

# Zatížení dopravou (MVL)



# Zatížení dopravou (MVL)

- **ČSN EN 1991-2**
- Zatížení kolejovou dopravou
- Zatížení silniční dopravou
- Zatížení chodníků a lávek



# Zatížení dopravou (MVL)

- **ČSN EN 1991-2**
- **Zatížení kolejovou dopravou**
  - Svislá zatížení
  - Dynamické účinky
  - Vodorovné síly
  - Aerodynamická zatížení od projíždějících vlaků
  - *Zatížení na únavu*
- Zatížení silniční dopravou
- Zatížení chodníků a lávek



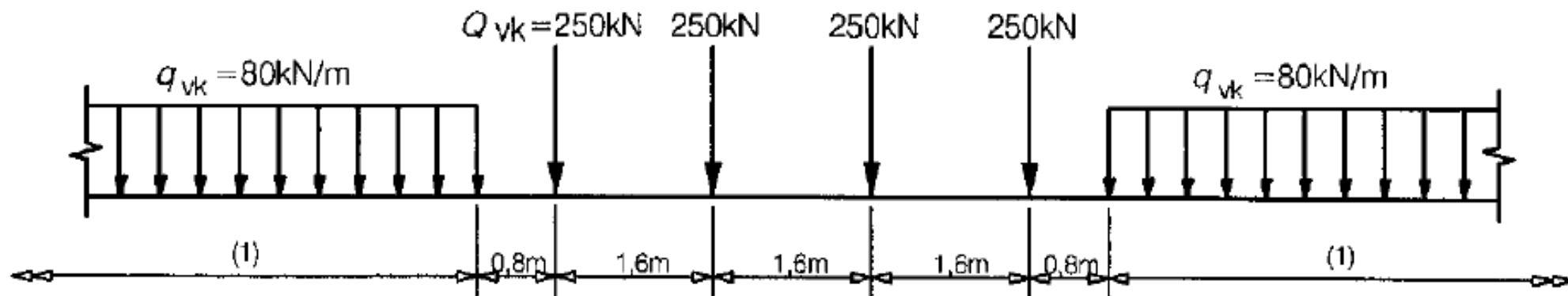
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Svislá zatížení
  - Model zatížení 71 (LM71)
  - Model zatížení SW/0
  - Model zatížení SW/2
  - Model zatížení HSLM
  - Nezatížený vlak



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Model zatížení 71 (LM71)
  - Statický účinek svislého zatížení od běžné železniční dopravy

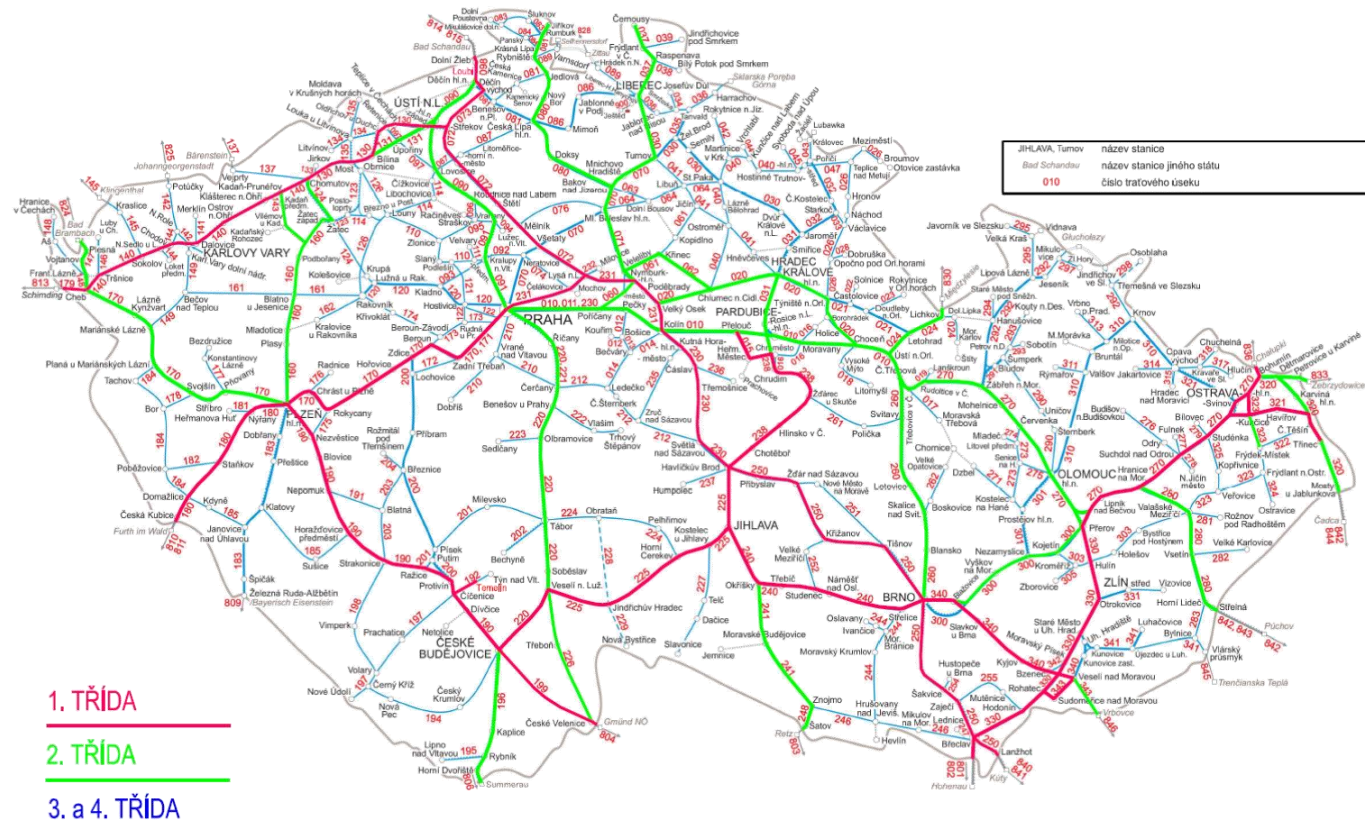


*charakteristické hodnoty zatížení se násobí klasifikačním součinitelem  $\alpha \Rightarrow$  klasifikované zatížení*

# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

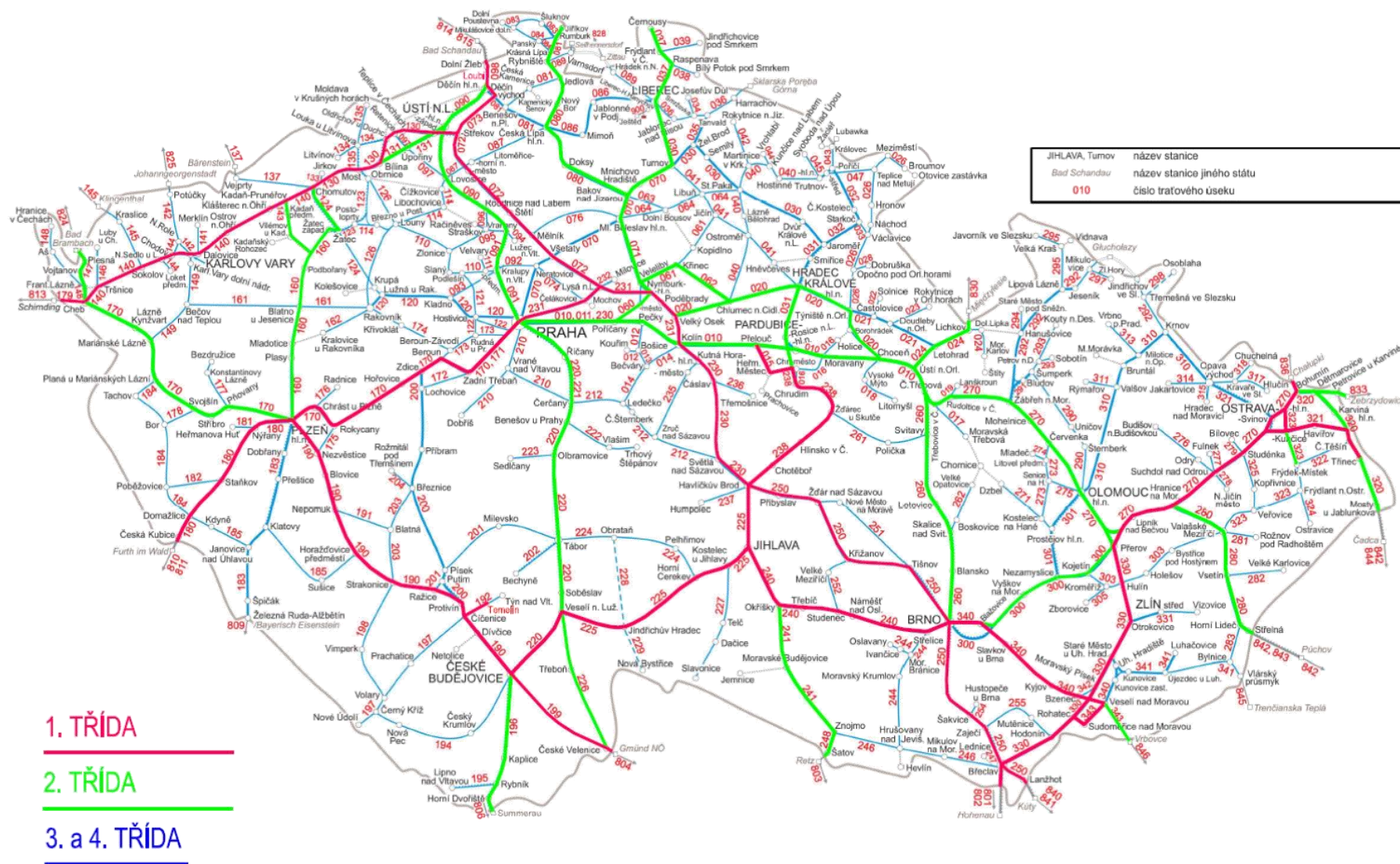
- Klasifikační součinitel  $\alpha$

- tratě 1. třídy  $\alpha = 1,21$  (zároveň musí být uvažován model SW/2)
- tratě 2. třídy  $\alpha = 1,21$
- tratě 3. třídy  $\alpha = 1,10$





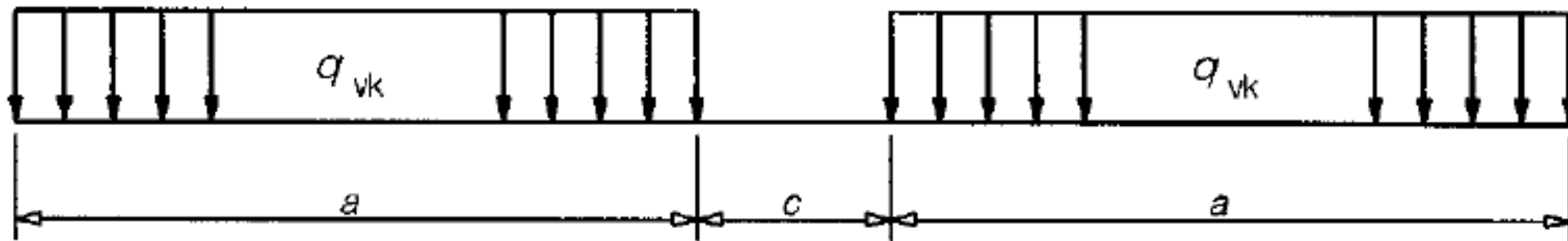
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Model zatížení SW/0
  - Zatížení normální železniční dopravou na spojitě nosníky
  - Musí být násoben součinitelem  $\alpha$
- Model zatížení SW/2
  - Zatížení těžkou železniční dopravou

Model zatížení	$q_{vk}$ (kN/m)	$a$ (m)	$c$ (m)
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0





# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Model HSLM
  - Zatížení od osobních vlaků o rychlostech překračujících 200 km/h
- Nezatížený vlak
  - Svislé rovnoměrné zatížení 10 kN/m
  - Pro potřeby stability
  - V případě zatížení větrem

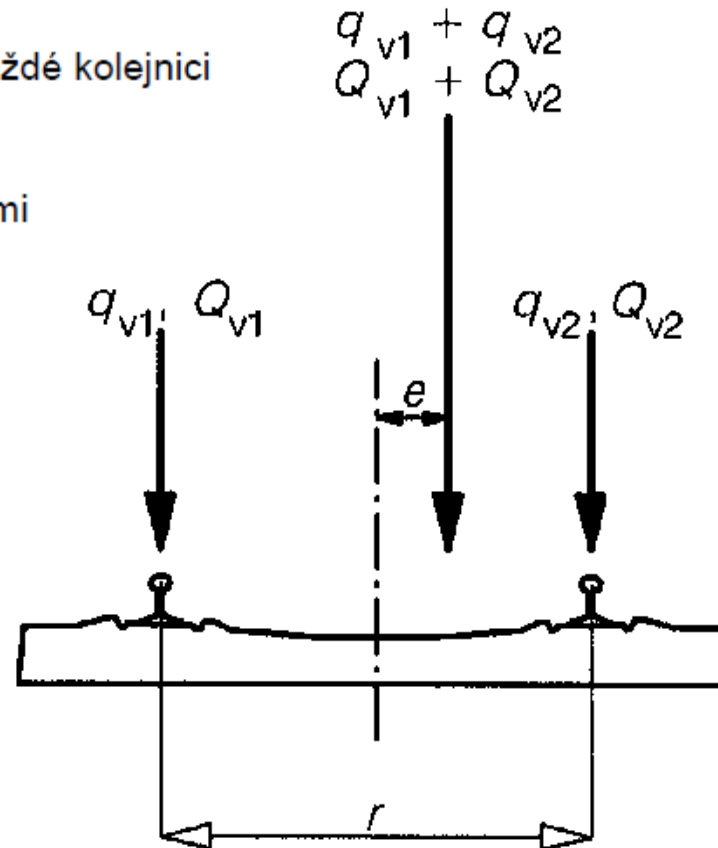


# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Excentricita svislých zatížení

## Legenda

- rovnoměrné zatížení a osamělé síly na každé kolejnici
- LM71 (a SW/0, kde se požaduje)
- příčná vzdálenost mezi kolovými zatíženími



$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2} = (2)$$

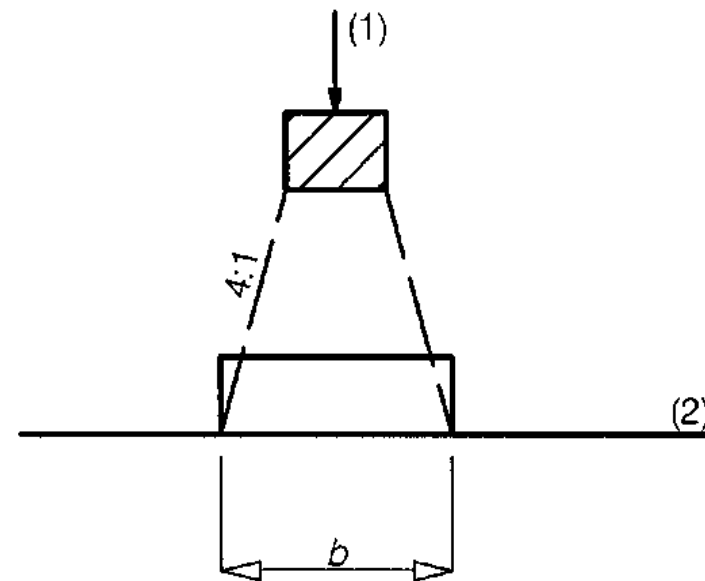
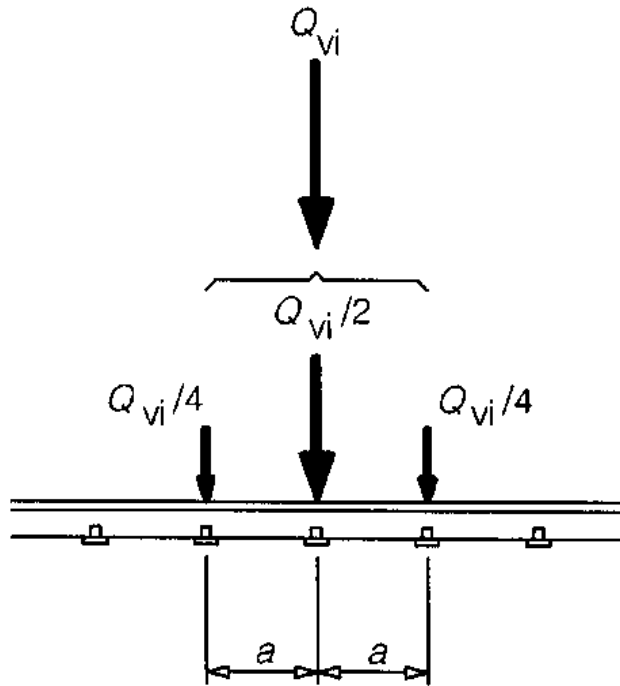
$$\frac{q_{v2}}{q_{v1}}, \frac{Q_{v2}}{Q_{v1}} \leq 1,25$$

$$e \leq \frac{r}{18}$$

$$r = (3)$$

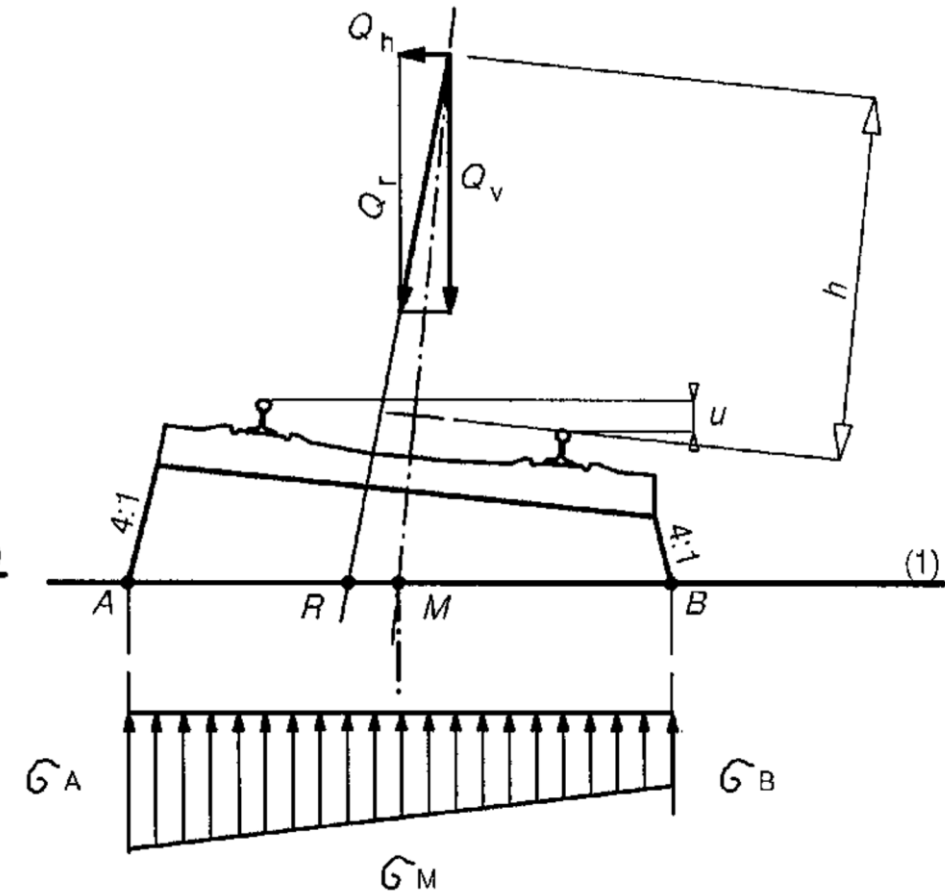
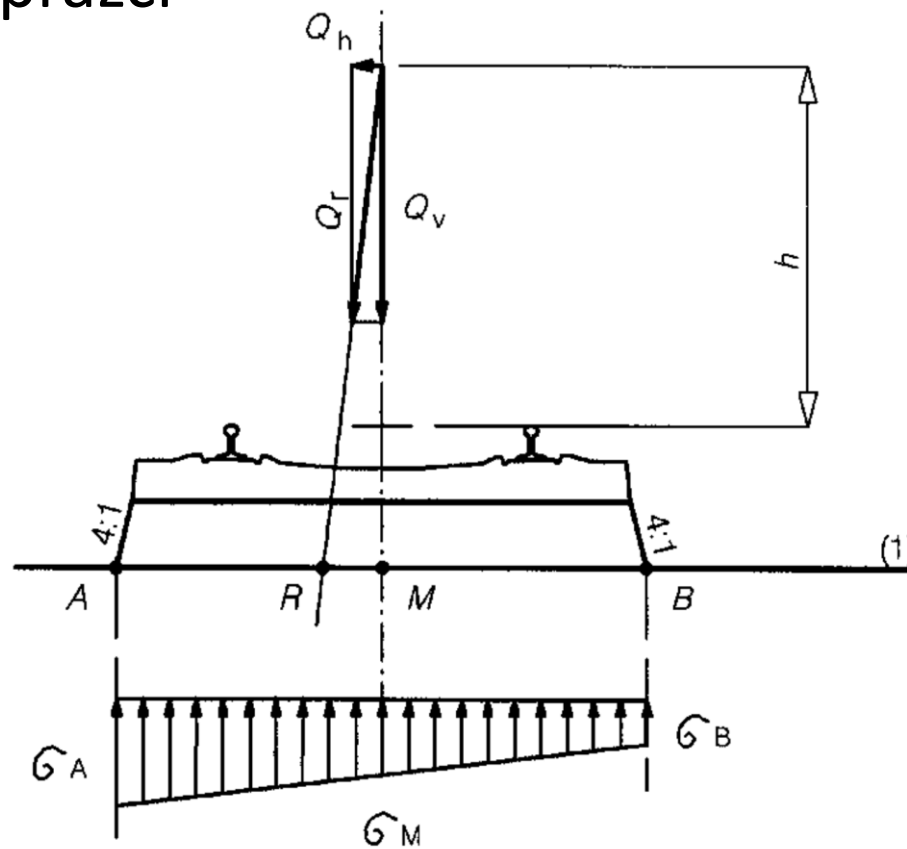
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Podélný roznos osamělé síly
- Podélný roznos pražci



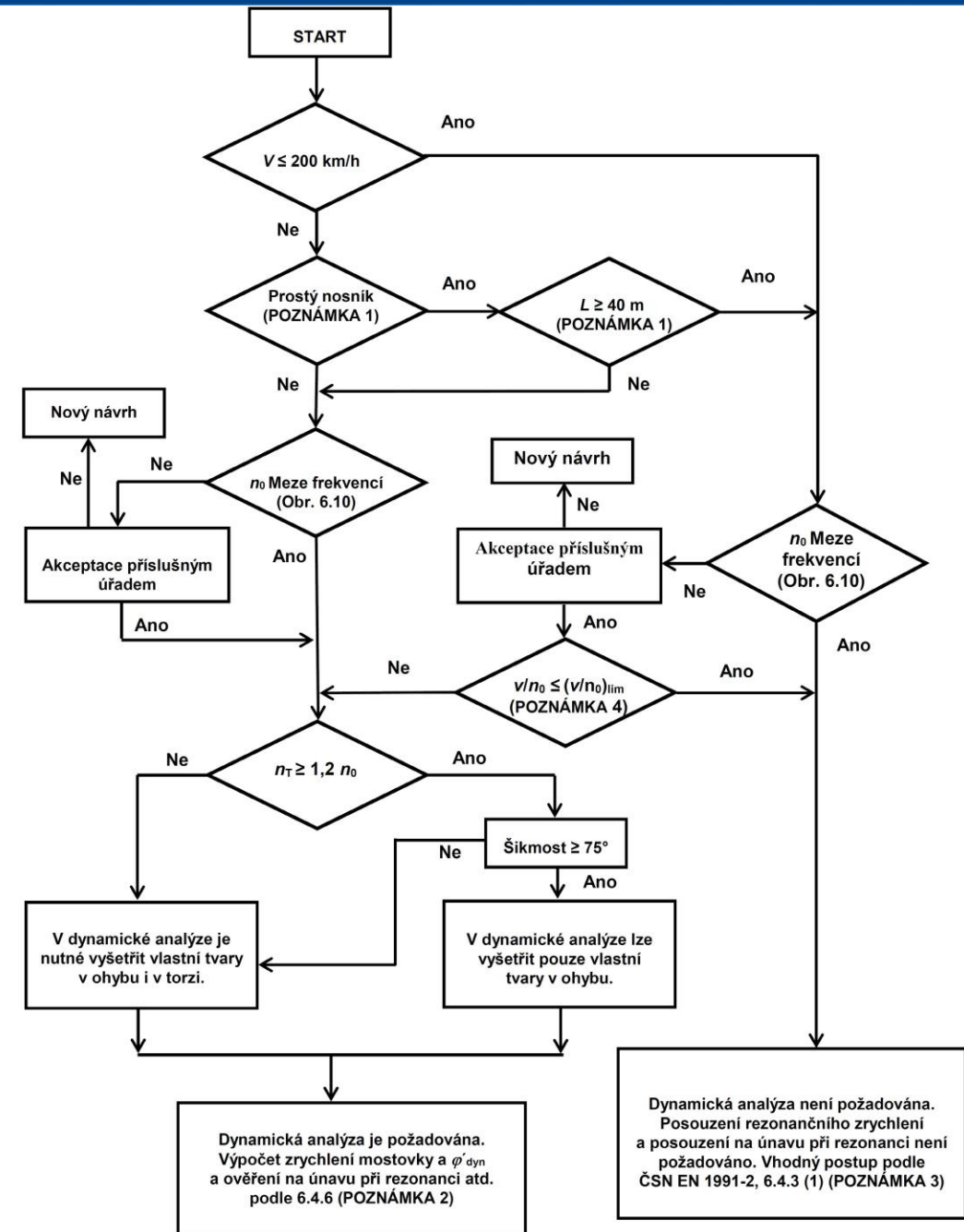
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Příčný roznos pražci
  - $h = 1,8 \text{ m}$



# Zatížení kolejovou dopravou

- Dynamické účinky
  - přejezd řady po sobě následujících zatížení s přibližně stejnými vzdálenostmi mezi sebou, které mohou rozkmitat konstrukci a za určitých okolností způsobit rezonanci
  - Požadavky na dynamickou analýzu





# Zatížení kolejovou dopravou

## • Dynamické účinky

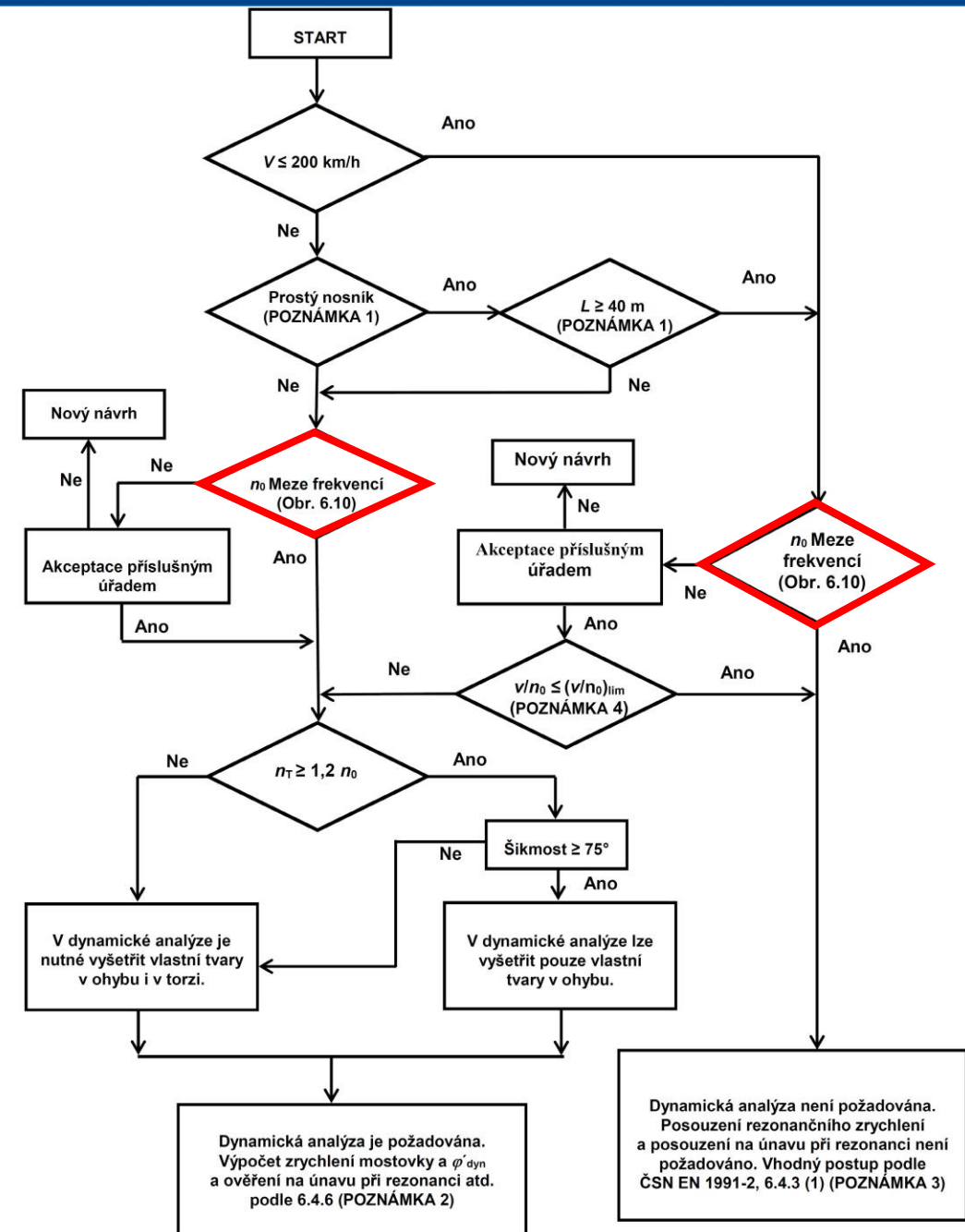
$V$  maximální povolená rychlost

$L$  rozpětí pole

$n_0$  první vlastní ohybová frekvence

$n_t$  první vlastní kroucí frekvence

$v$  maximální rychlost trati v daném místě



# Zatížení kolejovou dopravou

Horní mez  $n_0$  je určena dynamickým zvětšením od nerovností koleje a je dána vztahem:

$$n_0 = 94,76L^{-0,748} \quad (6.1)$$

Dolní mez  $n_0$  je určena kritériem dynamického přírůstku a je dána vztahy :

$$n_0 = 80/L$$

pro  $4 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$

$$n_0 = 23,58L^{-0,592}$$

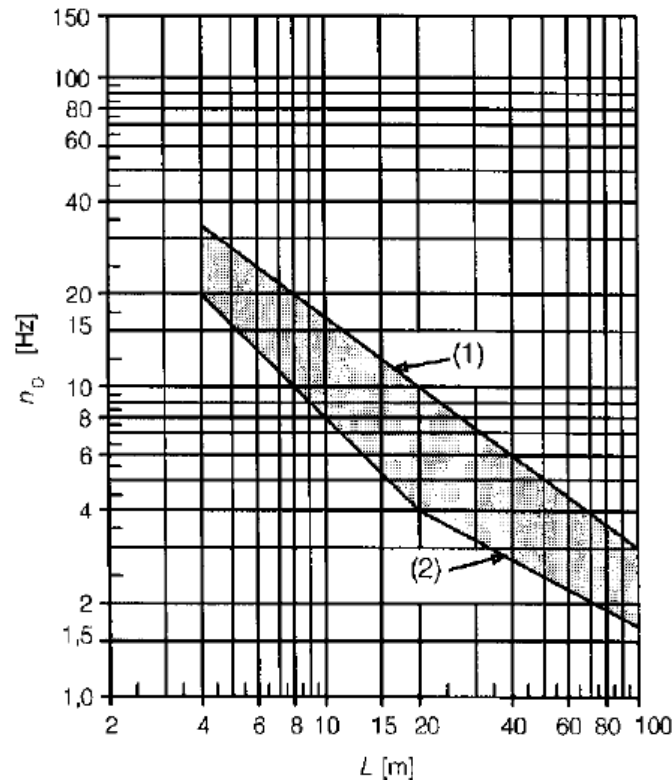
pro  $20 \text{ m} < L \leq 100 \text{ m}$

$$(6.2)$$

kde je:

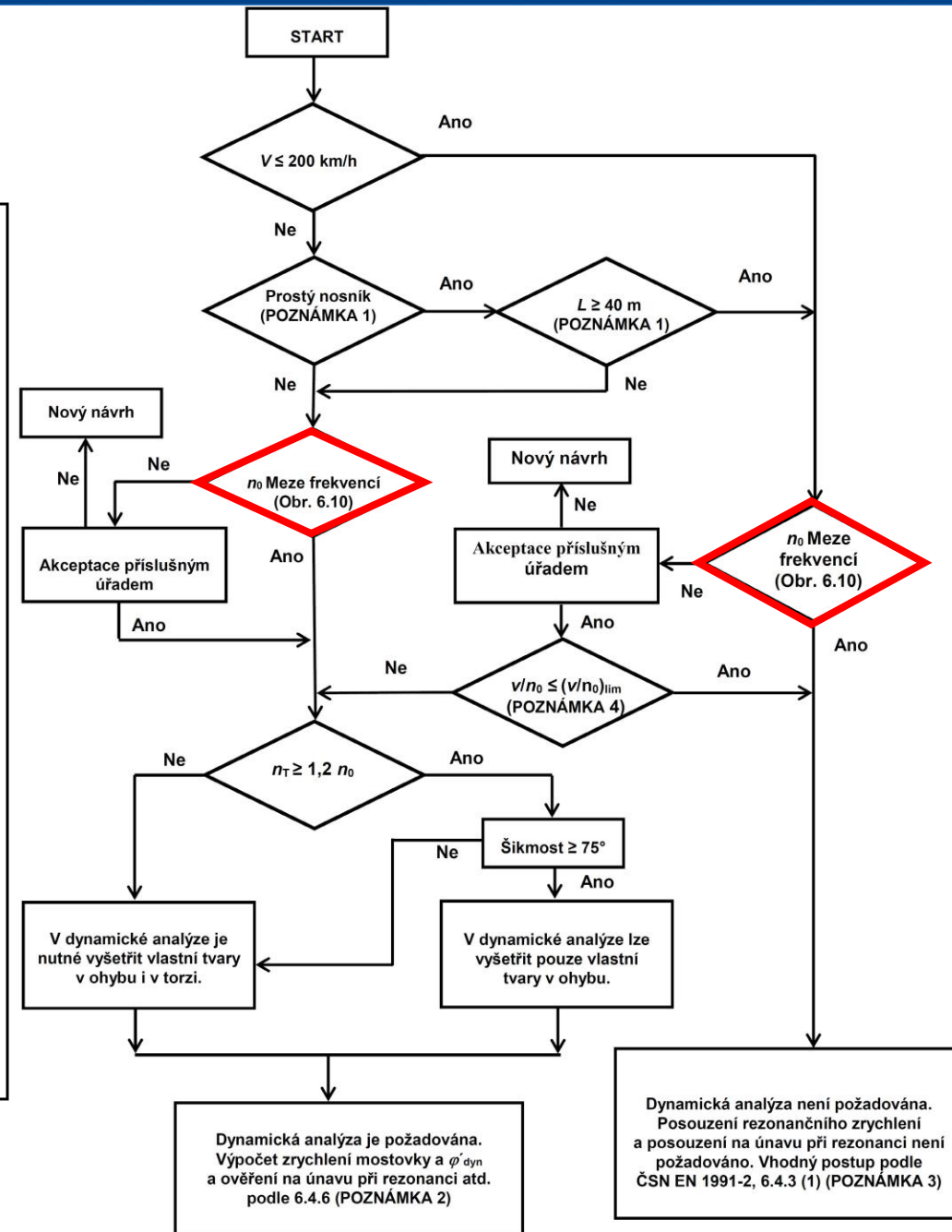
$n_0$  první vlastní frekvence mostu při uvážení hmotnosti od stálých zatížení;

$L$  rozpětí pole pro prostě podepřené mosty nebo  $L_{\Phi}$  pro jiné typy mostů.



Legenda

- (1) horní mez vlastní frekvence
- (2) dolní mez vlastní frekvence



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Dynamické účinky
- dynamický součinitel  $\Phi$ 
  - *Násobí se jím statické výsledky*
  - *Dynamický součinitel  $\Phi$  zahrnuje dynamická zvětšení namáhání a účinků kmitání v konstrukci, ale **nezahrnuje** rezonanční účinky*
  - LM 71 (včetně  $\alpha$ )
  - SW/0 (včetně  $\alpha$ )
  - SW/2



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Dynamické účinky
- dynamický součinitel  $\Phi$

a) Pro pečlivě udržovanou kolej:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82$$

v rozmezí:  $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$

b) Pro standardně udržovanou kolej:

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

v rozmezí:  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- **Vodorovné síly?**





# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Vodorovné síly
- Příčné
  - Odstředivé síly
  - Boční ráz
- Podélné
  - Rozjezdové a brzdné síly
  - Kombinovaná odezva konstrukce a koleje



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Odstředivé síly
  - Kolej na mostě v oblouku
  - Odstředivá síla působí ve výšce 1,8 m nad niveletou
  - Odstředivá síla se **musí** vždy kombinovat se svislým zatížením dopravou.
  - Odstředivá síla se **nesmí** násobit dynamickým součinitelem

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk})$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk})$$



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Boční ráz
  - **100 kN**
  - Osamělá síla působící vodorovně v úrovni temene kolejnic kolmo na osu koleje
  - Působí kolej přímou i v oblouku
  - **Nesmí** se násobit dynamickým součinitelem
  - Násobí se klasifikačním součinitelem  $\alpha$



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Rozjezdové a brzdné síly
  - Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje
  - Rovnoměrně rozložené po příčinnující délce  $L_{a,b}$

Rozjezdová síla:  $Q_{lak} = 33 \text{ (kN/m)}$   $L_{a,b} \text{ (m)} \leq 1\,000 \text{ (kN)}$   
pro modely zatížení 71, SW/0, SW/2 a model zatížení HSLM

Brzdná síla:  $Q_{lbk} = 20 \text{ (kN/m)}$   $L_{a,b} \text{ (m)} \leq 6\,000 \text{ (kN)}$   
pro modely zatížení 71, SW/0 a model zatížení HSLM

$Q_{lbk} = 35 \text{ (kN/m)}$   $L_{a,b} \text{ [m]}$   
pro model zatížení SW/2



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Rozjezdové a brzdné síly
  - Rozjezdové a brzdné síly se musí kombinovat s odpovídajícím svislým zatížením
  - **Nesmí** se násobit dynamickým součinitelem
  - Násobí se klasifikačním součinitelem  $\alpha$

Případ zatížení <sup>c)</sup>	Zatížení v koleji		
	1	2	ostatní
Případ 1	1,0 × brzdné síly	1,0 × rozjezdové síly	0,0
Případ 2 <sup>a) b)</sup>	1,0 × rozjezdové síly	0,5 × rozjezdové síly	0,0
Případ 3 <sup>a) b)</sup>	1,0 × brzdné síly	0,5 × brzdné síly	0,0

a) neplatí v úsecích, kde lze předpokládat časté brzdění a rozjíždění vlaků (např. dopravní)

b) platí pro spodní stavbu společnou pro více mostních konstrukcí

c) použije se nejnepříznivější případ zatížení



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Podélná zatížení jsou přenášena částečně kolejnicemi do tělesa železničního spodku za opěrou a částečně mostními ložisky a spodní stavbou do základů
  - Pokud průběžné kolejnice (bezstyková kolej) brání volnému pohybu nosné konstrukce mostu, deformace nosné konstrukce (např. od teplotních změn, svislého zatížení, dotvarování a smršťování) vyvolává podélné síly v kolejnicích a v pevných mostních ložiscích
  - Účinky vyplývající z kombinované odezvy konstrukce a koleje na proměnná zatížení se musí uvažovat při návrhu hlavní nosné konstrukce, pevných ložisek, spodní stavby a při posouzení účinku zatížení v kolejnicích

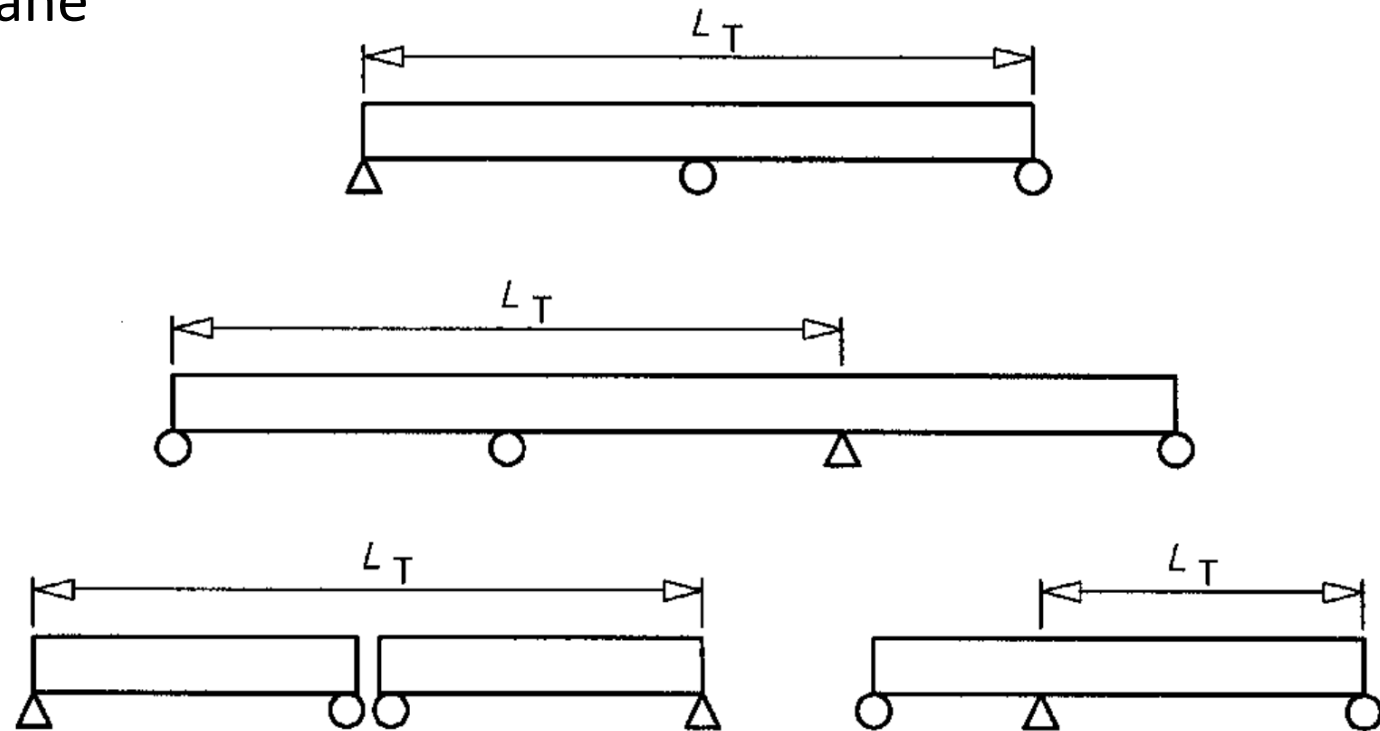
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Parametry ovlivňující kombinované chování konstrukce a koleje:
    - a) uspořádání konstrukce
    - b) uspořádání koleje
    - c) vlastnosti konstrukce
    - d) vlastnosti koleje



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Parametry ovlivňující kombinované chování konstrukce a koleje:
    - a) uspořádání konstrukce:**
      - statické působení, délky polí, umístění pevných ložisek
      - umístění pevných ložisek;
      - dilatační délka  $L_T$  mezi pevným bodem z hlediska teploty a koncem nosné konstrukce



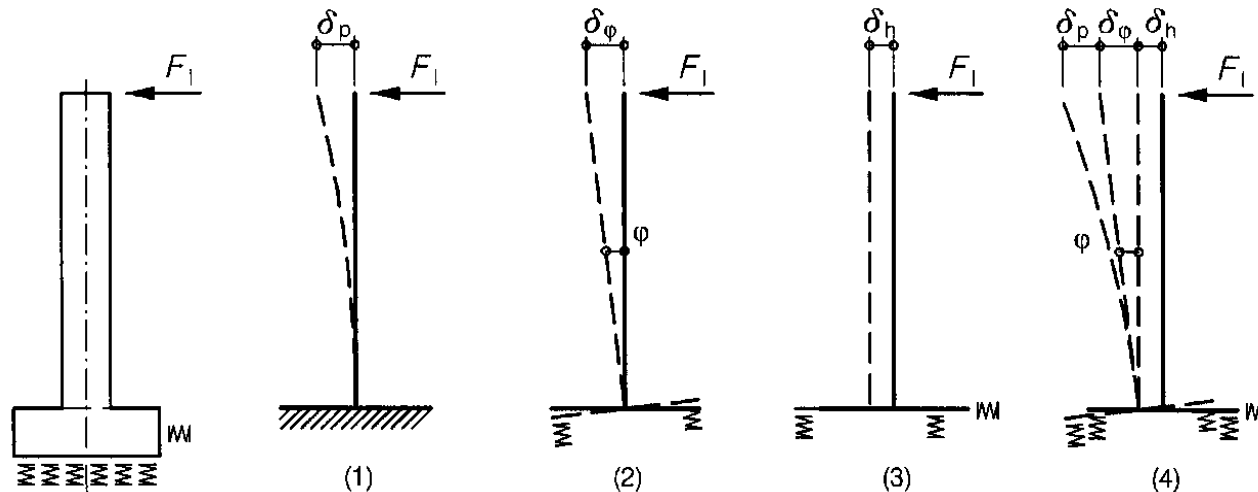
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Parametry ovlivňující kombinované chování konstrukce a koleje:
    - b) uspořádání koleje**
      - systémy koleje s kolejovým ložem nebo bez kolejového lože;
      - svislá vzdálenost mezi horním povrchem nosné konstrukce a neutrální osou kolejnic;
      - umístění kolejnicových dilatačních zařízení.



# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Parametry ovlivňující kombinované chování konstrukce a koleje:
    - c) vlastnosti konstrukce**
      - tuhost nosné konstrukce;
      - uspořádání nosných konstrukcí na ložiscích;
      - podélná tuhost mostní konstrukce definovaná jako celková tuhost.



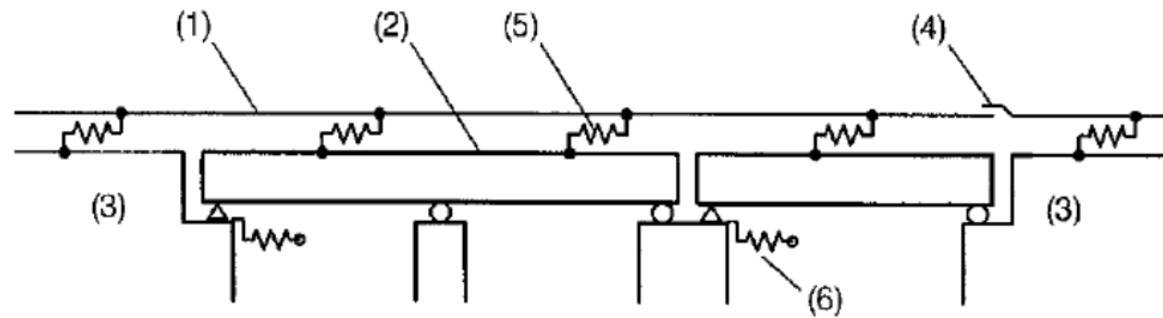


# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Parametry ovlivňující kombinované chování konstrukce a koleje:
    - d) vlastnosti koleje**
      - osová tuhost kolejnice;
      - odpor koleje proti podélnému posunutí:
        - odpor proti posunutí koleje v kolejovém loži, nebo
        - odpor proti posunutí kolejnic v kolejnicových upevněních a podporách, např. při zamrzlém kolejovém loži nebo při přímo upevněných kolejnicích.

# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva
  - Rozjezdové a brzdné síly
  - Svislá zatížení dopravou
  - Zatížení teplotou

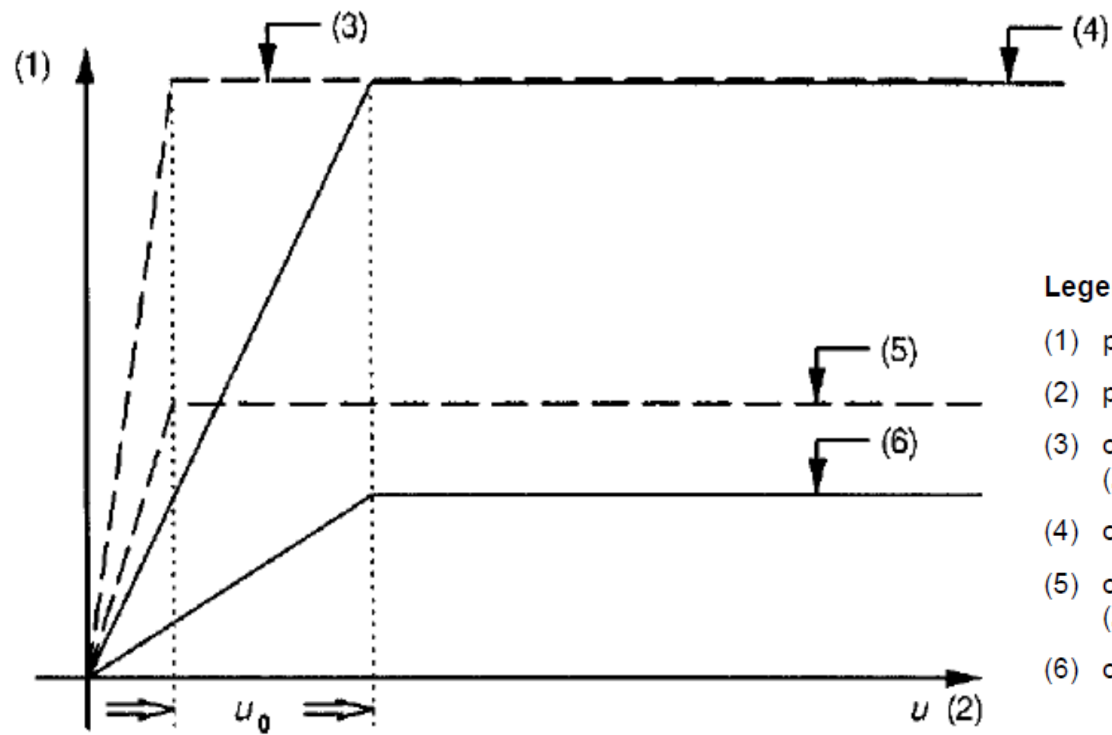


## Legenda

- (1) kolej
- (2) nosná konstrukce (znázorněn spojitý nosník o dvou polích a prostý nosník)
- (3) těleso železničního spodku
- (4) kolejnicové dilatační zařízení (je-li vloženo)
- (5) podélné nelineární pružiny vyjadřující průběh závislosti podélné zatížení/posunutí koleje
- (6) podélné pružiny vyjadřující podélnou tuhost  $K$  pevného uložení nosné konstrukce s uvažováním tuhosti základů, pilířů a ložisek atd.

# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Kombinovaná odezva



## Legenda

- (1) podélná smyková síla v koleji na jednotku délky
- (2) posunutí kolejnice vzhledem k hornímu povrchu podporující nosné konstrukce (dnu žlabu kolejového lože)
- (3) odpor kolejnice v pražci (zatížená kolej)  
(zamrzlé kolejové lože nebo kolej bez kolejového lože s běžnými upevněními)
- (4) odpor pražce v kolejovém loži (zatížená kolej)
- (5) odpor kolejnice v pražci (nezatížená kolej)  
(zamrzlé kolejové lože nebo kolej bez kolejového lože s běžnými upevněními)
- (6) odpor pražce v kolejovém loži (nezatížená kolej)



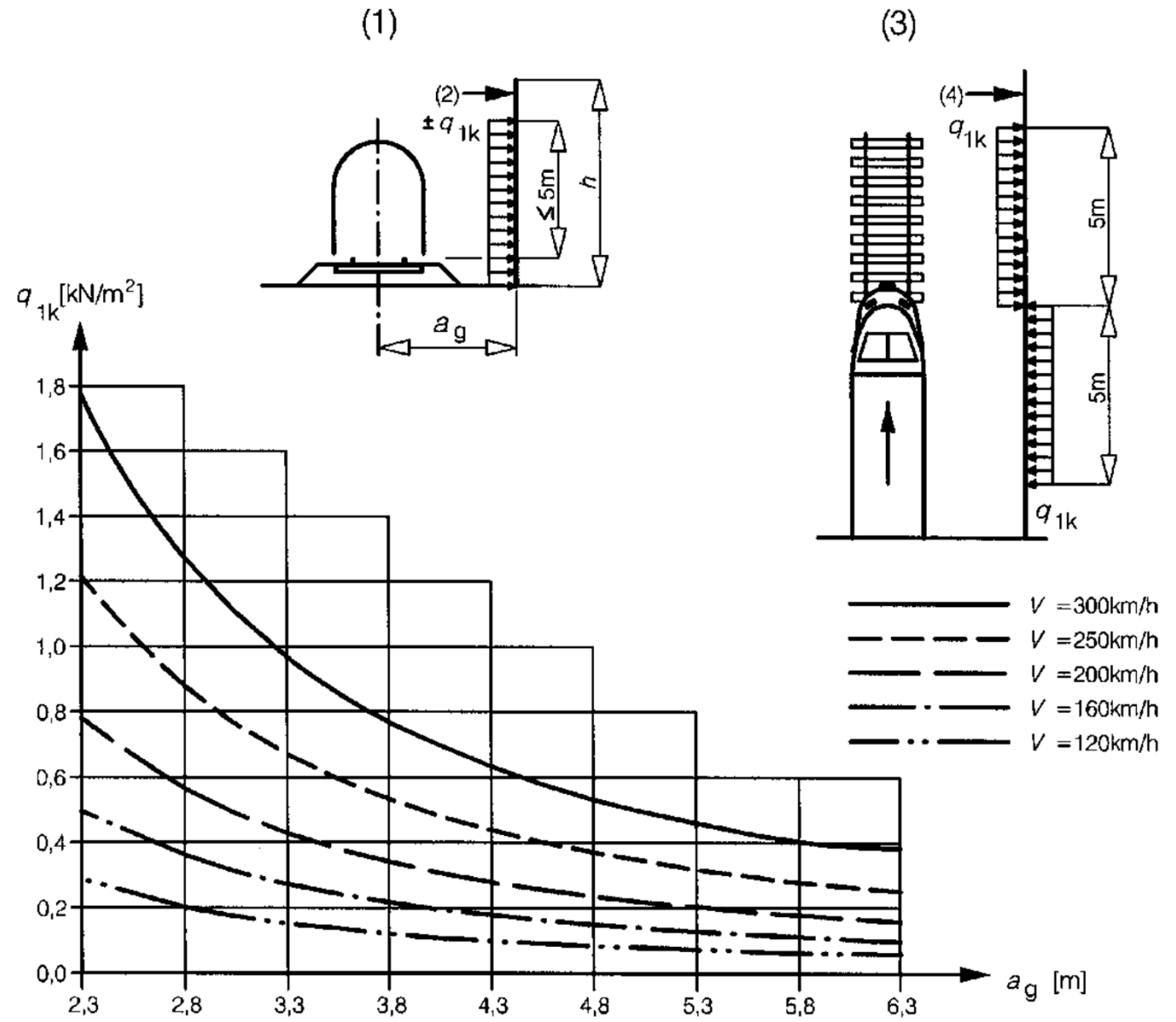
# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Sestavy zatížení
- Příznivé případy:
  - (4) redukovány na 0,5
  - (5) rovny nule

Počet kolejí na konstrukci			Sestavy zatížení			Svislé síly			Vodorovné síly			Poznámka
			odkazy EN 1991-2			6.3.2/ 6.3.3	6.3.3	6.3.4	6.5.3	6.5.1	6.5.2	
1	2	≥ 3	počet zatížených kolejí	sestava zatížení <sup>(8)</sup>	zatížená kolej	LM71 <sup>(1)</sup> SW/0 <sup>(1),(2)</sup> HSLM <sup>(6),(7)</sup>	SW/2 <sup>(1),(3)</sup>	nezatížený vlak	rozjezd, brzdění <sup>(1)</sup>	odstředivá síla <sup>(1)</sup>	boční ráz <sup>(1)</sup>	
			1	gr11	T <sub>1</sub>	1			1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	max. svislá 1 s max. podélnou
			1	gr 12	T <sub>1</sub>	1			0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	max. svislá 2 s max. příčnou
			1	gr 13	T <sub>1</sub>	1 <sup>(4)</sup>			1	0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	max. podélná
			1	gr 14	T <sub>1</sub>	1 <sup>(4)</sup>			0,5 <sup>(5)</sup>	1	1	max. boční
			1	gr 15	T <sub>1</sub>			1		1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	boční stabilita s „nezatíženým vlakem“
			1	gr 16	T <sub>1</sub>		1		1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup>	SW/2 s max. podélnou
			1	gr 17	T <sub>1</sub>		1		0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup>	SW/2 s max. příčnou
			2	gr 21	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 1			1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	max. svislá 1 s max. podélnou
			2	gr 22	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 1			0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	max. svislá 2 s max. příčnou
			2	gr 23	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 <sup>(4)</sup> 1 <sup>(4)</sup>			1 1	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	max. podélná
			2	gr 24	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 <sup>(4)</sup> 1 <sup>(4)</sup>			0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 1	1 1	max. boční
			2	gr 26	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 1	1		1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	SW/2 s max. podélnou
			2	gr 27	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1 1	1		0,5 <sup>(5)</sup> 0,5 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(5)</sup> 1 <sup>(5)</sup>	SW/2 s max. příčnou
			≥ 3	gr 31	T <sub>i</sub>	0,75			0,75 <sup>(5)</sup>	0,75 <sup>(5)</sup>	0,75 <sup>(5)</sup>	přídavný zatěžovací případ

# Zatížení kolejovou dopravou (MVL)

- Aerodynamická zatížení od projíždějících vlaků



# Zatížení dopravou (MVL)

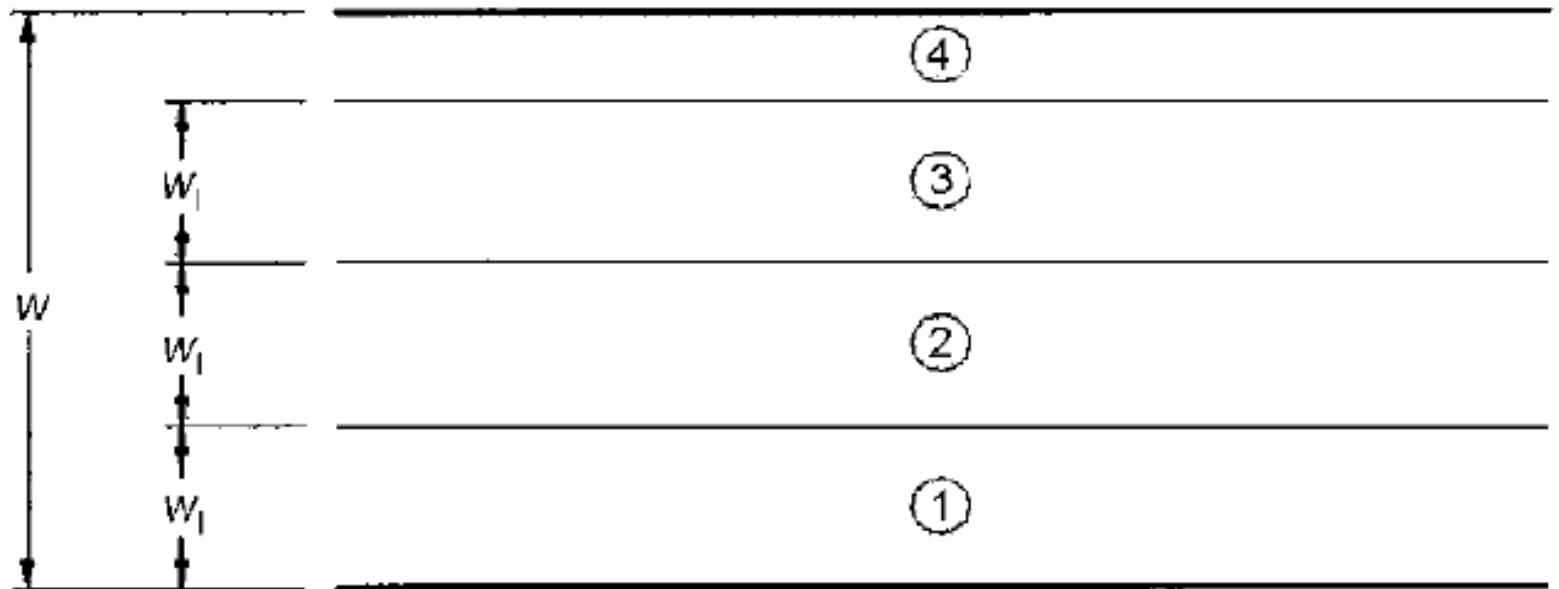
- **ČSN EN 1991-2**
- Zatížení kolejovou dopravou
- **Zatížení silniční dopravou**
  - Svislá zatížení
  - Vodorovné síly
  - Sestavy zatížení
    - *Modely zatížení na únavu*
- Zatížení chodníků a lávek





# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Zatížení silniční dopravou
  - Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů
  - Šířka pruhu 3 m
    - **1:**  $w < 5,4$  m
    - **2:**  $5,4 \leq w < 9,0$  m
    - **3:**  $9,0 \leq w < 12,0$  m



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

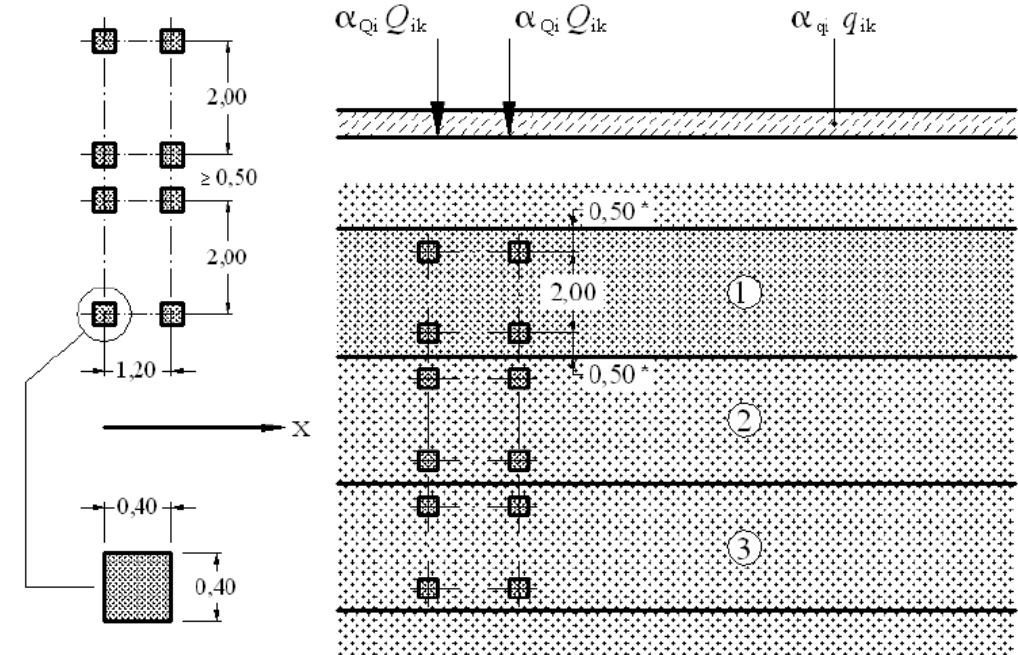
- Svislá zatížení
  - Model zatížení 1 (LM1)
    - Účinky dopravy osobními a nákladními vozidly
    - Celková i lokální ověření
  - Model zatížení 2 (LM2)
    - Jedna nápravová síla na krátkých nosných prvcích
    - Pouze lokální ověření
  - Model zatížení 3 (LM3)
    - Zvláštní vozidla
    - Celková i lokální ověření
  - Model zatížení 4 (LM4)
    - Zatížení davem lidí
    - Celková ověření



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM1
  - Soustředěné zatížení od dvojnápravy (tandem system – TS)
  - Rovnoměrné zatížení (uniformly distributed load – UDL)

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)
	nápravové síly $Q_{ik}$ (kN)	$q_{ik}$ (nebo $q_{rk}$ ) (kN/m <sup>2</sup> )
Pruh č. 1	300	9
Pruh č. 2	200	2,5
Pruh č. 3	100	2,5
Ostatní pruhy	0	2,5
Zbývající plocha ( $q_{rk}$ )	0	2,5



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM1
  - Soustředěné zatížení od dvojnápravy (tandem system – TS)
  - Rovnoměrné zatížení (uniformly distributed load – UDL)

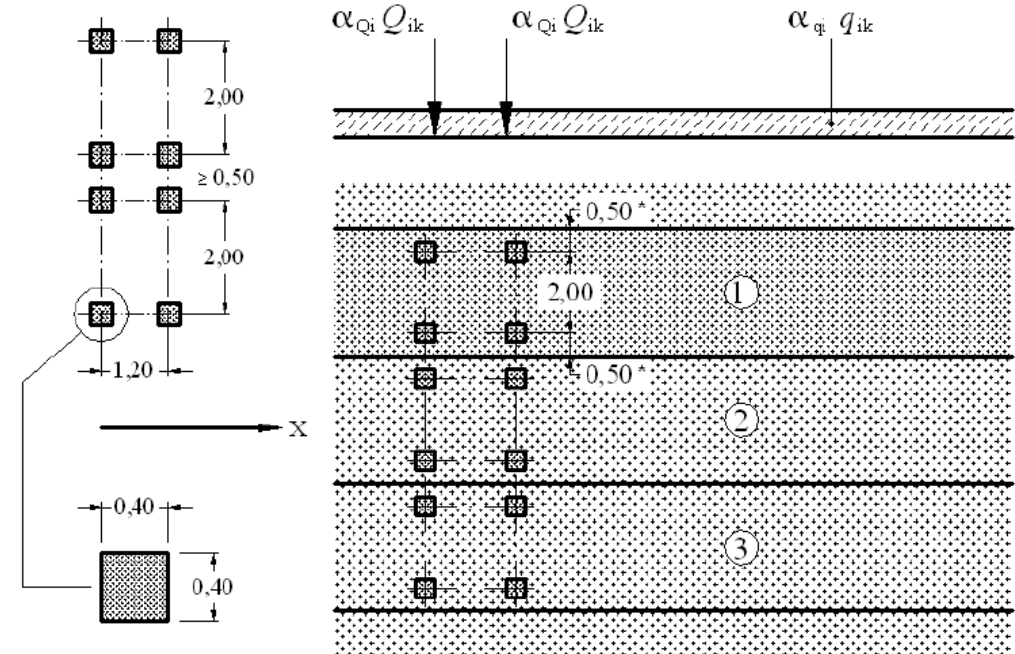
Skupina 1 – všechny pozemní komunikace s výjimkou komunikací uvedených ve skupině 2;

Skupina 2 – silnice III. třídy předem stanovené příslušným úřadem, obslužné místní komunikace a účelové komunikace.

Tabulka NA.1 – Hodnoty regulačních součinitelů  $\alpha$  pro ČR

Skupina pozemních komunikací	$\alpha_{Q1}$	$\alpha_{Q2}$	$\alpha_{Q3}$	$\alpha_{q1}$	$\alpha_{q2}$	$\alpha_{qi} (i > 2)$ a $\alpha_{qr}$
1	1	1	1	1	2,4	1,2
2	0,8	0,8	0,8	0,45 <sup>1)</sup>	1,6	1,6

<sup>1)</sup> Rovnoměrné zatížení v zatěžovacím pruhu 1 je  $0,45 \times 9,0 \text{ kN/m}^2 \sim 4 \text{ kN/m}^2$ .

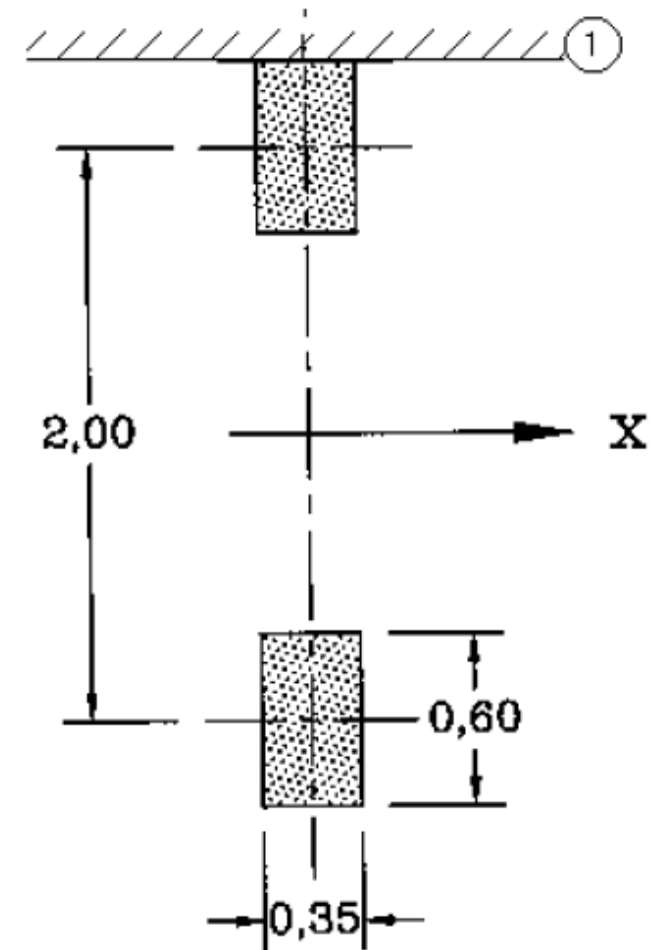


# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM2
  - Jedná nápravová síla  $\beta_Q Q_{ak}$ 
    - $Q_{ak} = 400$  kN
    - působí v kterémkoliv místě na vozovce
    - může se uvažovat pouze jedno kolo působící silou  $\beta_Q \cdot 200$  (kN)

Tabulka NA.2 – Hodnoty součinitele  $\beta_Q$

Skupina pozemních komunikací	Součinitel $\beta_Q$
1	0,80
2	0,65



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM3
  - Zvláštní vozidla
  - Pro skupinu 2 neuplatňuje

Skupina 1 – všechny pozemní komunikace s výjimkou komunikací uvedených ve skupině 2;

Skupina 2 – silnice III. třídy předem stanovené příslušným úřadem, obslužné místní komunikace a účelové komunikace.





# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM3

Tabulka NA.3 – Zvláštní vozidla pro dálnice, rychlostní silnice a vybrané trasy určené příslušným úřadem (Ministerstvo dopravy ČR)

Celková tíha	1 800 kN	3 000 kN
Označení	1800/200	3000/240
Nápravy	$n = 9 \times 200$ kN, $e = 1,50$ m	$n = 1 \times 120 + 12 \times 240$ kN $e = 1,50$ m
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v jednom jízdním pruhu (číslo 1), v tomto pruhu se nesmí umístit současně působící model zatížení LM1 po celé délce mostu. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy se provede podle A.3(2).	Zvláštní vozidlo šířky do 4,5 m se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle A.3(2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	Model zatížení LM1 se uvažuje v pruhu 2 (a dalších) hodnotami pro pruh 2 (a další) bez soustředěných zatížení od dvojnápravy, tj. pouze charakteristickými hodnotami pro rovnoměrné zatížení $\alpha_{qr}q_{ki}$ , resp. $\alpha_{qr}q_{kr}$ .	Po celé délce nosné konstrukce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální ( $\leq 70$ km/hod)	Nízká ( $\leq 5$ km/hod)
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25^{1)}$	Ano, $\varphi = 1,05$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5 t.	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM3

Tabulka NA.4 – Zvláštní vozidla pro silnice I. a II. třídy

Celková tíha	1 800 kN
Označení	1800/200
Nápravy	$n = 9 \times 200 \text{ kN}$ , $e = 1,50 \text{ m}$
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zatěžovacích pruhů podle A.3 (2), přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50 \text{ m}$ .
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální ( $\leq 70 \text{ km/hod}$ )
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25$
Poznámka	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM3

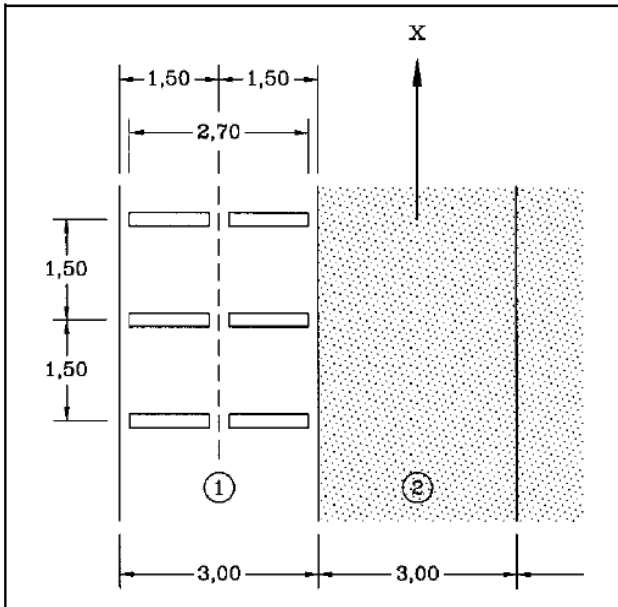
Tabulka NA.5 – Zvláštní vozidla pro silnice III. třídy v pozemních komunikacích skupiny 1

Celková tíha	900 kN
Označení	900/150
Nápravy	$n = 6 \times 150 \text{ kN}$ , $e = 1,50 \text{ m}$
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v prostoru zatěžovacích pruhů podle A.3 (2).
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální ( $\leq 70 \text{ km/hod}$ )
Dynamický součinitel	Ano, $\varphi = 1,25$
Poznámka	Jedná se o jediné vozidlo na mostě.

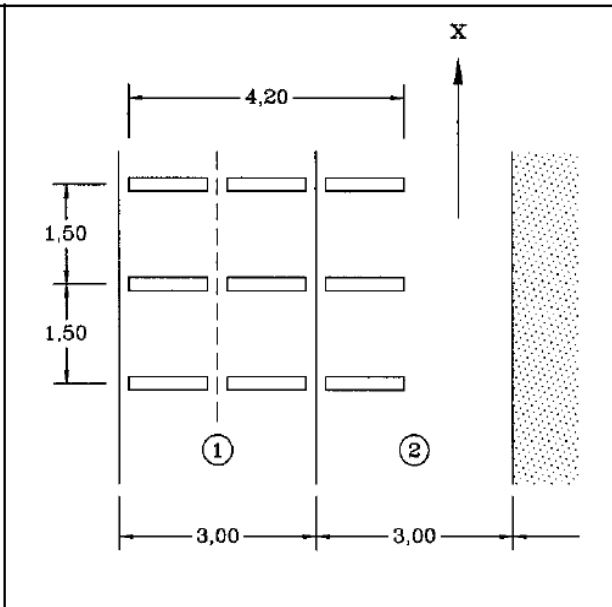


# Zatížení silniční dopravou (MVL)

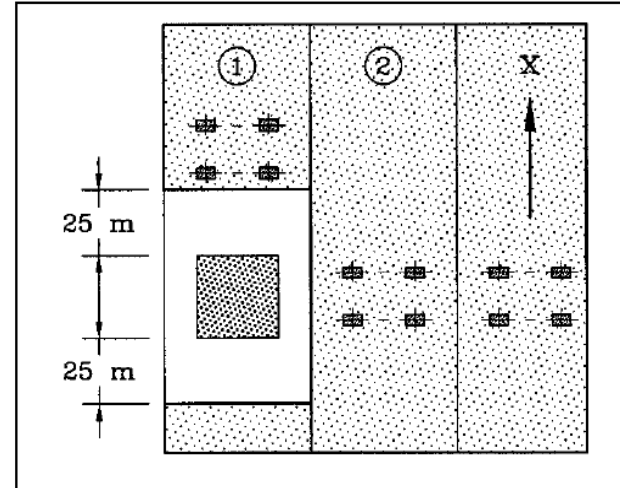
- LM3



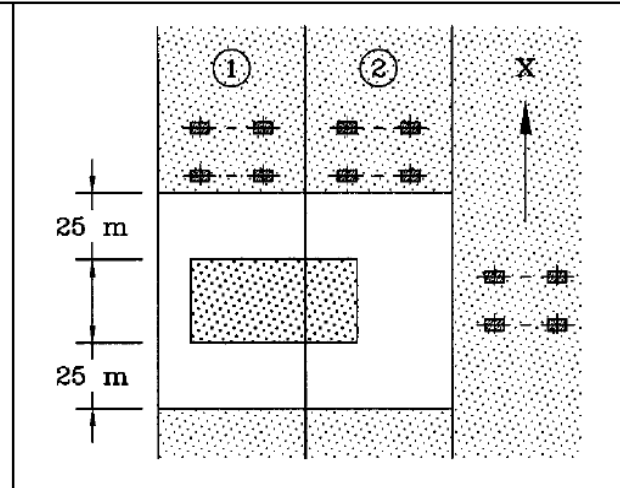
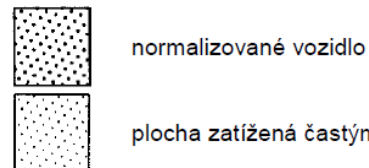
**Legenda**  
 nápravy po 150 kN nebo 200 kN ( $b = 2,70$  m)  
 X podélná osa mostu  
 (1) pruh č. 1  
 (2) pruh č. 2



**Legenda**  
 nápravy po 240 kN ( $b = 4,20$  m)  
 X podélná osa mostu  
 (1) pruh č. 1  
 (2) pruh č. 2



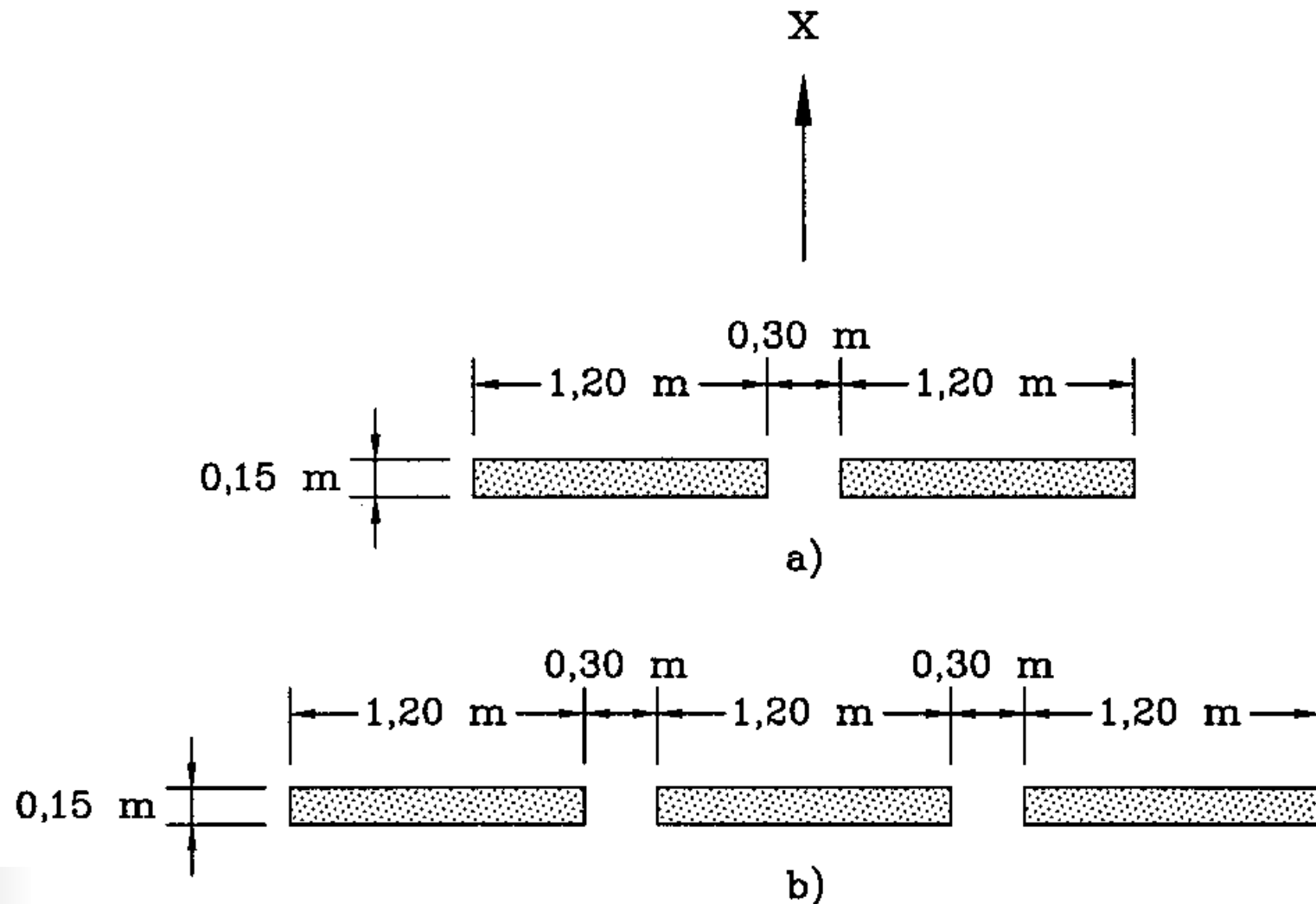
**Legenda**  
 nápravy po 150 kN nebo 200 kN  
 X podélná osa mostu  
 (1) pruh č. 1  
 (2) pruh č. 2



**Legenda**  
 nápravy po 240 kN  
 X podélná osa mostu  
 (1) pruh č. 1  
 (2) pruh č. 2

# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- LM3



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

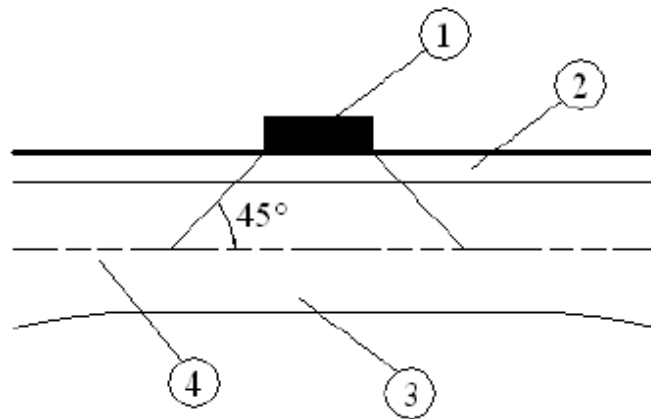
- LM4
  - Zatížení davem lidí
  - Pokud je potřeba uvažovat => rovnoměrné zatížení **5 kN/m<sup>2</sup>**





# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Roznášení soustředných zatížení



## Legenda

- |   |                         |   |  |
|---|-------------------------|---|--|
| 1 | dotykový tlak kola      | 2 | vozovka                                    |
| 3 | betonová deska mostovky | 4 | střednicová plocha betonové desky mostovky |



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Vodorovné síly
- Podélné
  - Brzdné a rozjezdové síly
- Příčné
  - Odstředivé síly



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Brzdné a rozjezdové síly
  - $Q_{Ik}$
  - Působí v úrovni povrchu vozovky
  - Rozjezdové síly se mají uvažovat stejnou velikostí jako brzdné síly, ale v opačném směru
  - **LM1** část zatížení umístěného na zatěžovacím pruhu číslo 1

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

$$180 \alpha_{Q1} \text{ (kN)} \leq Q_{Ik} \leq 900 \text{ (kN)},$$



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Brzdné a rozjezdové síly
  - **LM3**, které se pohybují rychlostí  $\leq 5$  km/h, se nemusí uvažovat brzdné a rozjezdové síly
  - **LM3**, které se pohybují normální rychlostí
    - část zatížení zvláštního vozidla
    - část zatížení umístěného na zatěžovacím pruhu číslo 2

$$Q_{Ik} = 0,6 Q_{LM3} + 0,1 \alpha_{q2} q_{2k} W_1 L$$

$$180 \alpha_{q1} \leq Q_{Ik} \leq 600 \text{ (kN)}$$



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Odstředivé síly
  - $Q_{tk}$
  - **LM1**
  - působí v úrovni vozovky radiálně k ose vozovky
  - působí v kterémkoliv průřezu nosné konstrukce mostu jako osamělá síla

$Q_{tk} = 0,2 Q_v$ (kN)	je-li $r < 200$ m
$Q_{tk} = 40 Q_v / r$ (kN)	je-li $200 \leq r \leq 1\,500$ m
$Q_{tk} = 0$	je-li $r > 1\,500$ m

- $Q_v$ 
  - suma zatížení dvojnápravami ( $\sum \alpha \cdot Q_{ik}$ )

# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Odstředivé síly
  - $Q_{tk}$
  - LM3
  - působí v úrovni vozovky radiálně k ose vozovky
  - působí v kterémkoliv průřezu nosné konstrukce mostu jako osamělá síla

$$Q_{tk} = Q_v \cdot \frac{v_n^2}{127 \cdot r}$$

- $Q_v$ 
  - suma všech svislých zatížení nápravami daného vozidla
    - $v_n \leq 70 \text{ km/h}$





# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Odstředivé síly
  - Boční síly vznikající při šikmém brzdění nebo smyku
  - $Q_{\text{trk}} = 25\%$  podélné brzdné nebo rozjezdové síly  $Q_{\text{Ik}}$ 
    - působí současně se silou  $Q_{\text{Ik}}$  v úrovni vozovky



# Zatížení silniční dopravou (MVL)

- Sestavy zatížení

		VOZOVKA					CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY	
Typ zatížení		Svislé síly			Vodorovné síly		Pouze svislé zatížení	
Odkaz		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2.1
Zatěžovací systém		LM1 (dvojnáprava a rovnoměrné zatížení)	LM2 (jednotlivá náprava)	LM3 (zvláštní vozidla)	LM4 (zatížení davem lidí)	brzdné a rozjezdové síly <sup>a</sup>	odstředivé síly a příčné síly <sup>a</sup>	rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	charakteristické hodnoty				<del>NP21)</del>	<del>NP21)</del>	kombinační hodnota <sup>b</sup>
	gr1b		charakteristická hodnota					
	gr2	časté hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota	
	gr3 <sup>d</sup>							charakteristická hodnota <sup>c</sup>
	gr4				charakteristická hodnota			charakteristická hodnota
	gr5	viz příloha A <sup>NP16)</sup>		charakteristická hodnota <sup>NP16)</sup>		NP18)	NP20)	
Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející k sestavě)								
<sup>a</sup> Lze definovat v národní příloze (pro uvedené případy). <sup>b</sup> Lze definovat v národní příloze. Doporučená hodnota je 3 kN/m <sup>2</sup> . <sup>NP21)</sup> <sup>c</sup> Viz 5.3.2.1(2). Pokud je účinek od zatížení pouze jednoho chodníku nepříznivější než při zatížení obou dvou, má se uvažovat zatížení pouze na jednom chodníku. <sup>d</sup> Tato sestava nemá praktický význam, pokud se uvažuje sestava gr4.								

# Zatížení dopravou (MVL)

- **ČSN EN 1991-2**
- Zatížení kolejovou dopravou
- Zatížení silniční dopravou
- Zatížení chodníků a lávek



# Zatížení dopravou (MVL)

- Zatížení chodníků a lávek
  - Svislá zatížení (charakteristické hodnoty)
    - rovnoměrné zatížení  $q_{fk}$
    - soustředěné zatížení  $Q_{fwk}$
    - zatížení představující obslužná vozidla  $Q_{serv}$
  - Zatížení nepůsobí současně



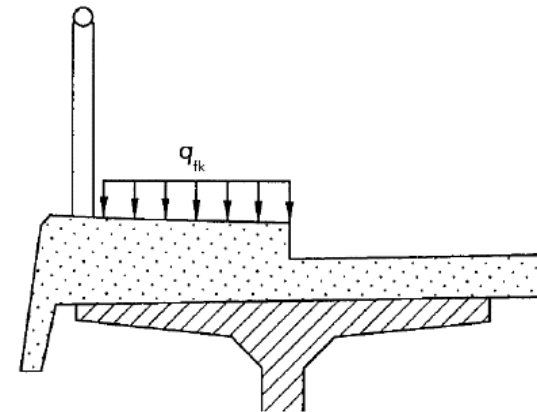
# Zatížení dopravou (MVL)

- Zatížení chodníků a lávek
  - Svislá zatížení (charakteristické hodnoty)
    - rovnoměrné zatížení  $q_{fk}$  (5 kN/m<sup>2</sup>);
      - Chodníky

- Dav lidí (LM4)

$$q_{fk} = 2,0 + 120/(L + 30) \text{ kN/m}^2,$$

$$2,5 \text{ kN/m}^2 \leq q_{fk} \leq 5,0 \text{ kN/m}^2.$$



# Zatížení dopravou (MVL)

- Zatížení chodníků a lávek
  - Svislá zatížení (charakteristické hodnoty)

- soustředěné zatížení  $Q_{fwk}$ 
      - 10 kN (0,1 x 0,1 m)

*pokud je pro lávku stanoveno obslužné vozidlo soustředné zatížení se neuvažuje*

- soustředěné zatížení  $Q_{fwk}$ 
      - 2 kN (0,1 x 0,1 m)

*pokud je na lávce konstrukčně zamezen výskyt vozidel*



# Zatížení dopravou (MVL)

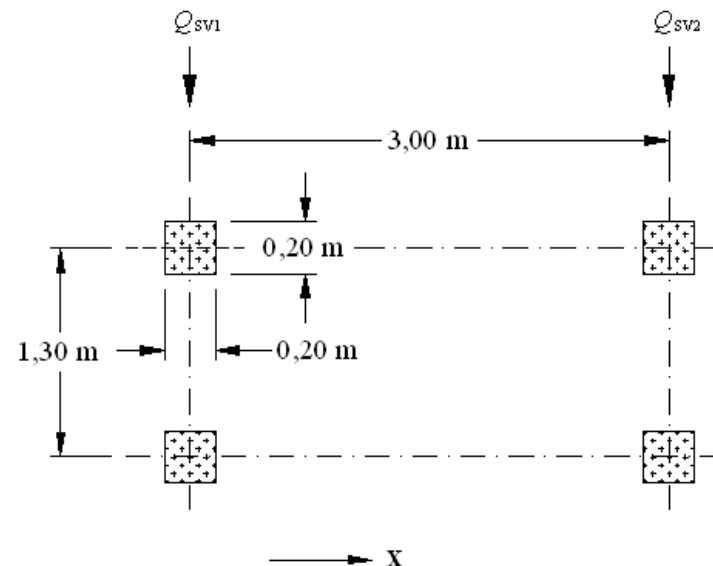
- Zatížení chodníků a lávek
  - Svislá zatížení (charakteristické hodnoty)
    - zatížení představující obslužná vozidla  $Q_{serv}$

*pokud není zabráněno vjezdu vozidel na lávku, musí se uvažovat jedno obslužné vozidlo*

x podélná osa mostu

$$Q_{sv1} = 80 \text{ kN}$$

$$Q_{sv2} = 40 \text{ kN}$$





# Zatížení dopravou (MVL)

- Zatížení chodníků a lávek
  - Vodorovná zatížení (charakteristické hodnoty)
    - $Q_{flk}$  působící v úrovni vozovky ve směru podélné osy lávky
      - Vyšší z hodnot
      - 10 % z celkového zatížení odpovídajícího rovnoměrnému zatížení
      - 60 % celkové tíhy obslužného vozidla

*Vodorovná síla působí současně s odpovídajícím svislým zatížením  
ale **nikdy** se soustředěným zatížením*



# Zatížení dopravou (MVL)

- Zatížení chodníků a lávek
  - Dynamická zatížení
  - Stanovení vlastních frekvencí
    - Svislé kmitání
    - Vodorovné kmitání
    - Torzní kmitání
  - Nutno zabránit rezonanci
    - Svislý směr 1 – 3 Hz
    - Vodorovný směr 0,5 – 1,5 Hz

