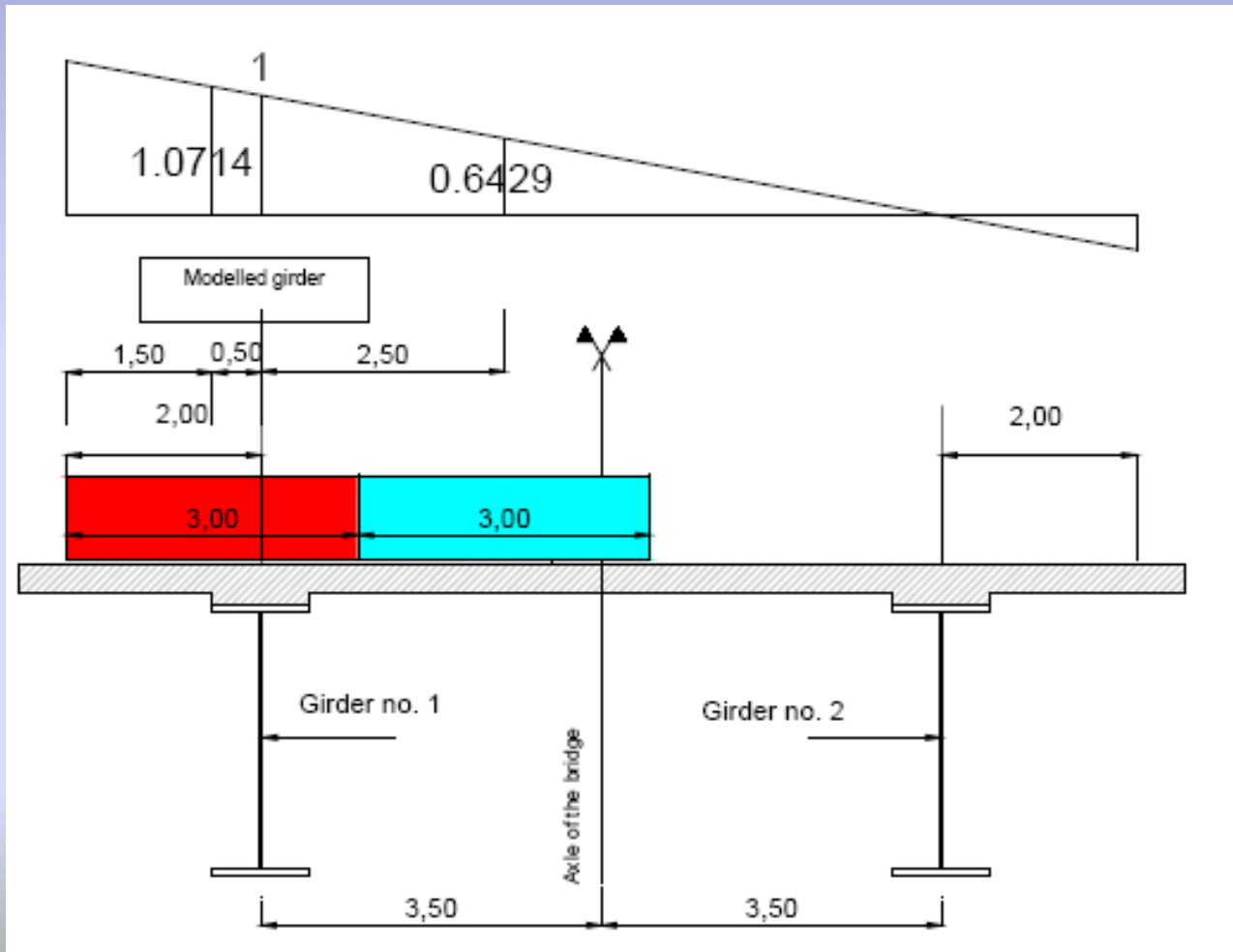
Delenie podľa normy – prípad 1 - realistické



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy

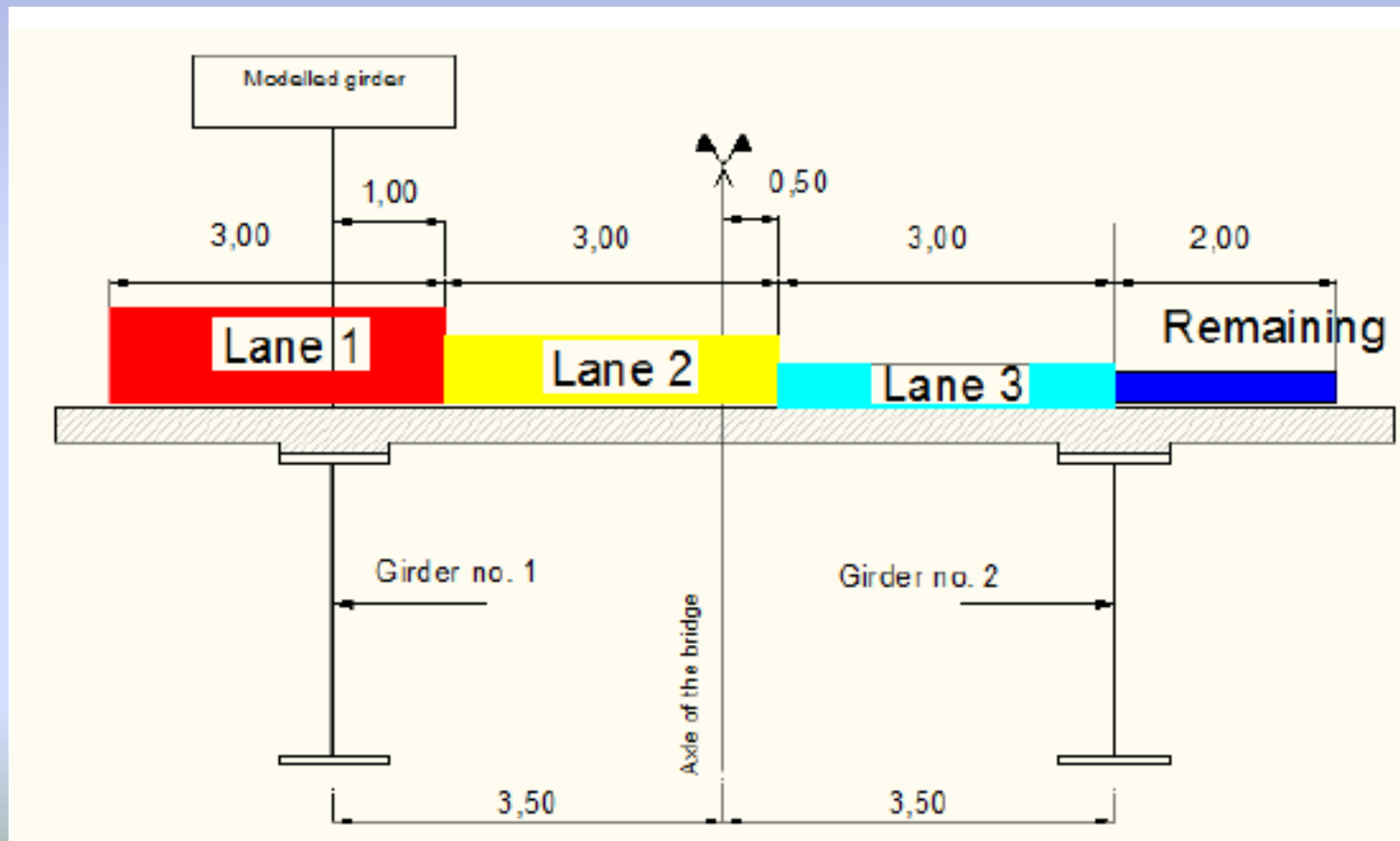
Delenie podľa normy – prípad 2 – väčšie namáhanie nosníka č. 1



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy

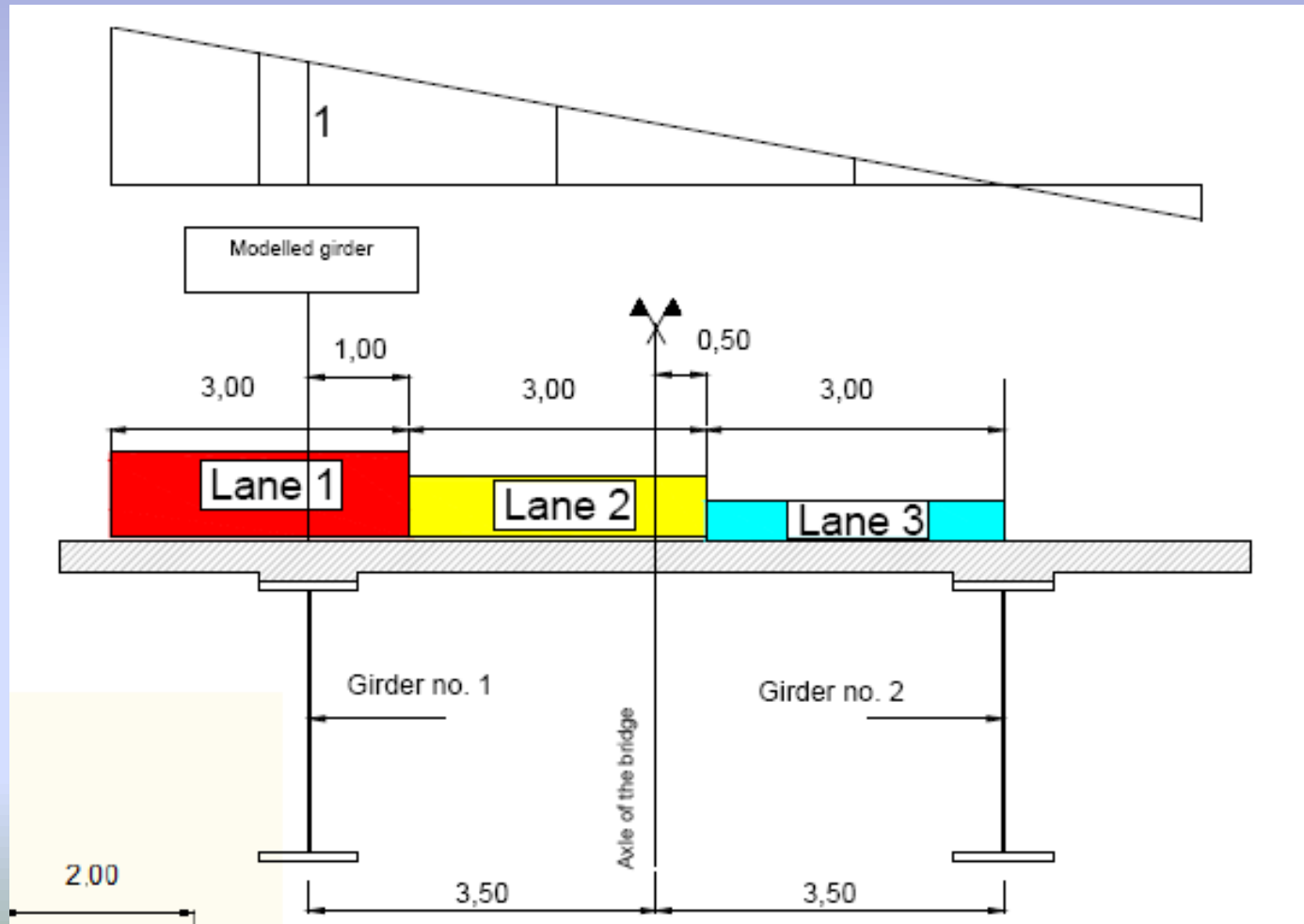
Delenie podľa normy – prípad 3 – rozdelenie celej šírky vozovky



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Delenie vozovky na návrhové zaťažovacie pruhy

Delenie podľa normy – prípad 4 – väčšie namáhanie nosníka č. 1



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Zaťažovacie modely

LM 1



Sústredené a rovnomerné spojité zaťaženia vyjadrujú väčšinu účinkov prevádzky nákladných a osobných vozidiel

Celkové a lokálne overenie konštrukcie

LM 2



Jednonápravové vozidlo

Overenie krátkych konštrukčných prvkov

LM 3



Súbor zoskupení nápravových zaťažení, ktoré reprezentujú ťažkú nákladnú dopravu na moste

Celkové a lokálne overenie konštrukcie

LM 4



Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí

Len celkové overenie konštrukcie

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 1

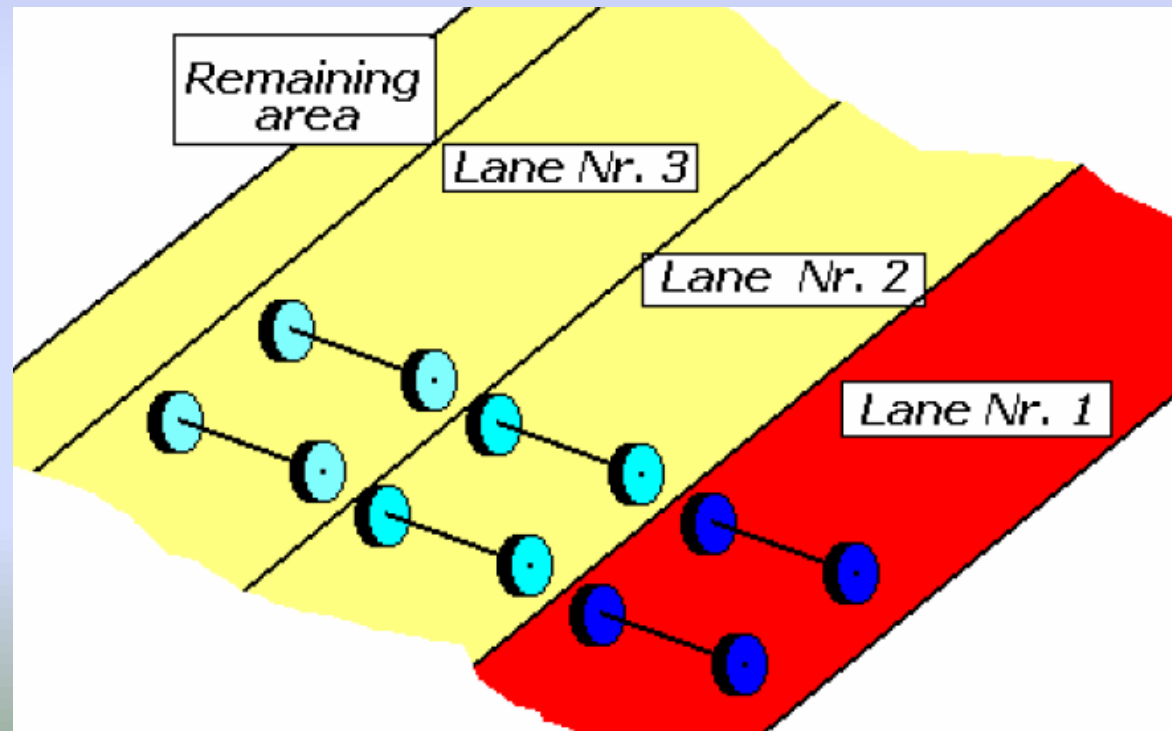
LM 1

Tandemový systém - TS

Sústredené zaťaženie od dvojnápravového vozidla

Rovnomerné spojité zaťaženie - UDL

Rovnomerné spojité zaťaženie v rámci jedného pruhu



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 1

TS

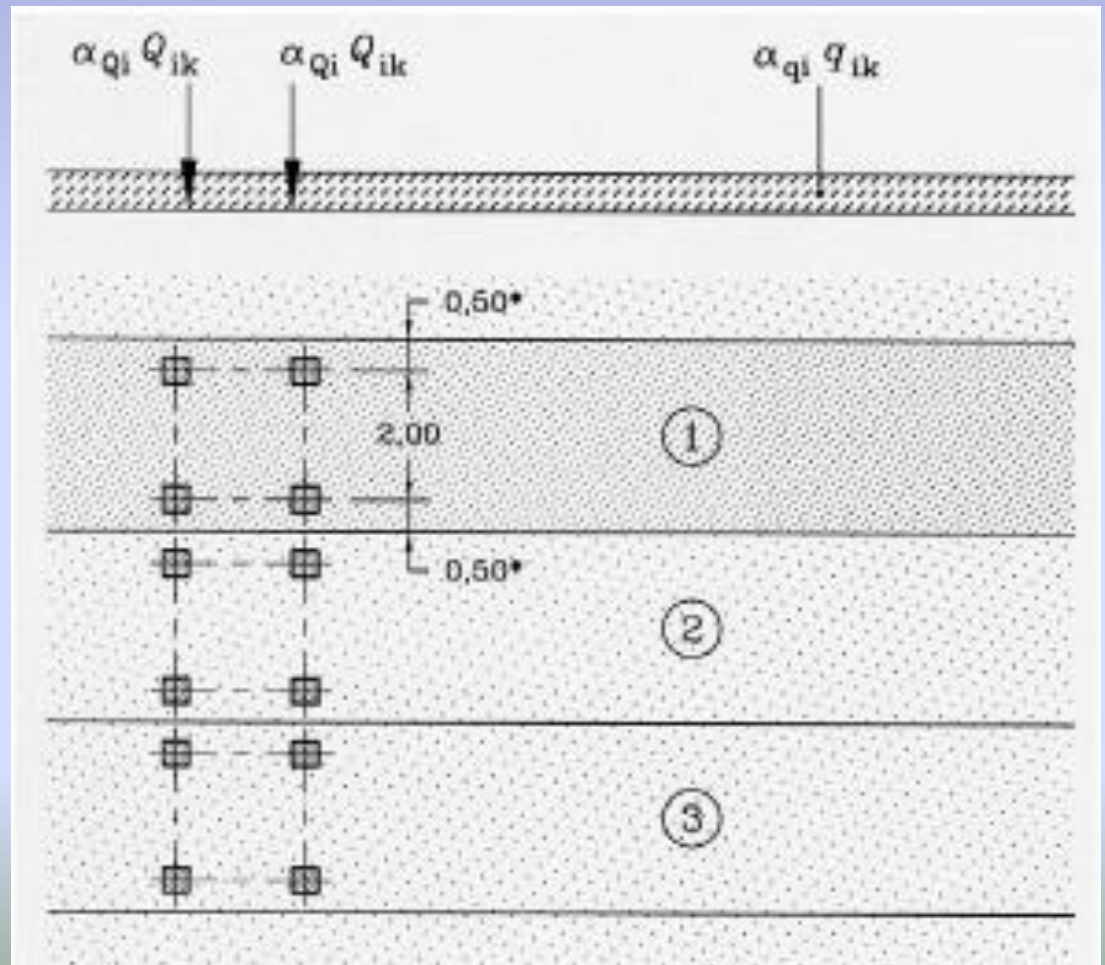


$$\alpha_Q Q_k$$

UDL



$$\alpha_q q_k$$



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

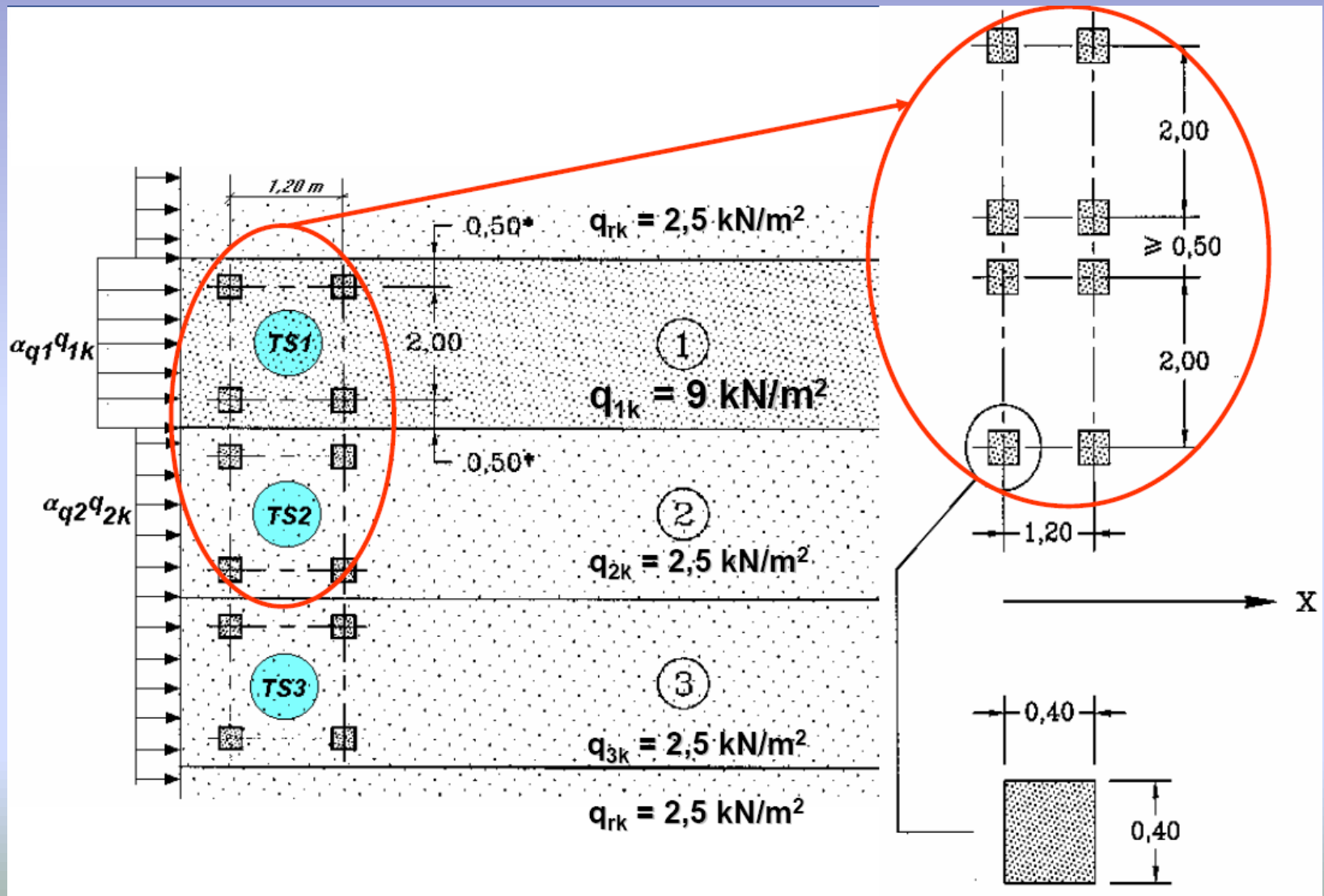
LM 1

| Poloha | Tandemový systém (TS) Dvojnápravové vozidlo | UDL systém |
|---|--|--|
| | Nápravové zaťaženie Q_{1k} (kN) | q_{1k} (alebo q_{ik}) (kN/m ²) |
| Zaťažovací pruh 1 (Q_1) | 300 | 9 |
| Zaťažovací pruh 2 (Q_2) | 200 | 2,5 |
| Zaťažovací pruh 3 (Q_3) | 100 | 2,5 |
| Iné zaťažovacie pruhy | 0 | 2,5 |
| Zvyšná plocha zaťažovacieho priestoru (q_{rk}) | 0 | 2,5 |

| Kategória cesty | α_{Q1} | α_{Q2} | α_{Q3} | α_{q1} | $\alpha_{q_i} \ i \geq 2$ | α_{qr} |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|
| Diaľnice a rýchlostné cesty | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| Cesty I., II. a III. triedy | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| Miestne obslužné a účelové komunikácie | 0,90 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 1,00 | 1,00 |

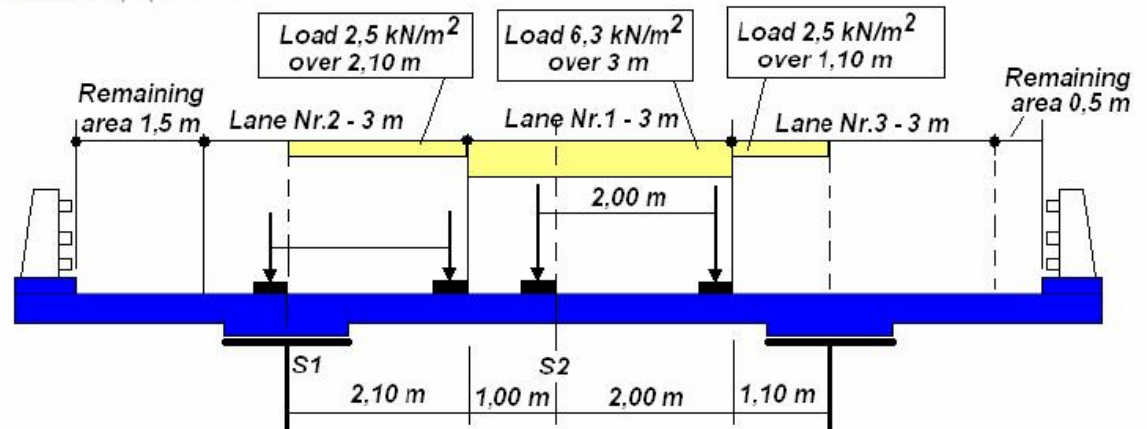
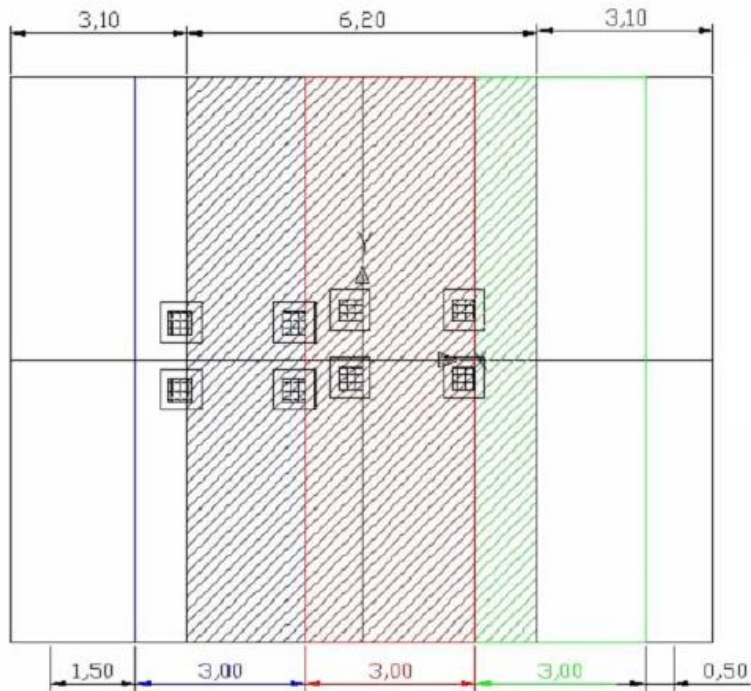
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 1



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 1 - príklad



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

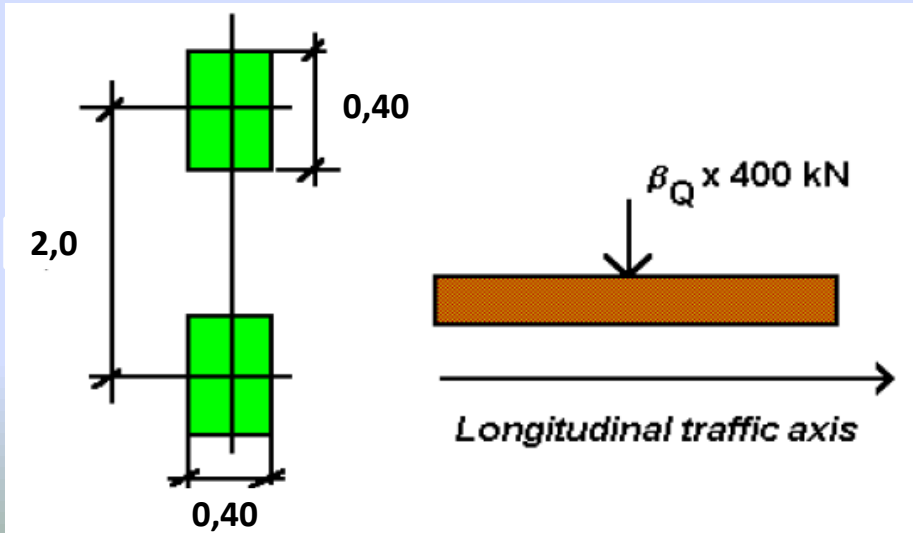
LM 2

LM 2

Jednonápravové zaťaženie s hodnotou 400 kN

Tiaž na jedno koleso 200 kN

$$\beta_Q Q_{ak}$$



$$\beta_Q = 1,00$$

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

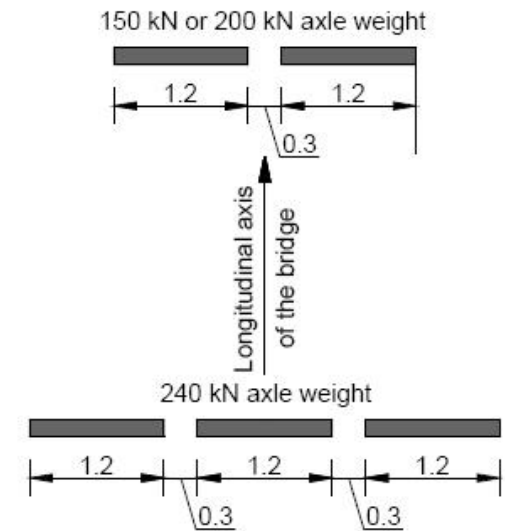
LM 3

LM 3



Zvláštne vozidlá

Na vybraných trasách



Axle lines and wheel contact areas for special vehicles

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

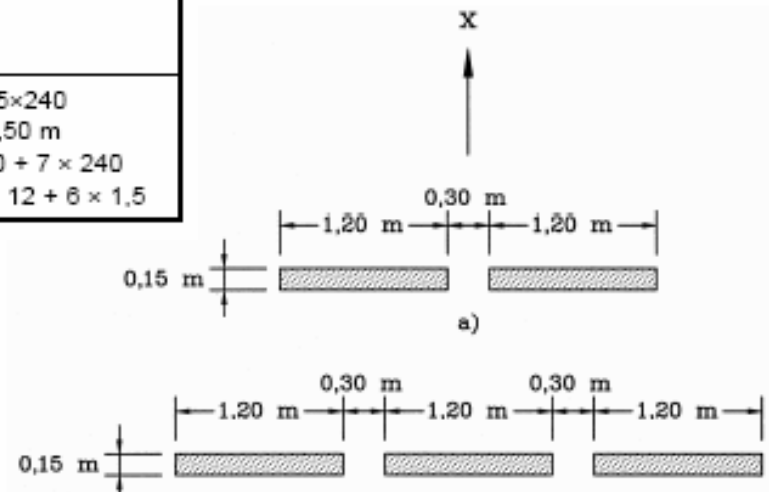
LM 3 – triedy zvláštnych vozidiel

| Celková tiaž | Zloženie | Poznámka |
|--------------|--|--------------------------------------|
| 600 kN | 4 nápravy po 150 kN | 600/150 |
| 900 kN | 6 náprav po 150 kN | 900/150 |
| 1200 kN | 8 náprav po 150 kN alebo 6 náprav po 200 kN | 1200/150 1200/200 |
| 1500 kN | 10 náprav po 150 kN alebo 7 náprav po 200 kN + 1 náprava po 100 kN | 1500/150 1500/200 |
| 1800 kN | 12 náprav po 150 kN alebo 9 náprav po 200 kN | 1800/150 1800/200 |
| 2400 kN | 12 náprav po 200 kN alebo 10 náprav po 240 kN alebo 6 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12m) + 6 náprav po 200 kN | 2400/200 2400/240 2400/200/200 |
| 3000 kN | 15 náprav po 200 kN alebo 12 náprav po 240 kN + 1 náprava po 120 kN alebo 8 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12 m) + 7 náprav po 200 kN | 3000/200 3000/240 3000/200/200 |
| 3600 kN | 18 náprav po 200 kN alebo 15 náprav po 240 kN alebo 9 náprav po 200 kN (vzdialenosť 12 m) + 9 náprav po 200 kN | 3600/200 3600/240 3600/200/200 |

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 3 – popis zvláštnych vozidiel

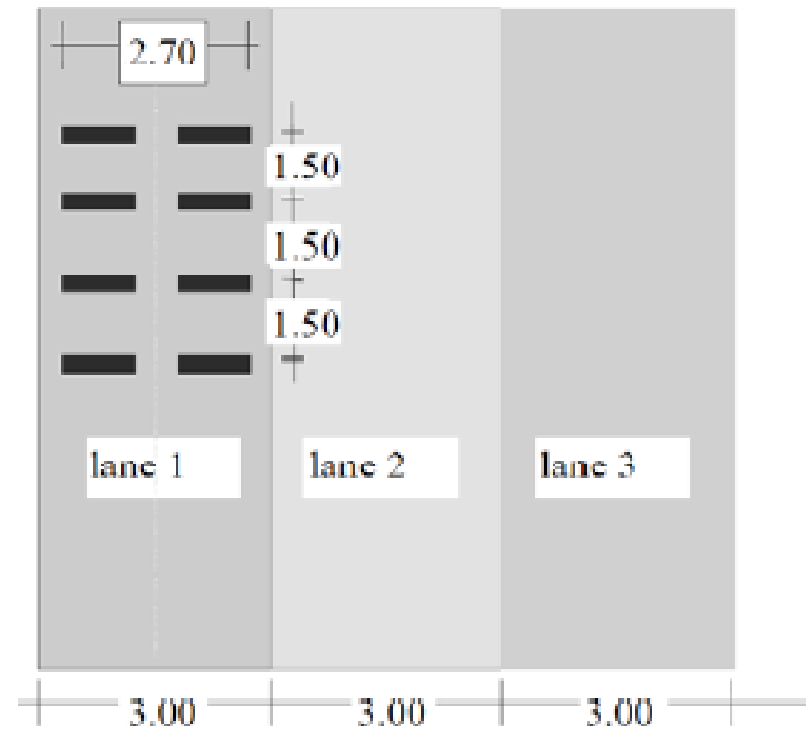
| | Nápravy po 150 kN | Nápravy po 200 kN | Nápravy po 240 kN |
|---------|---|--|--|
| 600 kN | $n = 4 \times 150$ $e = 1,50 \text{ m}$ | | |
| 900 kN | $n = 6 \times 150$ $e = 1,50 \text{ m}$ | | |
| 1200 kN | $n = 8 \times 150$ $e = 1,50 \text{ m}$ | $n = 6 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ | |
| 1500 kN | $n = 10 \times 150$ $e = 1,50 \text{ m}$ | $n = 1 \times 100 + 7 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ | |
| 1800 kN | $n = 12 \times 150$ $e = 1,50 \text{ m}$ | $n = 9 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ | |
| 2400 kN | | $n = 12 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ $n = 6 \times 200 + 6 \times 200$ $e = 5 \times 1,5 + 12 + 5 \times 1,5$ | $N = 10 \times 240$ $e = 1,50 \text{ m}$ |
| 3000 kN | | $n = 15 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ $n = 8 \times 200 + 7 \times 200$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$ | $N = 1 \times 120 + 12 \times 240$ $e = 1,50 \text{ m}$ |
| 3600 kN | | $n = 18 \times 200$ $e = 1,50 \text{ m}$ | $N = 15 \times 240$ $e = 1,50 \text{ m}$ $n = 8 \times 240 + 7 \times 240$ $e = 7 \times 1,5 + 12 + 6 \times 1,5$ |



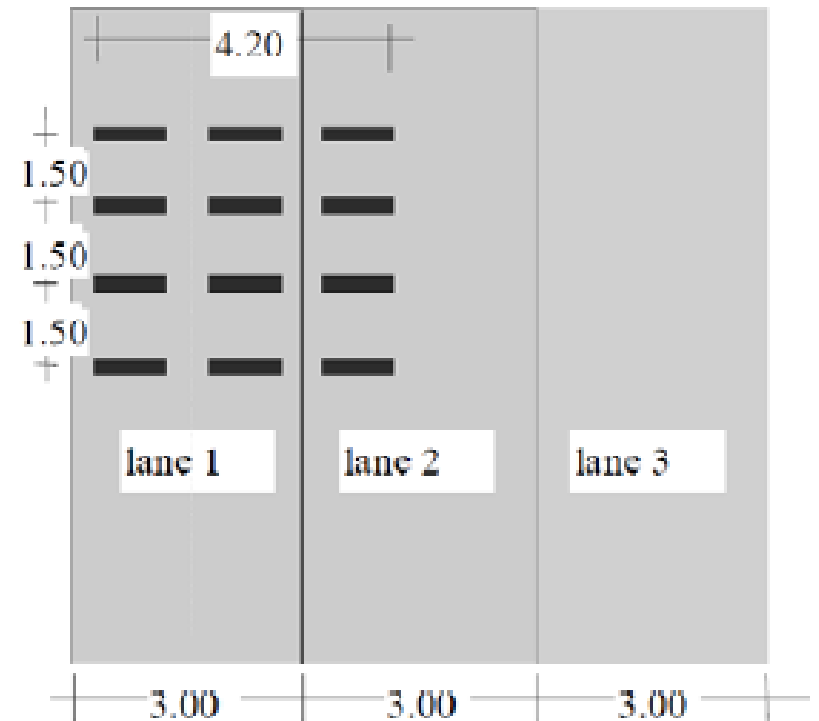
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 3 – umiestnenie zvláštnych vozidiel na moste

nápravové sily 150 kN (200 kN)



nápravové sily 240 kN



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

LM 4

LM 3



Zaťaženie vyvolané pohybom davu ľudí

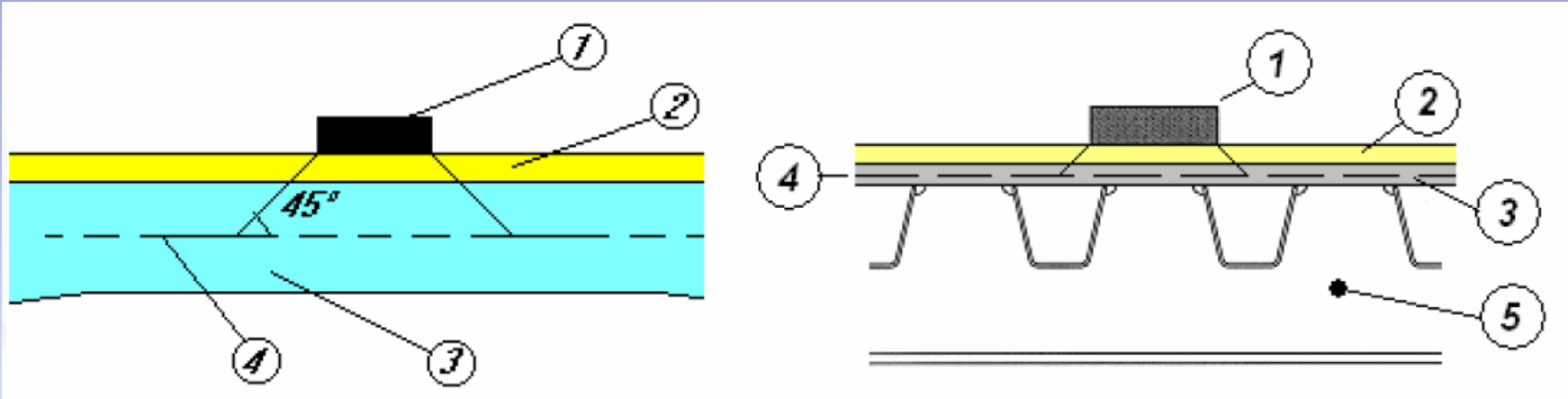
Len v dočasnej návrhovej situácii. Používa sa na overenie konštrukcie.

$$q_k = 5,00 \text{ kNm}^{-2}$$



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Roznos sústredených zaťažení



- 1 - kontaktný tlak kolesa
- 2 - vozovka
- 3 - mostovka
- 4 - strednicová rovina
- 5 - hlavný nosný systém

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Vodorovné sily



Brzdové a rozjazdové sily

Pôsobia na povrchu vozovky v pozdĺžnom smere mosta

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2Q_{1k}) + 0,10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L$$

$$180 \cdot \alpha_{Q1} [kN] \leq Q_{lk} \leq 900 [kN]$$



Odstredivé sily

Pôsobia na povrchu vozovky v priečnom smere mosta

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| $Q_{tk} = 0,2Q_v$ (kN) | ak $r < 200$ m |
| $Q_{tk} = 40Q_v/r$ (kN) | ak $200 \leq r \leq 1500$ m |
| $Q_{tk} = 0$ | ak $r > 1500$ m |

$$Q_v = \sum_i \alpha_{Qi} (2Q_{ik})$$

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Skupiny zaťažení a kombinácie

Zaťažovacie modely

Zvislé zaťaženie: LM1, LM2, LM3, LM4

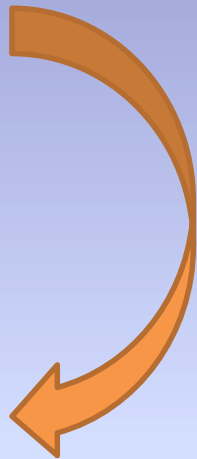
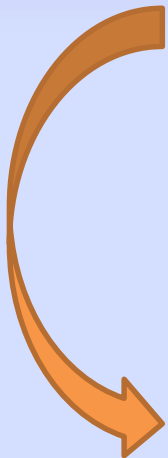
Vodorovné zaťaženie: brzdné, rozjazdové a odstredivé sily

Skupiny zaťažení

gr1a, gr1b, gr2, gr3, gr4

charakteristické, časté a kvázistále hodnoty

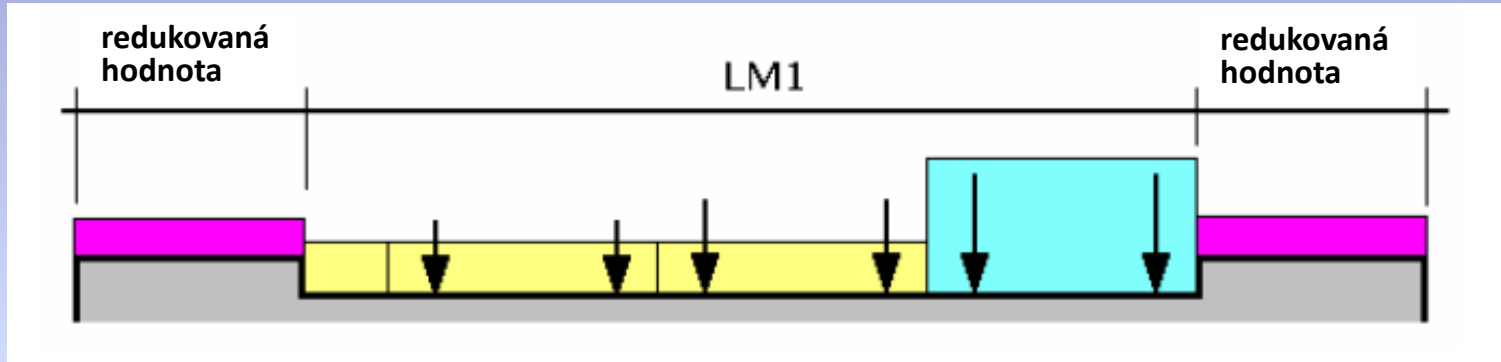
Kombinácie s inými zaťažzeniami



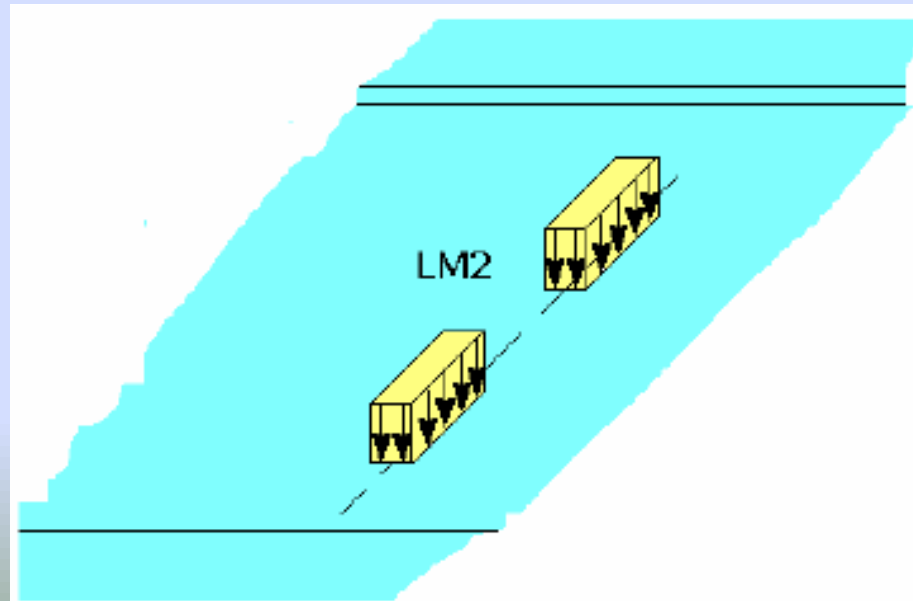
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Skupiny zaťaženia

skupina gr1a



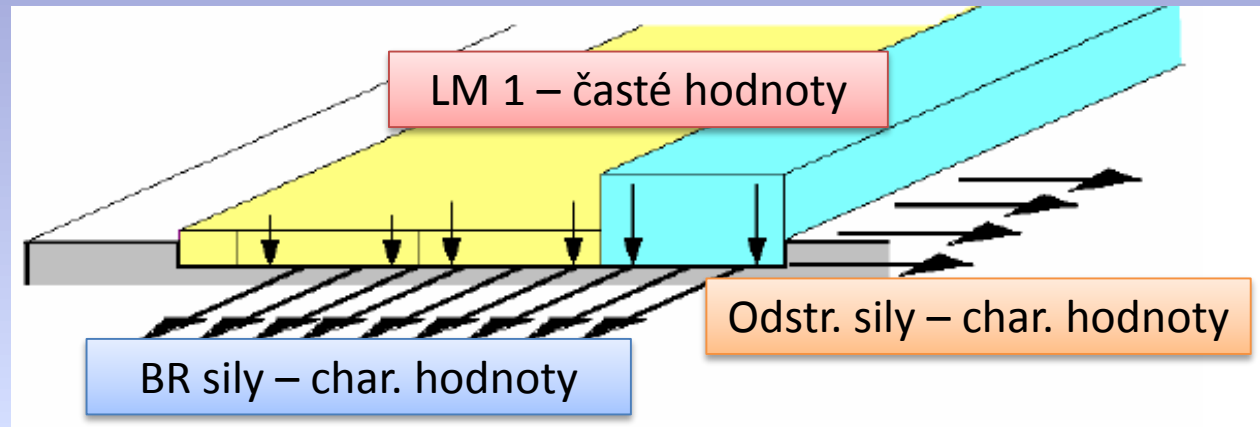
skupina gr1b



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Skupiny zaťaženia

skupina gr2



skupina gr3

charakteristická
hodnota



charakteristická
hodnota



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Skupiny zaťažení

skupina gr4



skupina gr5



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Skupiny zaťaženia

| | | VOZOVKA | | | | | Chodníky pre chodcov a cyklistov | |
|---|--------------------|---|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| Typ zaťaženia | | Zvislé sily | | | Vodorovné sily | | Výlučne zvislé zaťaženie | |
| Číslo článku | | 4.3.2 | 4.3.3 | 4.3.4 | 4.3.5 | 4.4.1 | 4.4.2 | 5.3.2-(1) |
| Zaťažovací systém | | Hlavný zaťaž. systém | LM2 Jednonápravové vozidlá | LM3 Zvláštne vozidlá | LM4 Zaťaženie davom ľudí | Brzdné a rozjazdové sily | Odstredivé a bočné sily | Rovnomerné spojité zaťaženie |
| Zaťažovacie skupiny | sk1a | Charakter. hodnoty | | | | (a) | (a) | Kombinovaná hodnota ^(b) |
| | sk1b | | Charakter. hodnota | | | | | |
| | sk2 | Časté hodnoty ^(c) | | | | Charakter. hodnota | Charakter. hodnota | |
| | sk3 ^(d) | | | | | | | Charakter. hodnota ^(e) |
| | sk4 | | | | Charakter. hodnota | | | Charakter. hodnota ^(e) |
| | sk5 | Pozri prílohu A | | Charakter. hodnota | | | | |
| | | Dominantná zložka zaťaženia (označená ako zložka súvisiaca so skupinou) | | | | | | |
| <p>^(a) Môžu byť definované v národnej prílohe.</p> <p>^(b) Môžu byť definované v národnej prílohe. Odporúčaná hodnota je 3 kN/m².</p> <p>^(c) Pozri 5.3.2.1-(2) Môže byť zaťažený iba jeden chodník v prípade, že to vyvolá nepriaznivejší účinok, ako keď sú zaťažené oba chodníky.</p> <p>^(d) Táto skupina sa neuvažuje, ak sa uvažuje skupina sk 4.</p> | | | | | | | | |

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Kombinácie zaťaženi

| Zaťaženie | Označenie | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 | |
|---|--|---|----------|----------|---|
| Zaťaženie dopravou (pozri EN 1991-2, tabuľka 4.4) | gr 1a (LM1+zaťaženie chodcami alebo cyklistami) ¹⁾ | TS | 0,75 | 0,75 | 0 |
| | | UDL | 0,40 | 0,40 | 0 |
| | | Zaťaženie chodcami + zaťaženie cyklistických trás ²⁾ | 0,40 | 0,40 | 0 |
| | gr 1b (jednonápravové vozidlo) | 0 | 0,75 | 0 | |
| | gr 2 (vodorovné sily) | 0 | 0 | 0 | |
| | gr 3 (zaťaženie chodcami) | 0 | 0 | 0 | |
| | gr 4 (LM4 – zaťaženie davom ľudí) | 0 | 0,75 | 0 | |
| gr 5 (LM3 – zvláštne vozidlá) | 0 | 0 | 0 | | |
| Zaťaženie vetrom | F_{W2} - trvalé návrhové situácie - počas výstavby | 0,6 0,8 | 0,2 - | 0 0 | |
| | F_W^* | 1,0 | - | - | |
| Zaťaženie účinkami teploty | T_R | 0,6 ³⁾ | 0,6 | 0,5 | |
| Zaťaženie snehom | $Q_{S0,k}$ (počas výstavby) | 0,8 | - | - | |
| Zaťaženie počas výstavby | Q_0 | 1,0 | - | 1,0 | |

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Únavové zaťažovacie modely

FLM 1



Odvodený od LM 1

TS

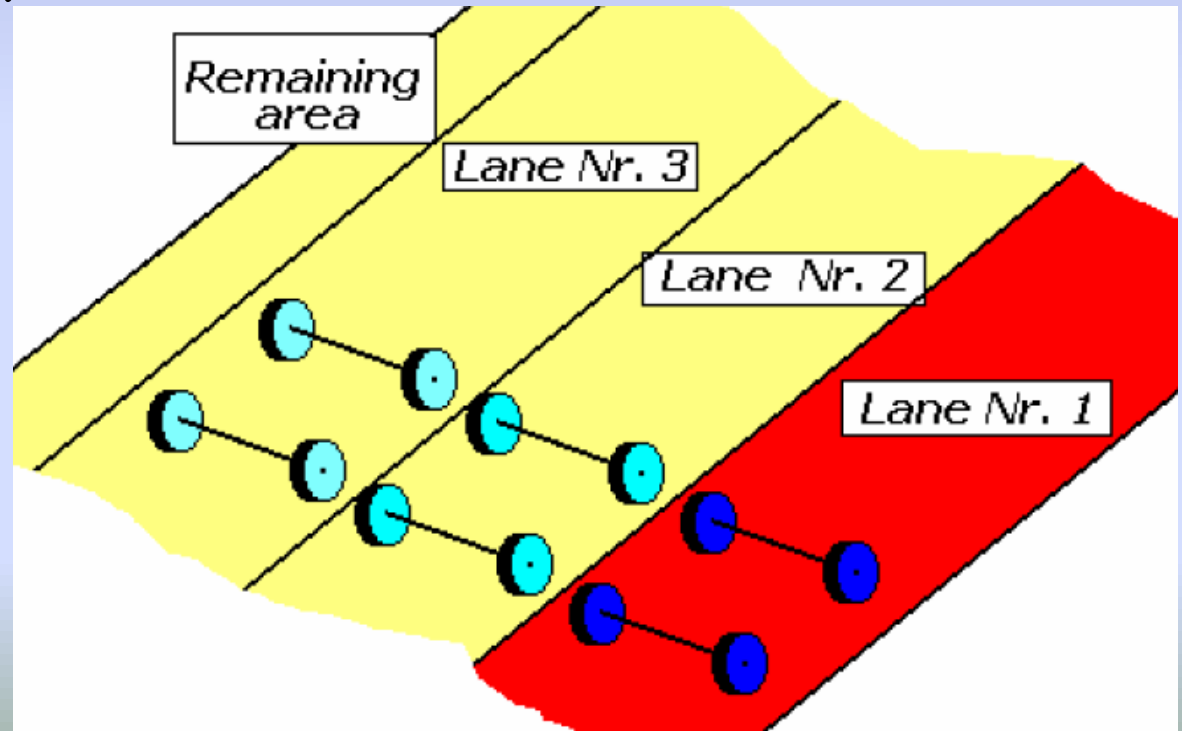


$$0,7 \cdot Q_k$$

UDL



$$0,3 \cdot q_k$$

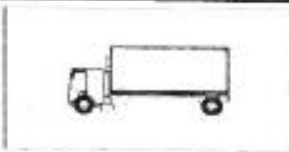
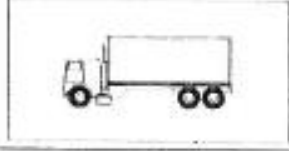
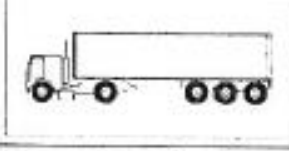
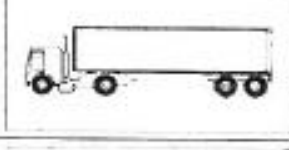
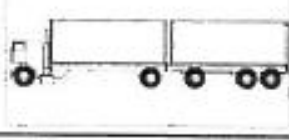


ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Únavové zaťažovacie modely

FLM 2

Časté zoskupenie nákladných vozidiel

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Typ nákladného auta | Vzdialenosť náprav (rázvor) (m) | Časté nápravové zaťaženia (kN) | Typ kolesa (pozri tabuľku 4.8) |
|  | 4,5 | 90 190 | A B |
|  | 4,20 1,30 | 80 140 140 | A B B |
|  | 3,20 5,20 1,30 1,30 | 90 180 120 120 120 | A B C C C |
|  | 3,40 6,00 1,80 | 90 190 140 140 | A B B B |
|  | 4,80 3,60 4,40 1,30 | 90 180 120 110 110 | A B C C C |

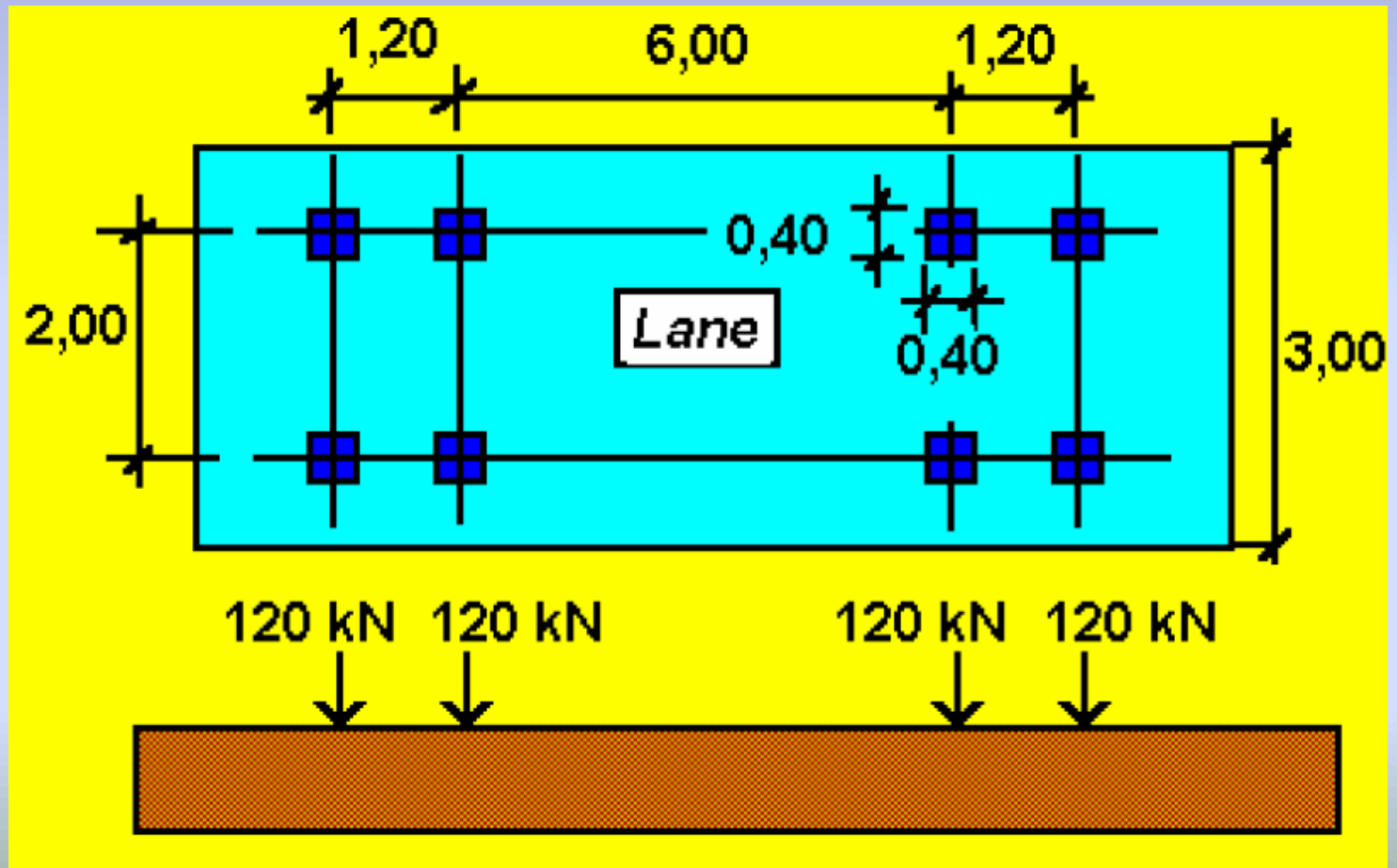
ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Únavové zaťažovacie modely

FLM 3



Samostatné vozidlo



ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Únavové zaťažovacie modely

FLM 4

Skupina normalizovaných nákladných vozidiel

| Koleso/náprava | Geometrické rozmery |
|----------------|---------------------|
| A | |
| B | |
| C | |

| Typ vozidla | | Kategória cestnej dopravy | | | | | |
|------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| | | | Veľká vzdialenosť | Stredná vzdialenosť | Miestna doprava | | |
| Nákladné vozidlo | Vzdialenosť náprav (rázvor) (m) | Náhradné nápravové zaťaženie (kN) | Nákladné vozidlo (%) | Nákladné vozidlo (%) | Nákladné vozidlo (%) | Typ kolesa | |
| | 4,5 | 70 130 | 20,0 | 40,0 | 80,0 | A B | |
| | 4,20 1,30 | 70 120 120 | 5,0 | 10,0 | 5,0 | A B B | |
| | 3,20 5,20 1,30 1,30 | 70 150 90 90 | 50,0 | 30,0 | 5,0 | A B C C C | |
| | 3,40 6,00 1,80 | 70 140 90 90 | 15,0 | 15,0 | 5,0 | A B B B | |
| | 4,80 3,60 4,40 1,30 | 70 130 90 80 80 | 10,0 | 5,0 | 5,0 | A B C C C | |

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Únavové zaťažovacie modely

FLM 5



Vychádza z experimentálnych meraní na moste

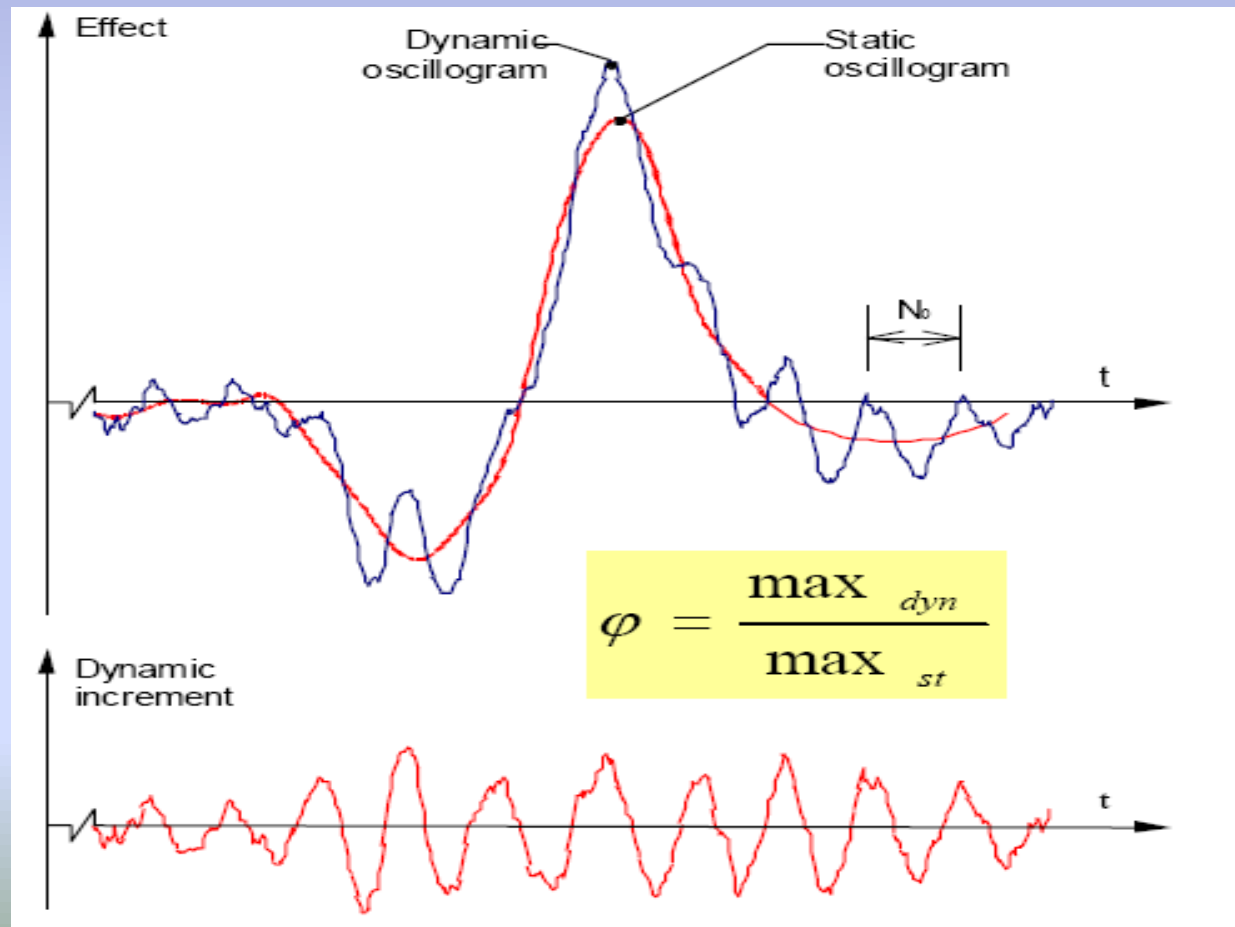


Aplikujú sa štatistické a odhadované extrapolácie

ZAŤAŽENIA MOSTOV DOPRAVOU

Dynamické účinky

→ Sú zahrnuté v modeloch LM1 až LM4



MIMORIADNE ZAŤAŽENIA MOSTOV

Rozdelenie

Zaťaženie od zrážky vozidiel
pod mostom

Nárazové sily na piliere a podpery

Nárazové sily na nosnú konštrukciu

Zaťaženie spôsobené
vozidlami na moste

Účinky vozidiel na chodníkoch

Účinky vozidiel na cyklistických
pruhoch

Sily od nárazov vozidiel na
obrubníky

Sily od nárazov vozidiel na zvodidlá

Sily od nárazov vozidiel na
konštrukčné prvky mosta

Sily od nárazov vozidiel na
zábradlia

MIMORIADNE ZAŽAŽENIA MOSTOV

Zaťaženie od zrážky vozidiel pod mostom

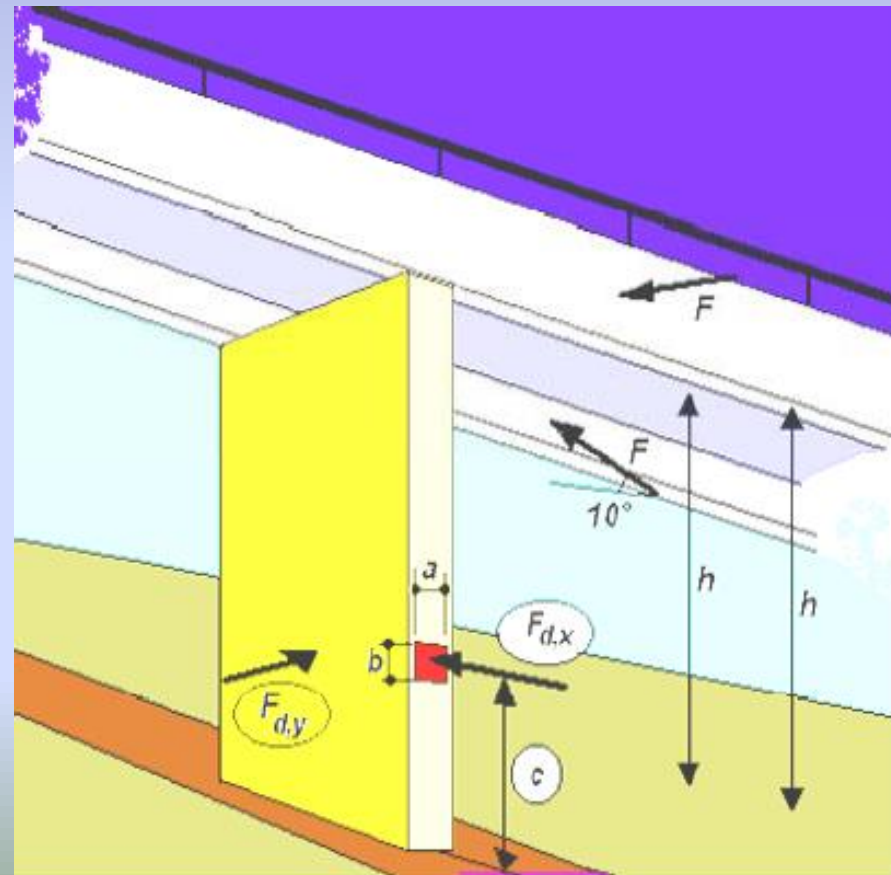
Ochrana pilierov a konštrukcie pred nárazmi

Piliere bez ochrany – tuhé piliere

Pozdĺžna sila 1000 kN

Priečna sila 500 kN

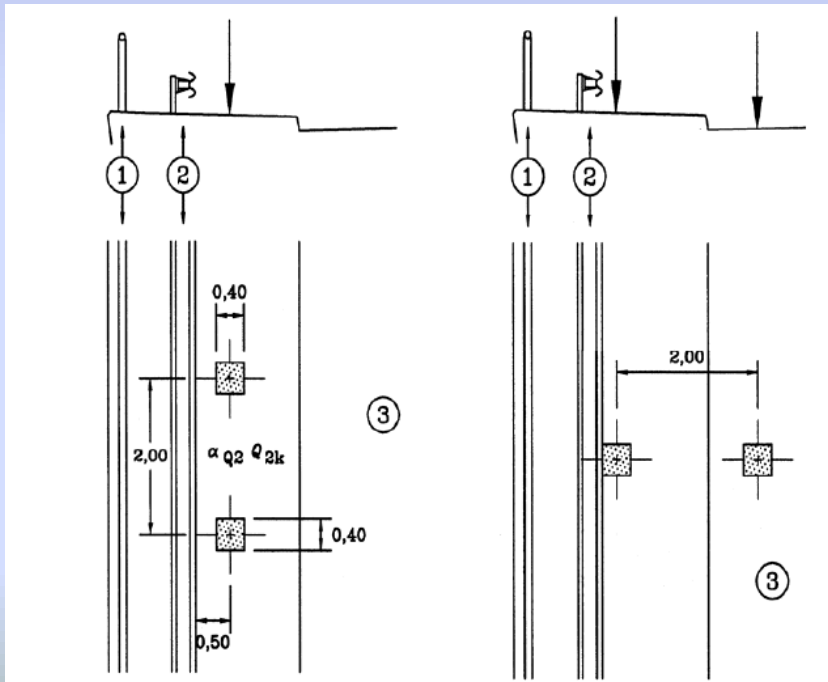
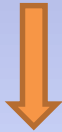
Pôsobisko vo výške 1,25 m



MIMORIADNE ZAŽAŽENIA MOSTOV

Zaťaženie spôsobené vozidlami na moste

Zvodidlá na moste



Bez zvodidiel



Zaťaženie sa umiestňuje najbližšie ku okraju mosta (zábradlie, zábradlové zvodidlo)

MIMORIADNE ZAŽAŽENIA MOSTOV

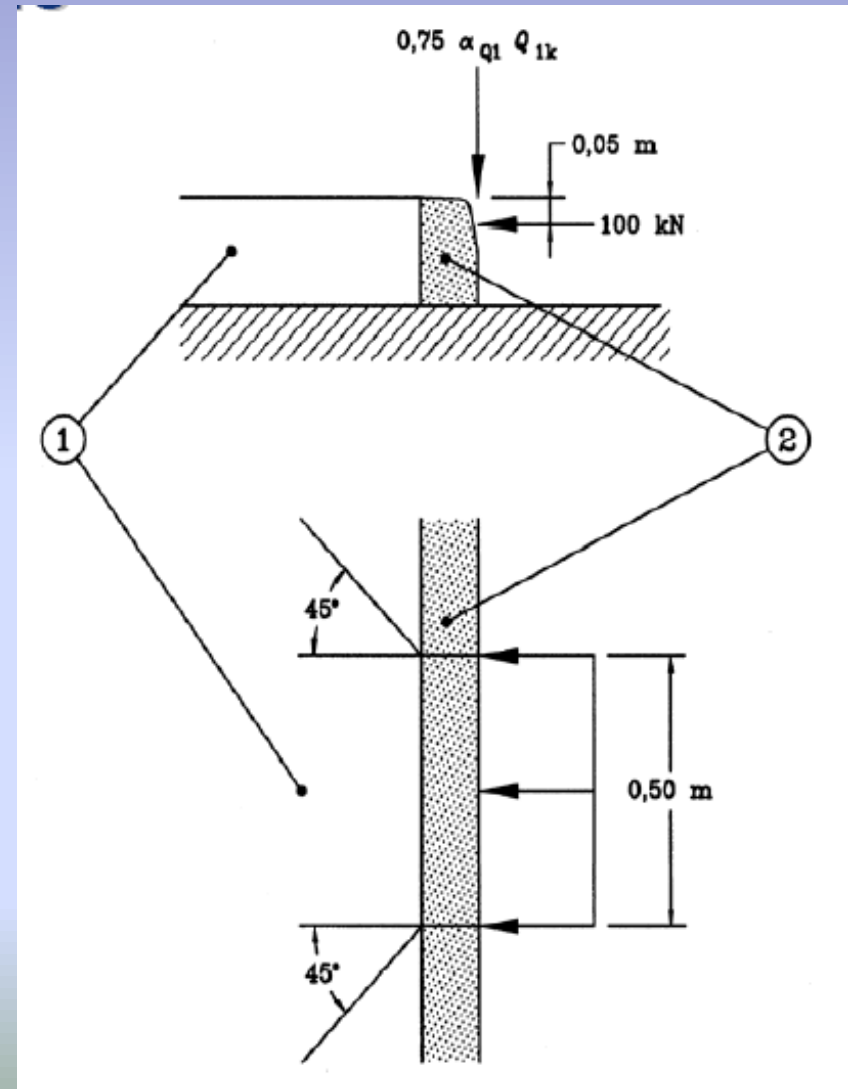
Sily od nárazov na obrubníky

Výška obrubníka je min. 120 mm

Vodorovná sila 100 kN, pôsobiaca na dĺžke 0,50 m a vo výške 0,05 m od horného okraja obrubníka

Zvislá sila pôsobiaca na hrane obrubníka

Roznos vodorovnej sily pod uhlom 45°



MIMORIADNE ZAŽAŽENIA MOSTOV

Sily od nárazov na zvodidlá

Vodorovná sila, pôsobiaca na dĺžke 0,50 m a vo výške 0,1 m od horného okraja zvodidla resp. vo výške 1,0 m od povrchu vozovky

| Odporúčaná trieda | Vodorovná sila (kN) |
|-------------------|---------------------|
| A | 100 |
| B | 200 |
| C | 400 |
| D | 600 |

Pri zábradlových zvodidlách sa hodnota vodorovnej sily zvýši o 25%



ĎAKUJEM ZA POZORNOST