

ZATÍŽENÍ MOSTŮ dle evropských norem (EN)

Ing. Radim Nečas, Ph.D.



Ústav betonových a zděných k-cí
Veveří 331/95

602 00 Brno



+420 541 147 855



+420 549 250 218



necas.r@fce.vutbr.cz

URL

www.fce.vutbr.cz

1

ZATÍŽENÍ MOSTŮ

Evropské normy na zatížení

1. NORMY EN – ZATÍŽENÍ, ÚVOD

ČSN EN 1991-1-1 Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-2 Zatížení mostů dopravou



ČSN EN 1991-1-3 Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem



ČSN EN 1991-1-5 Zatížení teplotou



ČSN EN 1991-1-6 Zatížení během provádění

ČSN EN 1991-1-7 Mimořádná zatížení



ČSN EN 1991-1-2 Zatížení mostů dopravou

Definuje modely zatížení dopravou pro navrhování mostů pozemních komunikací, lávek pro chodce a železničních mostů.

Používá se společně s EN 1990 – 1999 pro navrhování nových mostních konstrukcí, včetně pilířů, opěr, mostních křídel, apod. a jejich základových konstrukcí.

Pro konkrétní projekty lze stanovit doplňující pravidla:

- zatížení dopravou na staveništi, vojenská vozidla, tramvaje, ...
- zatížení pro mosty převádějící silniční i kolejovou dopravu
- pro zatížení uvažovaná v mimořádných návrhových situacích
- pro zděné klenbové mosty

Zásady pro kombinace zatížení dopravou se zatíženími jinými než dopravou jsou uvedeny v [příloze A2 k EN 1990](#).

Pro [mosty pozemních komunikací](#) reprezentují modely zatížení LM1 a LM2 s regulačními součiniteli α a β rovnými 1 největší dopravu, se kterou se lze v praxi setkat nebo kterou lze očekávat s výjimkou zatížení zvláštními vozidly vyžadujícími povolení k pohybu na hlavních trasách evropských zemí.

Doporučuje se, aby hodnoty regulačních součinitelů α a β byly pro návrh mostu stanoveny podle kategorie komunikace.

Pro [železniční mosty](#) reprezentuje model zatížení 71 (SW/0 pro spojitě mosty) statický účinek standardní kolejové dopravy.

Model zatížení SW/2 představuje účinek těžké kolejové dopravy. Trati, na kterých se musí toto zatížení uvažovat jsou definovány v národní příloze nebo pro konkrétní projekt.

Charakteristické hodnoty uvedené pro model 71 a model SW/0 lze násobit součinitelem α u tratí, které převádí kolejovou dopravu těžší nebo lehčí, než je standardní.

2. ZATÍŽENÍ SILNIČNÍ DOPRAVOU, MOSTY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Pro návrh mostů pozemních komunikací se zatěžovací délkou kratší 200 m.

Pro zatěžovací délky větší než 200 m se použije na délce 200 m model zatížení LM1 a v částech nad 200 m se aplikuje rovnoměrné zatížení $q = 2,5 \text{ kNm}^{-2}$ po celé šířce vozovky.

Dynamické zvětšení je zahrnuto v modelech zatížení.

V některých případech lze uvažovat přídatný dynamický součinitel.

Zatěžovací třídy – mosty lze rozlišovat v závislosti na skladbě dopravního proudu (% nákladních vozidel), na jeho intenzitě (průměrný počet vozidel za rok), na jeho podmínkách (frekvence výskytu dopravních zácp), podle pravděpodobné extrémní tíhy vozidel a případně vlivu dopravního značení omezující zatížitelnost mostu.

=> rozdíly se uvažují použitím regulačních součinitelů α a β vhodných pro polohu mostu

Kritéria pro průhyby mostů pozemních komunikací v ČR nejsou stanovena.

Přídavný dynamický součinitel

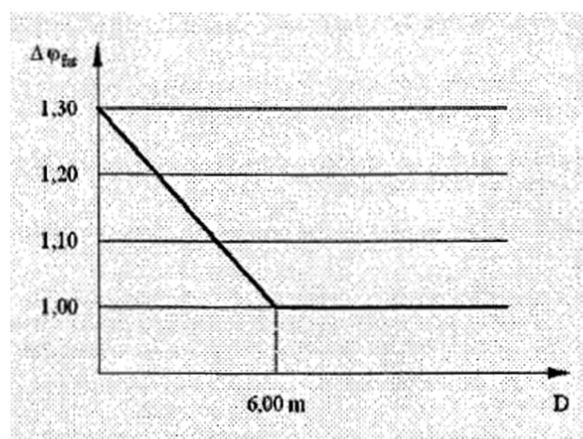
Přídavný dynamický součinitel se označuje $\Delta\phi_{fat}$ a uvažuje se mimo jiné v blízkosti mostních závěrů. Nepoužívá se při návrhu masivní spodní stavby a při návrhu založení mostu.

$$\Delta\phi_{fat} = 1,30\left(1 - \frac{D}{26}\right); \quad \Delta\phi_{fat} \geq 1$$

D ... je vzdálenost uvažovaného příčného řezu od mostního závěru [m].

Pozn.:

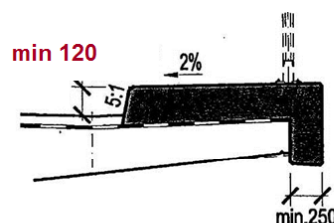
Zjednodušeně lze uvažovat $\Delta\phi_{fat} = 1,3$ a použít jej pro všechny řezy do vzdálenosti 6 m.



Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

Šířka vozovky w se měří mezi obrubníky nebo mezi vnitřními líci záchytných systémů. Nezahrnuje vzdálenost mezi trvalými záchytnými systémy nebo obrubníky středního dělicího pásu ani šířku těchto záchytných systémů pro vozidla.

Minimální výška obrubníku je **120 mm**. Je-li výška menší jedná se o přejízdny obrubník. V tomto případě se pro globální pos. (podélný směr) uvažuje šířka vozovky mezi obrubníky a pro lokální posudek (příčný směr) šířka mezi líci záchytného systému).

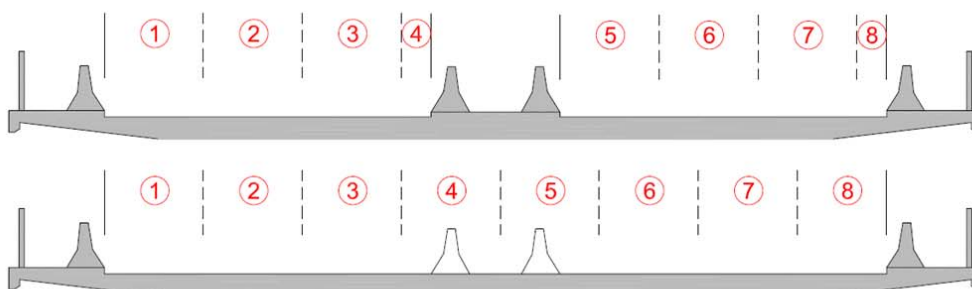


POČET A ŠÍŘKA ZATĚŽOVACÍCH PRUHŮ

Šířka vozovky w	Počet zatěžovacích pruhů	Šířka zatěžovacího pruhu w_l	Šířka zbývajících plochy
$w < 5.4 \text{ m}$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5.4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w / 2$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int} (w / 3)$	3 m	$w - 3 \times n_l$

Pokud je vozovka na nosné konstrukci mostu fyzicky rozdělena do dvou částí oddělených středním dělicím pásem, pak platí:

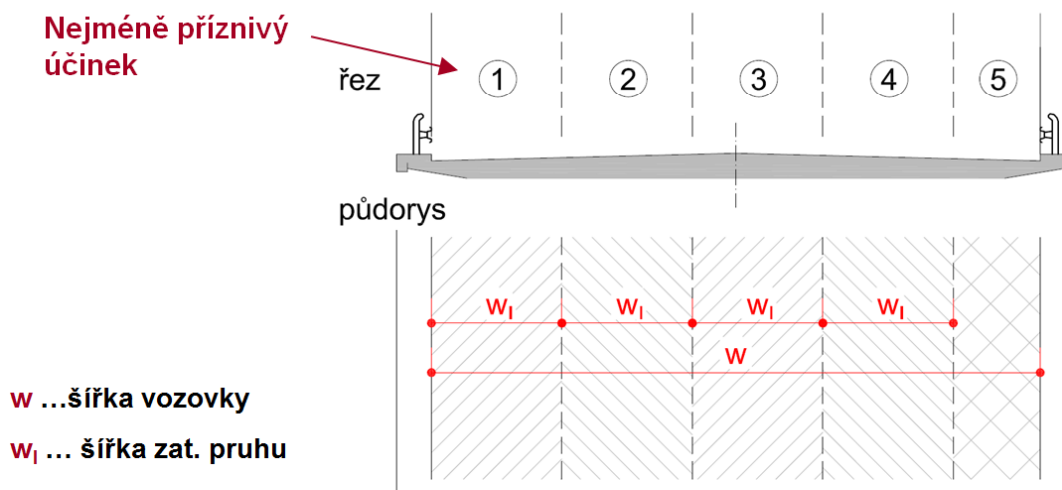
- části jsou odděleny trvalým záchytným systémem, pak každá část včetně nouzových pruhů nebo krajnic se má rozdělit samostatně do zatěžovacích pruhů
- části jsou odděleny dočasným záchytným systémem, pak se má rozdělit do zatěžovacích pruhů celá vozovka, včetně středního dělicího pásu.



Umístění a číslování pruhů

Umístění, počet a číslování pruhů tak, aby účinek od modelů zatížení byl co nejnepríznivější.

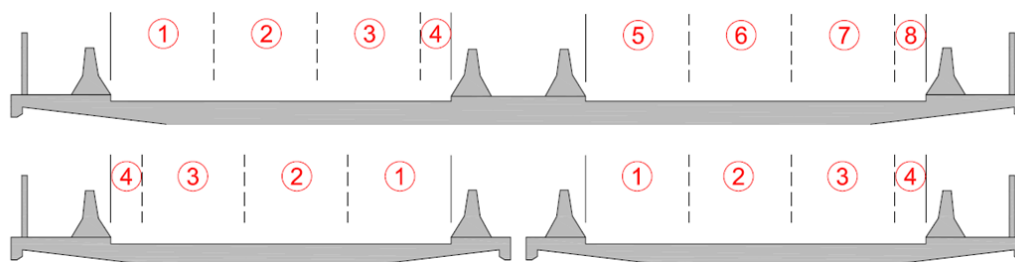
Pro únavové modely má být vybráno rozmístění a číslování pruhů v závislosti na očekávané dopravě při běžných dopravních podmínkách.



Pokud se vozovka skládá ze dvou oddělených částí na jedné nosné konstrukci, má se použít pouze jedno číslování pro celou vozovku.

Pokud je vozovka ze dvou oddělených částí na dvou nezávislých nosných konstrukcích, má se použít pro každou nosnou konstrukci oddělené číslování.

Pokud jsou obě nosné konstrukce uloženy na společných pilířích, nebo opěrách, pak se mají pro jejich návrh číslovat obě části vozovky společně.



V každém zatěžovacím pruhu (zbývající ploše) se mají použít modely zatížení na takové délce a umístění, tak aby se získal nejnepríznivější účinek.

Regulační součinitele pro ČR

Dělení pozemních komunikací:

Skupina 1 ... všechny pozemní komunikace kromě uvedených ve skupině 2

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

HODNOTY REGULAČNÍCH SOUČINITELŮ α PRO ČR

skupina pozemních komunikací	α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	α_{q2}	α_{qi} ($i > 2$) a α_{qr}
1	1.0	1.0	1.0	1.0	2.4	1.2
2	0.8	0.8	0.8	0.45 ¹⁾	1.6	1.6

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

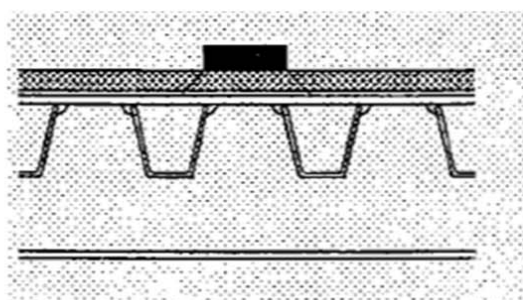
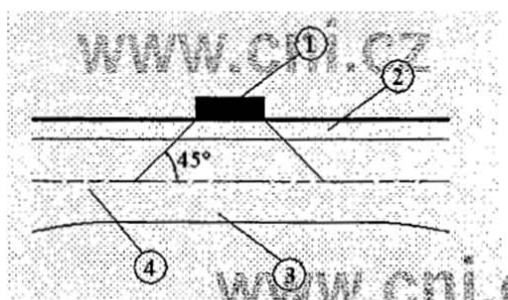
Součinitel β_Q pro model LM2 je roven α_{Q1} .

Roznášení soustředěných zatížení

Soustředěná zatížení (pro lokální ověření) související s modely zatížení 1 a 2 se uvažují rovnoměrná po celé dotykové ploše.

Roznášení vozovkou a betonovou deskou mostovky se má uvažovat pod **úhlem 45°** do střednicové plochy desky.

Roznášení vozovkou a ortotropní mostovkou se má uvažovat pod **úhlem 45°** do střednicové plochy nosné horní desky.



2.1 SVISLÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

Model zatížení 1 (LM1): Soustředěná a rovnoměrná zatížení, která zahrnují většinu účinků dopravy osobními a nákladními vozidly.

Model zatížení 2 (LM2): Jedna nápravová síla zahrnující účinky běžné dopravy na krátkých nosných prvcích (zatěžovací délky 3-7 m).

Model zatížení 3 (LM3): Soubor nápravových sil představující zvláštní vozidla na trasách, kde je povoleno výjimečné zatížení.

Model zatížení 4 (LM4): Zatížení davem lidí (u mostů ve městech v případech, kdy jeho účinek není zřejmě pokryt modelem LM1).

X	X
	X
X	X
X	

Celkové účinky

Lokální účinky

LM1, LM2, LM3 ... pro jakoukoli návrhovou situaci (např. pro dočasnou při opravách).

LM4 ... pouze pro některé dočasné návrhové situace.

Model zatížení 1 (LM1)

Model zatížení LM1 se skládá ze dvou dílčích soustav:

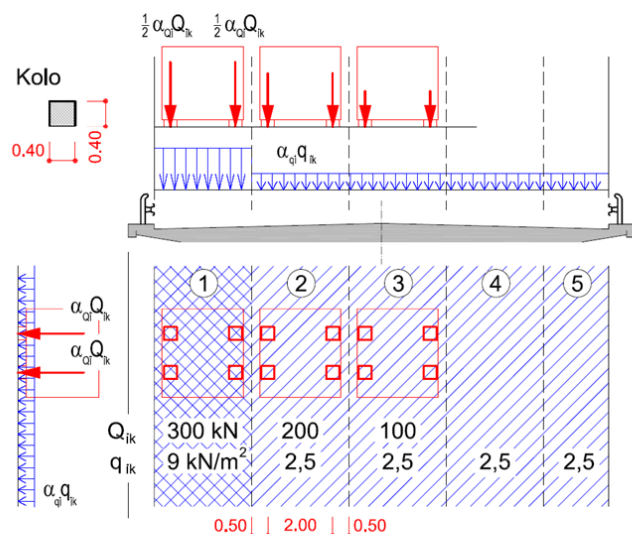
- soustředěné zatížení od dvojnápravy (TS), každá náprava o tíze $\alpha_Q Q_k$,
- rovnoměrné zatížení (UDL) o velikosti $\alpha_q q_k$ (pouze v nepříznivých částech příčinkových ploch).

V zatěžovacím pruhu pouze jedna kompletní dvojnáprava, která se pohybuje v ose pruhu pro celkové ověření.

Lokálně může jet mino osu pruhu.

Každé kolo nápravy vyvoluje zatížení $0,5 \alpha_Q Q_k$.

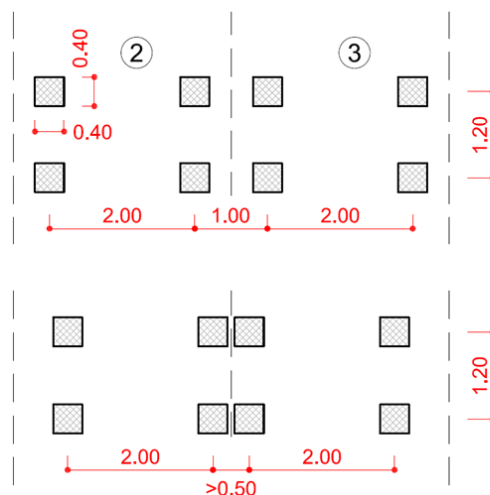
Kontaktní plocha kola $0,4 \times 0,4$ m.



Pro lokální ověření má být dvojnáprava umístěna v nejméně příznivé poloze. Pokud se uvažují dvojnápravy na obou sousedních pruzích, mohou být umístěny blíže, a to tak, že vzdálenost mezi koly nesmí být menší než **0,5 m**.

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zat. (UDL)
	Q_{ik} [kN]	q_{ik} (nebo q_{rk}) [kN/m ²]
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

V tabulce jsou uvedeny charakteristické hodnoty včetně dynamického součinitele.

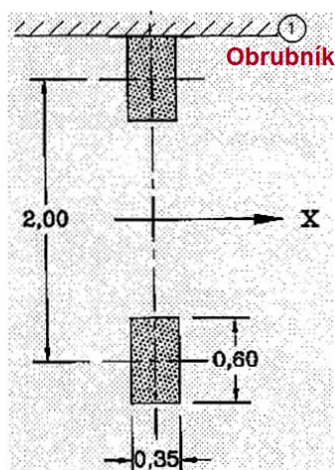


Model zatížení 2 (LM2)

Model je tvořen jednou nápravovou silou $\beta_Q \times Q_{ak}$, kde $Q_{ak} = 400$ kN, která působí v kterémkoliv místě na vozovce.

V případě potřeby lze uvažovat pouze jedno kolo působící silou $200 \times \beta_Q$ [kN].

V blízkosti mostních závěrů se má použít přidavný dynamický součinitel.



Dotyková plocha kola:

0,35 × 0,6 m

Pozn.:

pro zjednodušení lze uvažovat stejnou plochu jako u LM1

0,4 × 0,4 m

Model zatížení 3 (LM3)

Základní modely zvláštních vozidel odpovídají různým úrovním výjimečného zatížení schválených k provozu na trasách evropské silniční sítě.

TŘÍDY ZVLÁŠTNÍCH VOZIDEL PRO ČR

Označení	Celková tíha vozidla	Šířka vozidla	Skladba náprav
900 / 150	900 kN	3 m	6 náprav po 150 kN
1800 / 200	1800 kN	3 m	9 náprav po 200 kN
3000 / 240	3000 kN	4.5 m	12 náprav po 240 kN + 1 náprava 120 kN

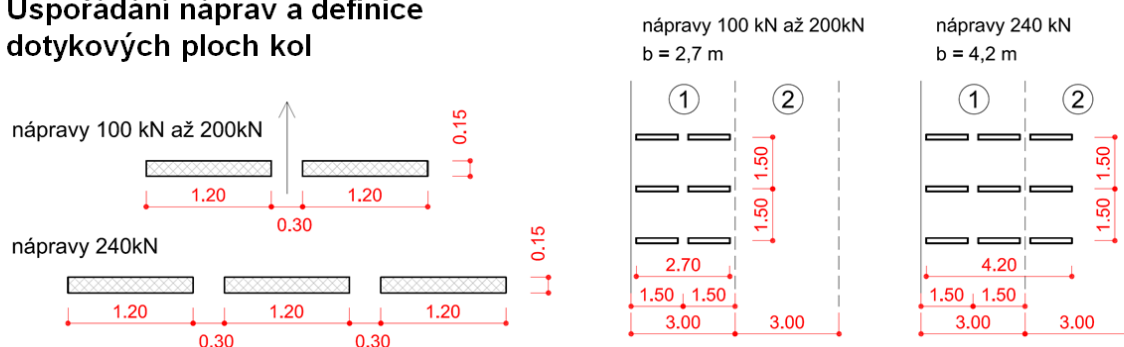
Vzdálenost náprav v sestavě **$e = 1,50$ m.**

Modely se pohybují buď nízkou rychlostí (max. **5 km/hod**) nebo normální rychlostí (max. **70 km/hod**).

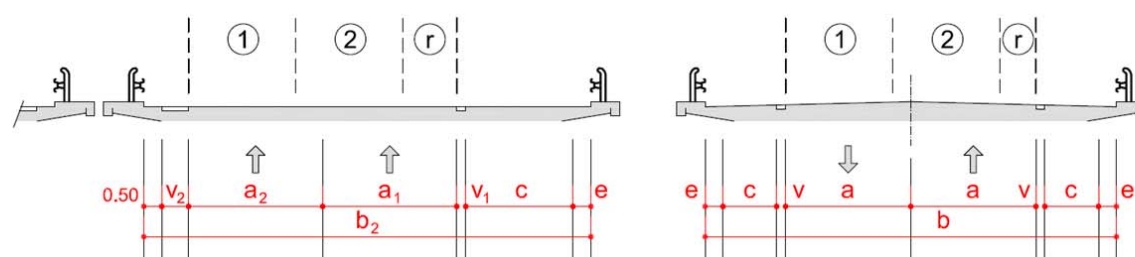
Pro pohyb nízkou rychlostí se má uvažovat dynamický součinitel **$\varphi = 1,05$** ,
pro pohyb normální rychlostí se má uvažovat dynamický součinitel **$\varphi = 1,25$** .

ZATÍŽENÍ MOSTŮ

Mosty pozemních komunikací

Uspořádání náprav a definice dotkových ploch kol

Zatěžovací pruhy se mají umístit na vozovce v nejméně příznivé poloze. Pro tento případ se má vozovka definovat bez nouzových pruhů, krajnic a vodících proužků.



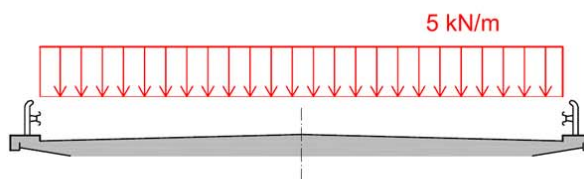
Model zatížení 4 (LM4)

Zatížení davem lidí se uvažuje rovné **5 kN/m²** (včetně dynamického součinitele).

Použití modelu lze definovat pro konkrétní projekt.

Model se má použít v příslušných částech délky i šířky nosné konstrukce (případně i ve středním dělicím pásu).

Je určen pro celková ověření, má se použít výhradně v dočasných návrhových situacích.

2.2 VODOROVNÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTYBrzdné a rozjezdové síly – LM1

Brzdná síla (rozjezdová síla) Q_{lk} se uvažuje jako podélná síla působící v úrovni povrchu vozovky v ose kteréhokoliv zatěžovacího pruhu. Pokud nejsou účinky excentricity významné, předpokládá se působíště v ose vozovky a rovnoměrné rozdělení po celé zatěžovací šířce.

Charakteristická hodnota $Q_{lk} < 900 \text{ kN}$ pro celou šířku mostu se vypočte jako část celkového svislého zatížení modelu LM1 umístěného na pruhu 1

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

$$180 \alpha_{Q1} \text{ (kN)} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ kN} \quad \text{kde } L \text{ je délka nosné konstrukce [m]}$$

*Pozn.: u mostů s přesypávkou (pokud se nepočítá přesněji) se účinek vodorovných sil přenáší plnou hodnotou pokud je povrch nosné konstrukce pod úrovní komunikace nejvíce **0,50 m**. Při hloubce **2,0 m** a větší se tyto vodorovné účinky uvažují rovny **0**.*

Vodorovná síla přenášená mostním závěrem se vypočte $Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} Q_{1k}$

Brzdné a rozjezdové síly – LM3

Pro modely zatížení LM3 pohybující se po mostě rychlostí $\leq 5 \text{ km/h}$ se nemusí uvažovat brzdné a rozjezdové síly.

Pro modely zatížení LM3 pohybující se normální rychlostí se musí uvažovat brzdné a rozjezdové síly současně se svislým zatížením modelu LM3, které lze umístit na nosnou konstrukci mostu.

Charakteristická hodnota $Q_{lk} < 600 \text{ kN}$ pro celou šířku mostu se vypočte jako část celkového max. svislého zatížení modelu LM3 umístěného v pruhu 1 a případného rovnoměrného zatížení umístěného v pruhu 2

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

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

kde L je délka nosné konstrukce [m], Q_{LM3} je tíha zvláštního vozidla

Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivá síla Q_{tk} se uvažuje jako osamělá příčná síla v úrovni dokončeného povrchu vozovky radiálně k ose vozovky v kterémkoliv průřezu NK.

Charakteristické hodnoty Q_{tk} se vypočtou z celkové tíhy svislého soustředného zatížení dvojnápravami modelu LM1

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

Odstředivá síla [kN]	Poloměr osy vozovky
$Q_{tk} = 0,2 Q_v$	$r < 200 \text{ m}$
$Q_{tk} = 40 Q_v / r$	$200 \leq r \leq 1500 \text{ m}$
$Q_{tk} = 0$	$r > 1500 \text{ m}$

Současně se silou Q_{lk} v úrovni dokončeného povrchu vozovky se uvažují i případné boční síly vznikající při šikmém brzdění nebo smyku $Q_{trk} = 0,25 Q_{lk}$.

Minimální příčné zatížení není v ČR definováno. Do kombinačních vztahů se dosazuje větší z hodnot Q_{tk} nebo Q_{trk} .

2.3 SESTAVY ZATÍŽENÍ DOPRAVOU

Každá sestava se má považovat za charakteristickou hodnotu zatížení pro kombinace se zatížením jiným od dopravy.

Charakteristické hodnoty vícesložkových zatížení:

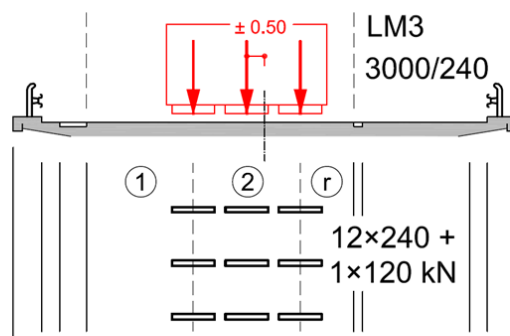
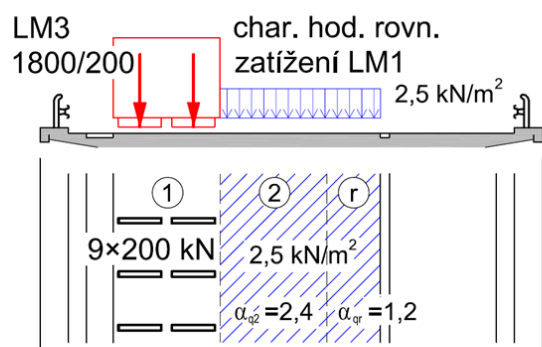
		VOZOVKA						CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY
		svislé síly				vodorovné síly		pouze svislé zatížení
Zatěžovací systém		dvojnáprava a rovn. zat. LM1	jednotlivá náprava LM2	zvláštní vozidla LM3	zatížení davem lidí LM4	brzdné a rozjezd. síly ^(a)	odstředivé síly a příčné síly ^(a)	rovnoměrné zatížení
SESTAVY ZATÍŽENÍ	gr1a	charakteristické hodnoty						3 kNm ⁻²
	gr1b		charakteristická hodnota					
	gr2	časté hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota	
	gr3							charakteristická hodnota ^(c)
	gr4				charakteristická hodnota			charakteristická hodnota
	gr5	charak. hod. rovn. zatížení		charakteristická hodnota				

 ... Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející sestavě)

ZATÍŽENÍ MOSTŮ

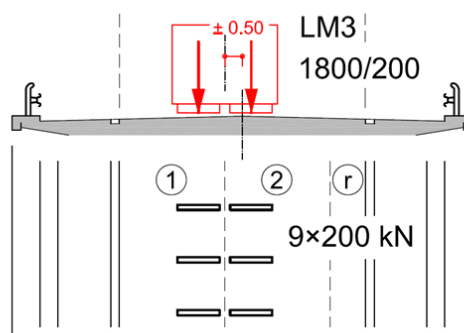
ZVLÁŠTNÍ VOZIDLA PRO DÁLNIČE, RYCHLOSTNÍ KOMUNIKACE A VYBRANNÉ TRASY

Označení, celková tíha	1800/200, 1800 kN	3000/240, 3000 kN
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje jako jedinné vozidlo v pruhu 1.	Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zat. pruhů, přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	V pruhu 2 (a dalších) se uvažuje LM1 hodnotami pro pruh 2 (a dalších) bez zatížení od dvojnápravy, tj. pouze char. hod. pro rovnoměrné zatížení $\alpha_{q1} q_{1k}$ resp. $\alpha_{qr} q_{rk}$.	Po celé délce nosné konstrukce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)	Nízká (≤ 5 km/hod)
Dynamický součinitel	$\phi = 1.25$ ¹⁾	$\phi = 1.05$
Poznámka	Při přejezdu zvláštního vozidla nebude povolen souběžný provoz pro vozidla nad 5t.	Jedná se o jedinné vozidlo na mostě.



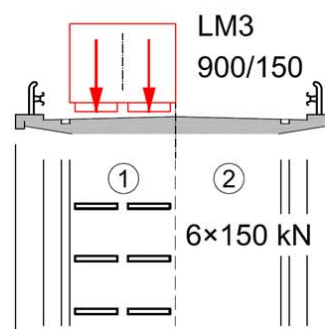
ZVLÁŠTNÍ VOZIDLA PRO SILNICE I. a II. TŘÍDY

Označení, celková tíha	1800/200, 1800 kN
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v ideální stopě v prostoru všech zat. pruhů, přičemž se uvažuje možná odchylka od této polohy $\pm 0,50$ m.
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)
Dynamický součinitel	$\varphi = 1.25$
Poznámka	Jedná se o jedinné vozidlo na mostě.



ZVLÁŠTNÍ VOZIDLA PRO SILNICE III. TŘÍDY (PK SKUPINY 1)

Označení, celková tíha	900/150, 900 kN
Umístění zatížení	Zvláštní vozidlo se pohybuje v prostoru zatěžovacích pruhů.
Kombinace zatížení	Po celé délce mostu musí být vyloučena veškerá ostatní doprava.
Rychlost	Normální (≤ 70 km/hod)
Dynamický součinitel	$\varphi = 1.25$
Poznámka	Jedná se o jedinné vozidlo na mostě.



Časté hodnoty zatížení se sestávají buď pouze z častých hodnot modelu LM1, nebo častých hodnot modelu LM2, nebo častých hodnot zatížení na chodnících.

Kvazistálé hodnoty jsou obecně rovny 0.

Pro občasně hodnoty lze použít sestavy gr1-gr5 s občasnými hodnotami.

Časté hodnoty vícesložkových zatížení:

		VOZOVKA	CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY
Zatěžovací systém		svislé síly	
		dvojnáprava a rovn. zat. LM1	jednotlivá náprava LM2
SESTAVY ZATÍŽENÍ	gr1a	časté hodnoty	
	gr1b		častá hodnota
	gr3		častá hodnota

Pozn.:

V dočasných návrhových situacích se char. hodnoty zatížení od dvojnápravy uvažují $0,8 \alpha_{Qi} Q_{ik}$. Všechny ostatní charakteristické, časté a kvazistálé hodnoty jsou beze změny.

Současné působení zatížení dopravou a ostatními (např. klimatickými) zatíženími se považuje za kombinaci zatížení.

Součinitele ψ pro mosty pozemních komunikací:

zatížení	značka		ψ_0	ψ_1	ψ_2
dopravou	gr1a	TS (dvojnápravy)	0.75	0.75	0
		UDL (rovnoměrné zatížení)	0.40	0.40	0
		chodci a cyklisti	0.40	0.40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)	0	0.75	0	
	gr2 (vodorovné síly)	0	0	0	
	gr3 (zatížení chodci)	0	0.40	0	
	gr4 (zatížení davem lidí)	0	-	0	
	gr5 (zvláštní vozidla)	0	-	0	
větrem	F _{wk} - trvalé návrhové situace		0.6	0.2	0
	- provádění		0.8	-	0
	F _w [*]		1.0	-	0
teplotou	T _k		0.6	0.6	0.5
sněhem	Q _{Sn,k} (během provádění)		0.8	-	-
staveništní	Q _c		1.0	-	1.0

Kombinace zatížení (mezní stav únosnosti)

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinější	Ostatní
Výraz 6.10	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_p P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
6.10a	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_p P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
6.10b	$\xi \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_p P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
$\gamma_{Gj,sup} = 1.35$ $\gamma_{Gj,inf} = 1.00$ $\gamma_Q = 1.35$ $\gamma_Q = 1.45$ $\gamma_Q = 1.20$ $\gamma_Q = 1.50$ $\xi = 0.85$						
nepříznivě působící zatížení silniční dopravou a chodci zatížení železniční dopravou, sestavy gr11 až gr31 (s výjimkou 16,17, 26 a 27) zatížení železniční dopravou, sestavy gr16 a 17 a model SW/2 ostatní zatížení dopravou a další proměnná zatížení						

Kombinace zatížení (mezní stavy použitelnosti)

Kombinace	Stálá zatížení		Předpětí	Proměnná zatížení	
	Nepříznivá	Příznivá		Nejúčinnější	Ostatní
Charakteristická	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Častá	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Kvazistálá	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

U betonových mostů lze pro některé mezní stavy použitelnosti použít **občasné** hodnoty proměnných zatížení – **občasná kombinace zatížení**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + \psi_{1,infq} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{1,i} Q_{k,i}$$

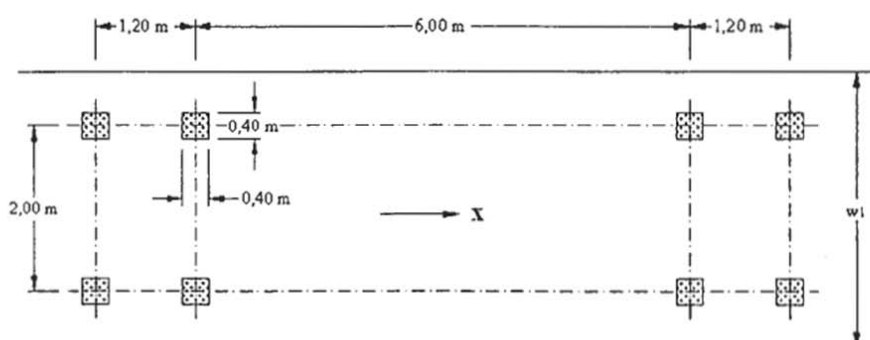
$\psi_{1,infq} = 0,8$ (pro gr1-gr4 a teplotu),
 $\psi_{1,infq} = 0,6$ (pro F_{wk} trvalých situacích),
 $\psi_{1,infq} = 1,0$ (ostaní případy).

2.4 MODEL ZATÍŽENÍ NA ÚNAVU

V normě je uvedeno 5 modelů zatížení na únavu. První tři se používají na stanovení maximálních a minimálních napětí v posuzované části konstrukce, další dva umožní stanovení spektru napětí, která vznikají od přejezdu nákladních vozidel.

Model zatížení na únavu 3 (model jednotlivého vozidla):

Model čtyřnápravového vozidla o nápravové síle **120 kN** s dotykovou plochou každého kola **0,40 × 0,40 m**.



2.5 MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ MOSTŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Síly od nárazu vozidla pod mostem (od nárazu na nosné prvky nad vozovkou)

Síly způsobené nárazem vozidla na pilíř se uvažují **1000 kN** ve směru jízdy a **500 kN** ve směru kolmém. Výška působíště síly je **1,25 m** nad povrchem.

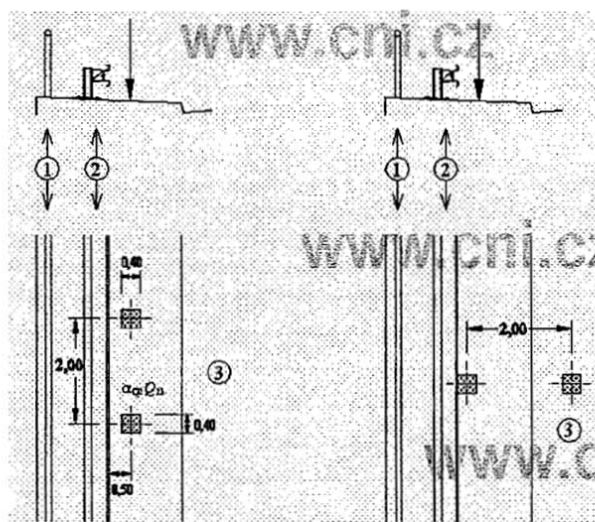
Síly od nárazu vozidla do nosné konstrukce viz EN 1991-1-7.

Zatížení vozidly na mostě

Pokud je použito tuhé svodidlo, není nutno uvažovat zatížení těžkým kolem za tímto svodidlem.

Mimořádná nápravová síla $\alpha_{Q2} Q_{2k}$ se pak umístí na nechráněnou část NK, tak aby její účinek byl co nejnepriznivější.

Tam, kde není použito tuhé svodidlo, umístí se toto zatížení k okraji nosné konstrukce.



Síly od nárazu na obrubník

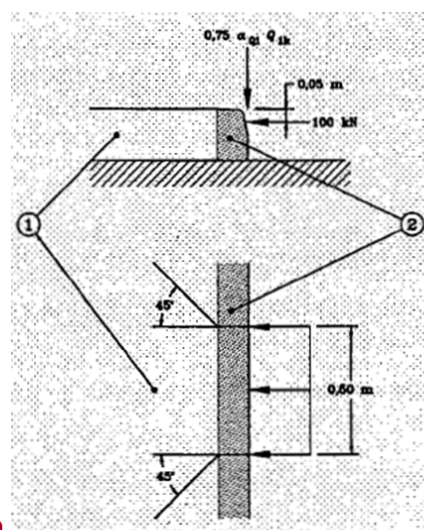
Náraz vozidla na obrubník se uvažuje jako boční síla **100 kN** působící **0,05 m** pod horním okrajem obrubníku na délce **0,5 m** (zatížení se dále roznáší pod úhlem **45°**).

Pokud je to nepříznivé má se současně s touto silou uvažovat svislé zatížení dopravou $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$.

Síly od nárazu na svodidla

Doporučená třída	Vodorovná síla [kN]
A	100
B	200
C	400
D	600

Vodorovná síla působí příčně na délce **0,5 m**, buď **100 mm** pod horní úroveň hrany svodidla, nebo **1,0 m** nad vozovkou (bere se menší hodnota).



Současně s vodorovnými silami působí svislé síly $0,75\alpha_{Q1}Q_{1k}$. Konstrukce podpírající svodidlo se navrhuje na zatížení odpovídající **1,25** násobku lokální odolnosti svodidla.

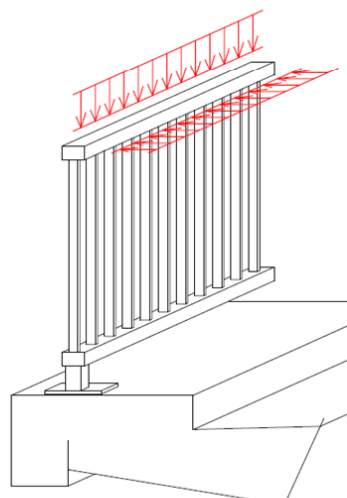
2.6 ZATÍŽENÍ ZÁBRADLÍ

Při návrhu konstrukce mají být síly přenášené zábradlím do nosné konstrukce mostu uvažovány jako proměnné zatížení a stanoveny v závislosti na zvolené třídě zábradlí (pro mosty min. třída C dle EN 1317-6).

Doporučená minimální hodnota proměnného zatížení na zábradlí ve směru svislém nebo vodorovném je **1,0 kN/m**. Toto zatížení působí jako přímkové na horní hraně zábradlí.

Pro nouzový chodník je doporučena minimální hodnota **0,8 kN/m**.

Pokud není zábradlí dostatečně chráněné proti nárazu vozidla, má být podpěrná konstrukce navržena tak, aby odolala účinku mimořádného zatížení rovnému **1,25** násobku charakteristické odolnosti zábradlí.



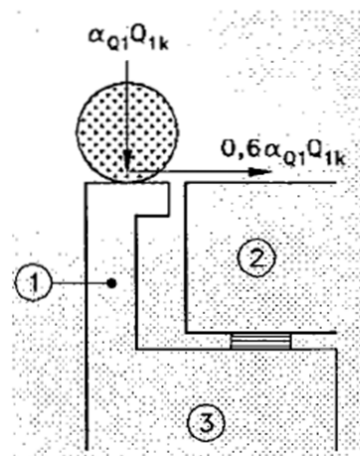
2.7 MODEL Y ZATÍŽENÍ NA OPĚRY

Pro svislé zatížení za opěrami se používá model LM1 příp. LM3, přičemž lze uvažovat nápravová zatížení (osamělé síly) dopravou roznesená na půdorysnou náhradní plochu (dle tab.) => rovnoměrné zatížení q_{eq} . Současně s uvedeným se uvažuje i přitížení povrchu terénu rovnoměrným zatížením modelu LM1.

Roznášení zatížení násypem nebo zeminou je uvedeno v EN 1997, doporučuje se hodnota úhlu roznášení **30°** od svislé roviny.

Model zatížení	Druh zatížení	Náhradní plocha
LM1	Dvojnáprava (TS)	3.0 × 5.0 m
LM3	Vozidlo 900/150	3.0 × 8.0 m
	Vozidlo 1800/200	3.0 × 14.0 m
	Vozidlo 3000/240	3.0 × 19.0 m

Pro návrh závěrných zdí se uvažuje podélná brzdná síla **0,6 $\alpha_{Q1} Q_{1k}$** , která působí současně s nápravovou silou $\alpha_{Q1} Q_{1k}$ modelu LM1 a se zemním tlakem od násypu.



3. ZATÍŽENÍ CHODNÍKŮ, CYKLOSTEZEK A LÁVEK PRO CHODCE

Následující užitná zatížení vznikají od pěší a cyklistické dopravy, od podružných staveništních zatížení, od obslužných vozidel (vozidla údržby) a při mimořádných návrhových situacích.

S výjimkou obslužného vozidla se mají použít stejné modely zatížení na lávkách pro chodce, chodnicích mostů pozemních komunikací a na služebních chodnicích drážních mostů.

Pro revizní lávky zabudované do mostu a pro nástupiště na drážních mostech se doporučuje použít odděleně buď rovnoměrné zatížení **2 kN/m²**, nebo soustředěné zatížení **3 kN** (pro neveřejné služební chodníky soustředěné zatížení **2 kN**) působící na ploše **0,2 × 0,2 m**.

Pokud není proveden podrobný dynamický výpočet (pro posouzení lávek) zahrnují již jednotlivé modely dynamické účinky.

Pro velké lávky (širší než **6 m**) nemusí být tyto modely vhodné

=> nutno stanovit doplňující zatěžovací modely a kombinační pravidla.

3.1 SVISLÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

Rovnoměrné zatížení

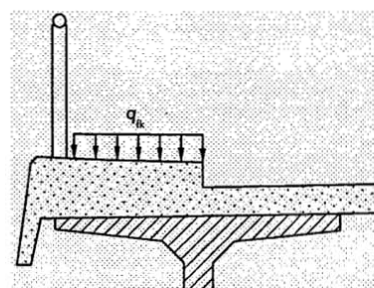
Rovnoměrné zatížení chodníků a cyklistických pruhů na mostech pozemních komunikací se uvažuje hodnotou **$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$** .

Pokud není pro lávky pro chodce požadován model zatížení LM4 (**$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$**) jsou uvažovány hodnoty

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

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

L ... zatěžovací délka [m]



Soustředěné zatížení

Soustředěné zatížení **$Q_{fwk} = 10 \text{ kN}$** působící na ploše **0,1 × 0,1 m**.

Pro lávky, u kterých je zamezeno vjetí vozidel, se uvažuje **$Q_{fwk} = 2 \text{ kN}$** na ploše **0,1 × 0,1 m**. Pokud je pro lávku stanoveno obslužné vozidlo, **Q_{fwk}** se neuvažuje.

Kde lze rozlišit celkové a lokální účinky, uvažuje se soustředěné zatížení pouze pro lokální účinky.

Obslužné vozidlo

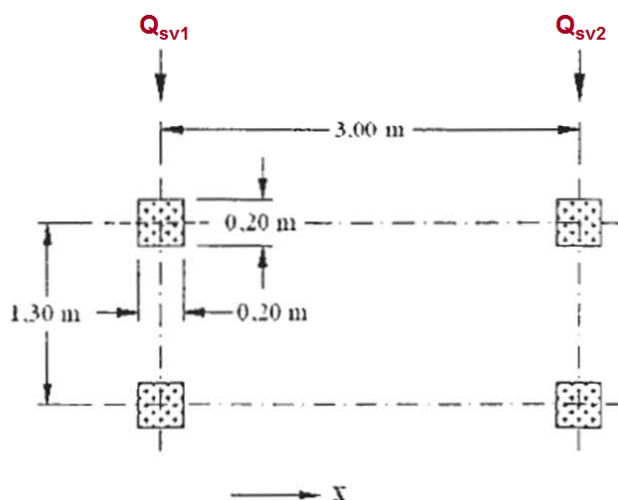
Pokud není překážkou zabráněno vjezdu vozidel na nosnou konstrukci lávky uvažuje se obslužné vozidlo Q_{serv} o celkové hmotnosti **12 t**.

Model dvojnápravy **80 + 40 kN** vzdálených od sebe **3 m** dle obrázku

$$Q_{sv1} = 80 \text{ kN}; \quad Q_{sv2} = 40 \text{ kN}$$

Pozn.:

Pro konkrétní projekt lze definovat několik obslužných vozidel, která lze uvažovat pouze jednotlivě.

3.2 VODOROVNÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

Pouze pro lávky se uvažuje vodorovná síla Q_{flk} působící v úrovni vozovky ve směru podélné osy lávky

$$Q_{flk} = \max \{ 10\% \text{ rovn. zatížení; } 60\% \text{ obslužného vozidla} \}$$

Tato síla působí současně s odpovídajícím svislým zatížením (nikdy se soustředěným zatížením).

3.3 SESTAVY ZATÍŽENÍ NA LÁVKÁCH

Zatěžovací systém		svislé síly		vodorovné síly
		rovnoměrné zatížení	obslužné vozidlo	rovnoměrné zatížení
SESTAVA ZATÍŽENÍ	gr1	q_{flk}		Q_{flk}
	gr2		Q_{serv}	Q_{flk}

Každá sestava zatížení se považuje za jedno zatížení do kombinace se zatíženími jinými než od dopravy.

Součinitele ψ pro lávky pro pěší:

zatížení	značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2
dopravou	gr1	0.40	0.40	0
	Q_{fwk}	0	0	0
	gr2	0	0	0
větrem	F_{wk}	0.3	0.2	0
teplotou	T_k	0.6	0.6	0.5
sněhem	$Q_{sn,k}$ (během provádění)	0.8	-	0
staveništní	Q_c	1.0	-	1.0

3.4 MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ LÁVEK

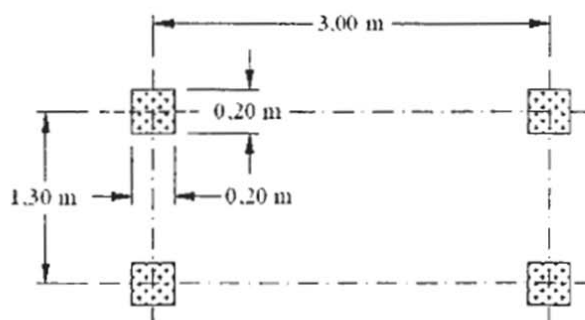
Síly od nárazu vozidla pod lávkou

Mají se definovat opatření k ochraně lávky (silniční záchytný systém, zvětšení výšky průjezdního profilu pro případ nárazu do nosné konstrukce lávky).

Síly od nárazu do podpěry se uvažují stejně jako u mostů pozemních komunikací.

Mimořádný výskyt vozidla na mostě

Pokud není na lávce trvalá překážka zabráňující najetí vozidla na most, uvažuje se vozidlo definované jako „**obslužné vozidlo**“.



3.5 DYNAMICKE MODELY ZATÍŽENÍ CHODCI

V závislosti na dynamických charakteristikách konstrukce se mají stanovit vlastní frekvence (příslušející svislému, vodorovnému a kroutivému kmitání) na vhodném výpočetním modelu.

Pokud nedochází k významné odezvě lávky, normálně se pohybující chodci budí na lávce periodické současně působící síly:

- ve svislém směru s frekvencí **1 Hz – 3 Hz**,
- ve vodorovném směru s frekvencí **0,5 Hz – 1,5 Hz**,
- skupina běžících se pohybuje po lávce ve frekvenci **3 Hz**.

Podrobnou dynamickou analýzu je nutno provést pokud je některá vlastní frekvence svislého kmitání v oblasti **1,0 Hz – 5,0 Hz** a nebo frekvence vodorovného kmitání v oblasti **0,5 Hz – 2,5 Hz**:

Kritéria pohody chodců (z hlediska použitelnosti) se stanoví prostřednictvím přijatelných hodnot zrychlení kmitání $a_{\max}$ [m/s²]

0,7 (svislá kmitání);

0,2 (vodorovná kmitání od běžné dopravy)

0,4 (vodorovné vibrace od výjimečného zatížení davem lidí)

4. ZATÍŽENÍ KOLEJOVOU DOPRAVOU, ŽELEZNIČNÍ MOSTY

Platí pro železniční dopravu na tratích s normálním a širokým rozchodem evropské silniční sítě.

Dynamické zvětšení je od modelů zatížení uvažováno odděleně.

Mosty úzkorozchodných železnic a zatímní mosty se dle normy mohou navrhovat na **model zatížení 71** se součinitelem $\alpha = 1,0$.

Zatížení tramvajovými vozidly a vozidly metra se stanoví dle ČSN EN 1991-2 změna Z1 (příslušná normová zatížení se považují za charakteristické hod.).

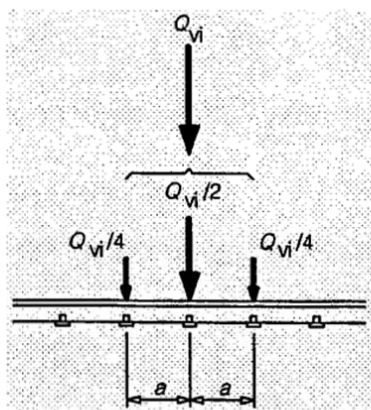
Pro zatížení od železniční dopravy jsou uvedena:

- svislá zatížení
- boční ráz
- svislá zatížení pro zemní těleso
- rozjezdové a brzděné síly
- dynamické účinky
- aerodynamická zat. od projíždějících vlaků
- odstředivé síly
- zatížení od trakčního vedení

Pro železniční mosty je definována max. hodnota průhybu **L/600**.

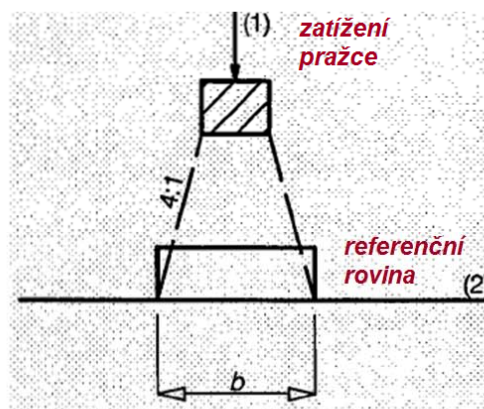
Podélné roznášení nápravových zatížení kolejnicemi, pražci a kolejovým ložem

roznášení kolejnič



Osamělá síla kolového zatížení se může roznášet do tří podporových bodů kolejnič

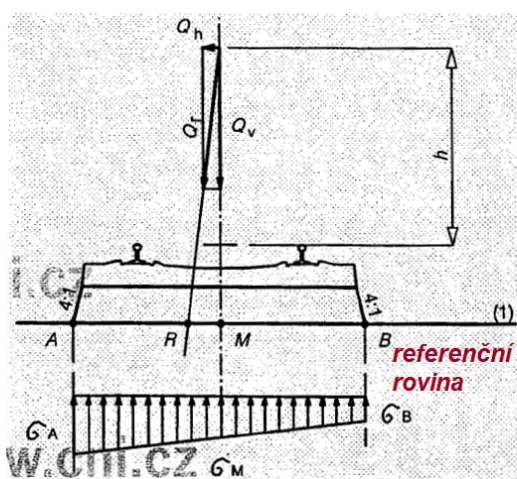
roznášení pražci a kolejovým ložem



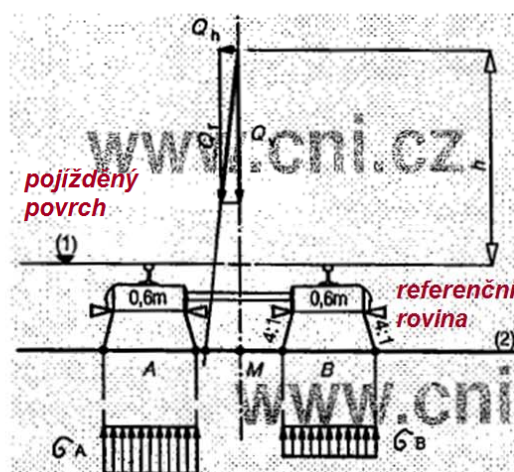
Při navrhování lokálních prvků mostovky se uvažuje podélné roznášení pod pražci 4:1. Referenční rovina je dána horním povrchem mostovky.

Příčné roznášení zatížení pražci a kolejovým ložem

mosty s kolejí bez převýšení

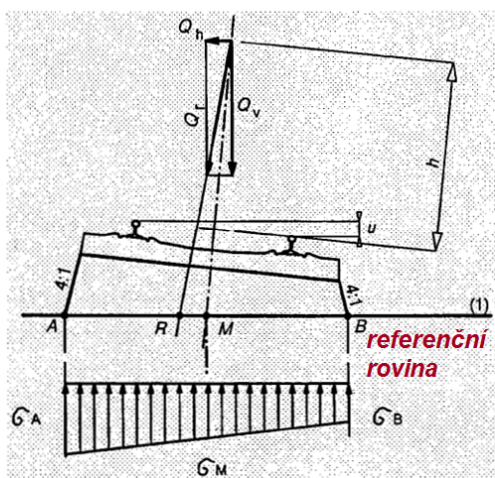


Příčné roznášení se uvažuje 4:1. Účinek excentricky svislého zatížení není znázorněn.



Příčné roznášení zatížení pražci a kolejovým ložem

mosty s převýšením koleje



Pozn.:

Na mostech s kolejovým ložem a s převýšením koleje a s dvoublokovými pražci se předchozí obrázek upraví s uvážením příčného roznášení pod každou kolejnicí.

Příčné roznášení se uvažuje 4:1.
Účinek excentricky svislého zatížení není znázorněn.

4.1 SVISLÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

Model zatížení 71: normální železniční doprava na hlavních železničních tratích,

Model zatížení SW/0: normální železniční doprava na hlavních železničních tratích pro spojitě mosty,

Model zatížení SW/2: těžká zatížení kolejovou dopravou na vybraných železničních tratích,

Model zatížení HSLM: zatížení od osobních vlaků o rychlostech překračujících 200 km/hod.

Model „nezatížený vlak“: účinek nezatíženého vlaku.

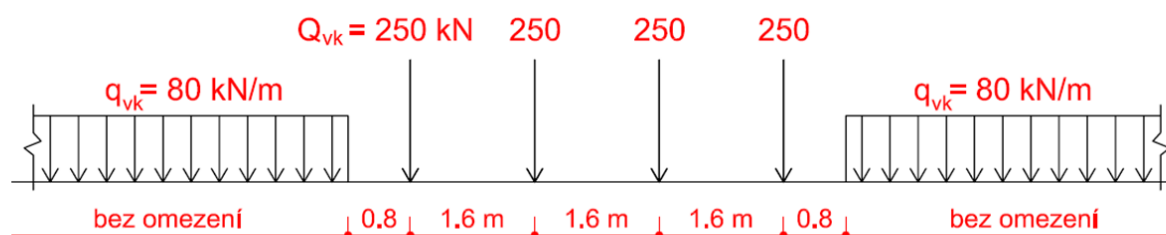
Účinky všech zatížení se musí stanovit ze zatížení dopravou umístěných v nejnepríznivějších polohách. Odlehčující účinek zatížení se musí zanedbat.

Model zatížení 71

Uspořádání modelu zatížení je patrné na obrázku, uvedené charakteristické hodnoty Q_{vk} a q_{vk} se násobí součinitelem α na tratích určených pro těžší nebo lehčí dopravu (tzv. *klasifikovaná zatížení*). Součinitel α se uvažuje

0,75 - 0,83 - 0,91 - 1,00 - 1,10 - 1,21 - 1,33 - 1,46

tratě 3. třídy $\nearrow$ $\nwarrow$ *tratě 1.a 2. třídy (pro 1. třídu navíc SW/2)*



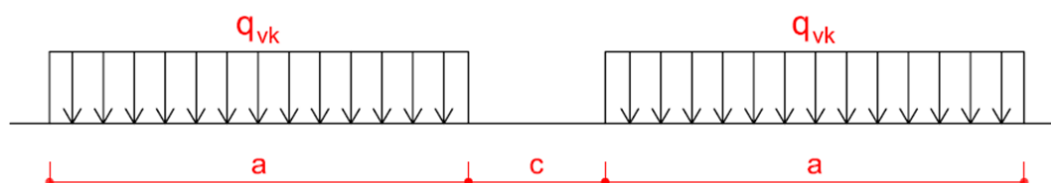
Stejným součinitelem se násobí (odstředivé síly, boční ráz pro $\alpha \geq 1$, rozjezdové a brzdné síly, zatížení od vykolejení, model zatížení SW/0 pro spojitě mosty). Vynásobené zatížení se použije také pro posouzení mezí průhybu.

Pro mezinárodní tratě je součinitel $\alpha \geq 1$.

Modely zatížení SW/0 a SW/2

Uspořádání modelů zatížení a charakteristické hodnoty zatížení q_{vk} jsou patrné na obrázku. Model zatížení SW/0 se násobí součinitelem α .

Těžká železniční doprava (model zatížení SW/2) se může provozovat pouze na tratích 1. třídy.



Model zatížení	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Model zatížení „nezatížený vlak“

Pro některá specifická ověření se používá zvláštní model „**nezatížený vlak**“, který je specifikován svislým rovnoměrným zatížením s charakteristickou hodnotou **10 kN/m**.

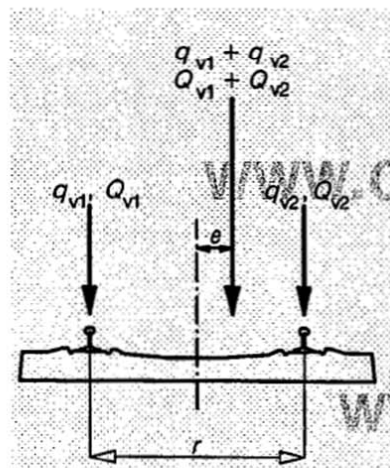
Pozn.: Používá se při ověření stability konstrukce v kombinaci se zatížením větrem.

Excentricita svislých zatížení (model 71 a SW/0)

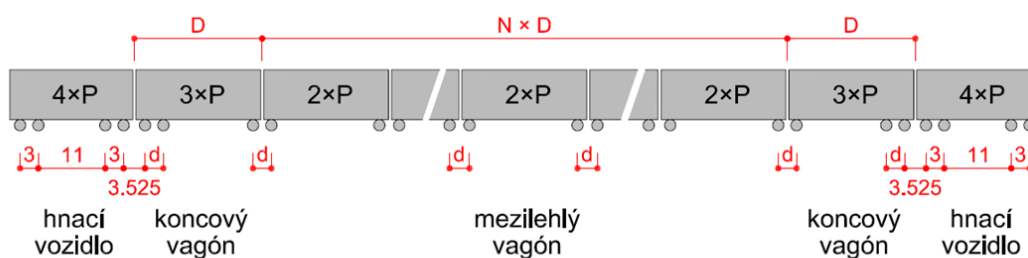
Účinek příčného posunutí svislých zatížení se musí uvažovat poměrem zatížení u všech náprav až do **1,25:1,00**.

$$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2} = \text{LM71 (SW/0)}$$

$$\frac{q_{v1}}{q_{v2}}, \frac{Q_{v1}}{Q_{v2}} \leq 1,25; \quad e \leq \frac{r}{18}$$

Model zatížení HSLM-A

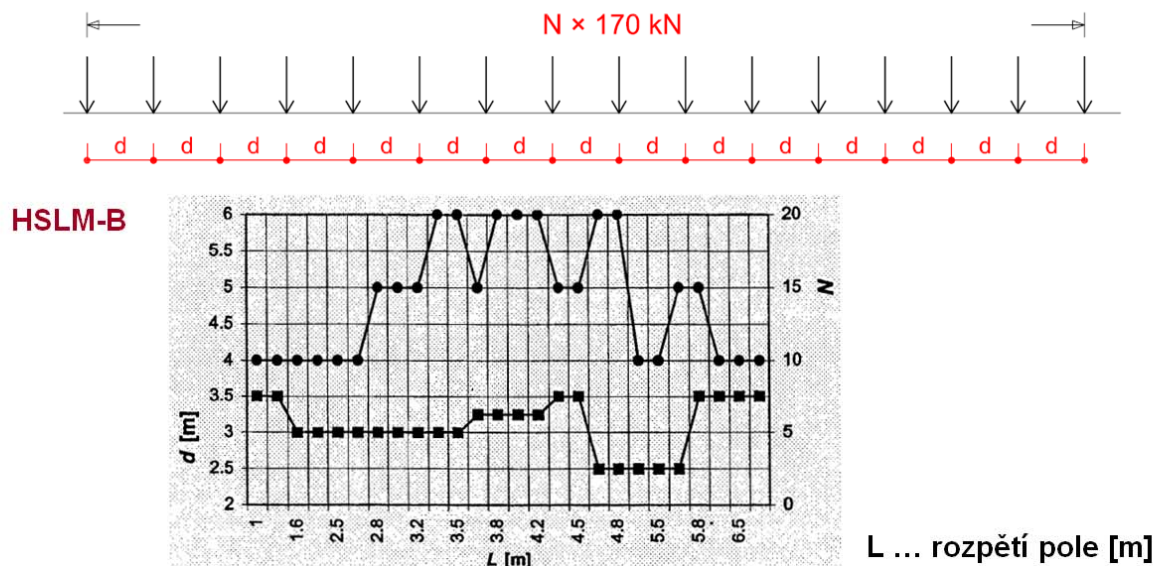
Pro mosty navrhované pro mezinárodní tratě, kde platí evropská vysokorychlostní kritéria pro interoperabilitu a v případě, kdy je požadována dynamická analýza.

**HSLM-A**

Univerzální vlak	Počet mezilehlých vagónů	Délka vagónů D [m]	Vzdálenost náprav v podvozku d [m]	Osamělá síla P [kN]
A1	18	18	2.0	170
A2	17	19	3.5	200
A3	16	20	2.0	180
A4	15	21	3.0	190
A5	14	22	2.0	170
A6	13	23	2.0	180
A7	13	24	2.0	190
A8	12	25	2.5	190
A9	11	26	2.0	210
A10	11	27	2.0	210

Model zatížení HSLM-B

HSLM-B se skládá z N osamělých sil po 170 kN v jednotném rozestupu $d \text{ [m]}$, kde N a d jsou definované na obrázku.

Použití modelů HSLM-A a HSLM-B

Při dynamické analýze se použije vždy jen jeden model vlaku HSLM

Uspořádání konstrukce	Rozpětí	
	$L < 7 \text{ m}$	$L \geq 7 \text{ m}$
prostě uložené pole ⁽¹⁾	HSLM-B	HSLM-A
spojitá konstrukce nebo složitá konstrukce ⁽²⁾	HSLM-A	HSLM-A
	vlaky A1 až A10 včetně ⁽³⁾	vlaky A1 až A10 včetně ⁽³⁾

- 1) prostě uložené pole mostů s podélně uspořádanými nosníky nebo jednoduše se chovající desky (se zanedbatelnými účinky šikmosti),
- 2) každá konstrukce, která nesplňuje poznámku 1. Šikmé konstrukce, mosty s významným kroutivým chováním, konstrukce s mezilehlou mostovkou a významnými tvary kmitání,
- 3) při návrhu se mají použít všechny vlaky A1 až A10.

4.2 DYNAMICKE ÚČINKY

Výsledky statické analýzy se násobí dynamickým součinitelem Φ (pokud se nepožaduje dynamická analýza konstrukce).

Dynamický součinitel zahrnuje dynamická zvětšení namáhání, ale nezahrnuje rezonanční účinky. Konstrukce převádějící více než jednu kolej se mají uvažovat bez jakékoliv redukce dynamického součinitele.

Obecně se dynamický součinitel Φ uvažuje buď jako Φ_2 nebo Φ_3 :

pro pečlivě udržovanou kolej
$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,82; \quad 1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$$

pro standardně udržovanou kolej
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73; \quad 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$$

 $L_\Phi \dots$ náhradní délka [m]

Pro ČR se použije dynamický součinitel Φ_3 v rozsahu $1,05 \leq \Phi_3 \leq 2,00$.

Dynamický součinitel se nesmí použít pro skutečný vlak, pro posouzení na únavu, pro model HSLM a pro „nezatížený vlak“.

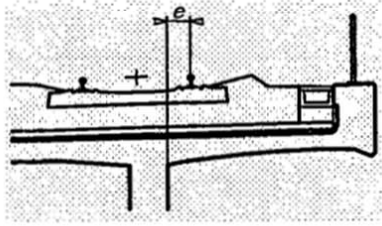
Náhradní délka L_Φ – ocelová deska mostovky

Pokud není náhradní délka stanovena (následující tabulka) má se uvažovat délka příčinkové čáry průhybu.

Případ	Nosný prvek	Náhradní délka L_Φ
Ocelová deska mostovky: uzavřená mostovka s kolejovým ložem (ortotropní deska mostovky) (pro lokální a příčné namáhání)		
1.1	mostovka s příčnicí a podélnými výztuhami:	
1.2	plech mostovky (pro oba směry)	trojnásobek vzdálenosti příčniců
1.3	spojité podélné výztuhy (včetně krátkých konzol do 0,50 m) ^{a)}	trojnásobek vzdálenosti příčniců
1.4	příčnice	dvojnásobek délky příčniců
1.4	koncové příčnice	3,6 m ^{b)}
2.1	mostovka pouze s příčnicí	
2.2	plech mostovky (pro oba směry)	dvojnásobek vzdálenosti příčniců + 3 m
2.3	příčnice	dvojnásobek vzdálenosti příčniců + 3 m
2.3	koncové příčnice	3,6 m ^{b)}

tabulka pokračuje

Náhradní délka L_ϕ – betonová deska mostovky

Případ	Nosný prvek	Náhradní délka L_ϕ
Betonová deska mostovky: s kolejovým ložem (pro lokální a příčná namáhání)		
4.1	deska mostovky jako část komorových nosníků nebo horní pás hlavního nosníku: – působící příčně k hlavním nosníkům – působící v podélném směru – příčníky – příčné konzoly přenášející železniční zatížení	<i>tabulka pokračuje</i> trojnásobek rozpětí desky mostovky trojnásobek rozpětí desky mostovky dvojnásobek délky příčniku  – $e \leq 0,5$ m: trojnásobek vzdálenosti mezi stěnami – $e > 0,5$ m: ^{a)} Obrázek 6.11 – Příčná konzola pojezděná železničním zatížením

Náhradní délka L_ϕ – hlavní nosníky

Případ	Nosný prvek	Náhradní délka L_Φ								
Hlavní nosníky										
5.1	prostě podepřené nosníky a desky (včetně zabetonovaných ocelových nosníků)	rozpětí ve směru hlavních nosníků								
5.2	spojité nosníky a desky o n polích s $L_m = 1/n (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$ (6.6)	$L_\Phi = k \times L_m,$ (6.7) ale ne méně než $\max L_i (i = 1, \dots, n)$ <table><tr><td>$n = 2$</td><td>3</td><td>4</td><td>≥ 5</td></tr><tr><td>$k = 12$</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr></table>	$n = 2$	3	4	≥ 5	$k = 12$	13	14	15
$n = 2$	3	4	≥ 5							
$k = 12$	13	14	15							
5.3	jednoduché rámy a uzavřené rámy nebo komory: jednopolový rám vícepolový (sdružený) rám	uvažuje se jako spojitý nosník o třech polích (použije se 5.2, se svislými a vodorovnými délkami prvků rámu nebo komor) uvažuje se jako spojitý nosník o více polích (použije se 5.2, s délkami koncových svislých prvků a vodorovných prvků)								
5.4	jednotlivá klenba, oblouk, obloukové žebro, ztužující nosníky Langerova trámu	polovina rozpětí								

tabulka pokračuje

Snížení dynamických účinků

V případě klenbových mostů a betonových mostů všech druhů s přesypávkou vyšší než **1,00 m** lze dynamický součinitel snížit

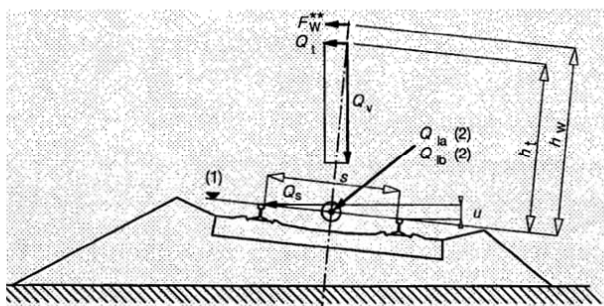
$$\Phi_3 = \Phi_3 - \frac{h-1,00}{10} \geq 1,0$$

h ... výška přesypávky včetně kolejového lože od horní nosné konstrukce k horní ploše pražce [m] (pro klenby od koruny rubu klenby).

Účinky zatížení železniční dopravou na podpěry se štíhlostí menší než **30**, opěry, základy, opěrné zdi a zemní tlaky lze uvažovat bez dynamických účinků.

4.3 VODOROVNÉ SÍLY – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTYOdstředivé síly

Odstředivé síly Q_{tk} a q_{tk} a převýšení koleje se berou v úvahu pokud je kolej alespoň na části délky mostu v oblouku. Působí vodorovně ven z oblouku ve výšce **1,80 m** nad pojezdným povrchem.



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

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

Q_{vk}, q_{vk} ... jsou char. hodnoty svislých zatížení

f ... redukční součinitel

v, V ... max. rychlost [m/s], [km/hod]

g ... gravitační zrychlení [9,81 m/s²]

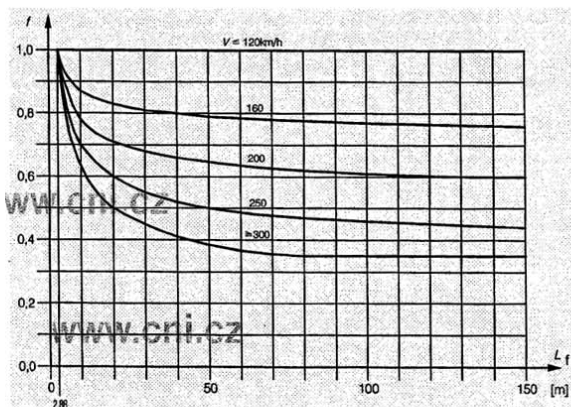
r ... poloměr zakřivení oblouku [m]

Odstředivá síla se musí vždy kombinovat se svislým zatížením **a nesmí se násobit dynamickým součinitelem Φ .**

Výpočty vychází z maximální rychlosti trati v daném úseku. Pro SW/2 lze uvažovat **80 km/hod**.

Pro model zatížení 71 a pro maximální rychlost vyšší než **120 km/hod** se uvažuje

- model LM71 se součinitelem Φ a α , s odstředivou silou pro **V=120 km/hod** a s redukčním součinitelem **f = 1,0**,
- model LM71 se součinitelem Φ a $\alpha=1,0$, s odstředivou silou pro stanovenou rychlost a s hodnotou redukčního součinitele **f** dle grafu (vzorce).



$$f = \left[1 - \frac{V - 120}{1000} \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right]$$

L_f ... příčinná délka zatížené části koleje v obluku na mostě

Pro modely SW/2 a „nezatížený vlak“ je hodnota součinitele **f = 1,0**.

Boční ráz

Boční ráz se uvažuje jako osamělá síla **$Q_{sk} = 100$ kN** působící v úrovni temene kolejnic (pro kolej v obluku i v přímé) kolmo na osu koleje v kombinaci se svislým zatížením dopravou.

Charakteristická hodnota se násobí součinitelem α (pro **$a \geq 1,0$**) a **nenásobí** se dynamickým součinitelem Φ nebo součinitelem **f**.

Zatížení od rozjezdu a brzdění

Rozjezdové **Q_{lak}** a brzdné síly **Q_{lbk}** působí v úrovni temene kolejnic v podélném směru koleje. Uvažují se jako rovnoměrně rozložené po odpovídající příčinné délce **$L_{a,b}$** účinků rozjezdu a brzdění pro uvažovaný nosný prvek.

Hodnoty rozjezdových a brzdných sil se násobí součinitelem α a **nenásobí** součinitelem Φ nebo **f**.

$$Q_{lak} = 33 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 1000 \text{ kN}$$

Rozjezdová síla pro LM71, SW/O, SW/2, HSLM

$$Q_{lbk} = 20 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]} \leq 6000 \text{ kN}$$

Brzdná síla pro LM71, SW/O, HSLM

$$Q_{lbk} = 35 \text{ [kN/m]} L_{a,b} \text{ [m]}$$

Brzdná síla pro SW/2

U tratí pro speciální dopravu (vyhrazené pro vysokorychlostí osobní dopravu) lze brzdné a rozjezdové síly uvažovat jako **25 %** součtu nápravových zatížení skutečného vlaku působícího na přičiňující délce zatížení uvažovaného nosného prvku s maximální hodnotou **1000 kN** pro Q_{lak} a **6000 kN** pro Q_{lbk} .

Rozjezdové a brzdné síly se musí kombinovat s odpovídajícím svislým zatížením.

Mosty převádějící dvě nebo více kolejí => brzdné síly na jedné koleji se musí uvažovat s rozjezdovými silami na jedné další koleji.

Dvě nebo více kolejí mají stejný dovolený směr dopravy => uvažuje se rozjezd nebo brzdění na dvou kolejích.

Pozn.:

*Pokud probíhá kolej nepřerušovaně na koncích mostu, přenáší se nosnou konstrukcí do ložisek pouze část rozjezdové a brzdné síly (zbytek je přenesen kolejnicemi a je zadržován za opěrami). Část přenášená nosnou konstrukcí do ložisek se stanoví s uvažováním **kombinované odezvy konstrukce a koleje**.*

4.4 SESTAVY ZATÍŽENÍ – ŽELEZNIČNÍ MOSTY

Počet kolejí na k-ci			Sestavy zatížení			Svislé síly			Vodorovné síly			Poznámka
1	2	≥ 3	Počet zat. kolejí	Sestava zatížení	Zatížená kolej	LM71 SW/0 HSLM	SW/2	nezatížený vlak	rozjezd, brzdění	odstředivá síla	boční ráz	
			1	gr11	T ₁	1			1	0.5	0.5	max svislá 1 s max.pod.
			1	gr12	T ₁	1			0.5	1	1	max.svislá 2 s max.př.
			1	gr13	T ₁	1 ⁽⁴⁾			1	0.5	0.5	max. podélná
			1	gr14	T ₁	1 ⁽⁴⁾			0.5	1	1	max. boční
			1	gr15	T ₁			1		1	1	boční stab. s nezat. vlakem
			1	gr16	T ₁		1		1	0.5	0.5	SW/2 s max. podélnou
			1	gr17	T ₁		1		0.5	1	1	SW/2 s max. příčnou
			2	gr21	T ₁ T ₂	1 1			1 1	0.5 0.5	0.5 0.5	max. svislá 1 s max. podélnou
			2	gr22	T ₁ T ₂	1 1			0.5 0.5	1 1	1 1	max. svislá 2 s max. příčnou
			2	gr23	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			1 1	0.5 0.5	0.5 0.5	max. podélná
			2	gr24	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			0.5 0.5	1 1	1 1	max. boční
			2	gr26	T ₁ T ₂	 1	1		1 1	0.5 0.5	0.5 0.5	SW/2 s max. podélnou
			2	gr27	T ₁ T ₂	 1	1		0.5 0.5	1 1	1 1	SW/2 s max. příčnou
			≥ 3	gr31	T _i	0.75			0.75	0.75	0.75	přídavný zatěž. případ

Legenda pro sestavy zatížení železničních mostů

- 1) odpovídající součinitele (α , Φ , f , ...) se musí uvažovat pro LM71, SW/0, SW/2, rozjezd a brzdění, odstředivé síly a boční ráz,
- 2) SW/0 se uvažuje jen pro spojitě trémové konstrukce,
- 3) SW/2 je třeba uvažovat jen pro určené tratě,
- 4) při příznivém účinku se může součinitel redukovat na **0,5** (nesmí být 0),
- 5) v příznivých případech se tyto nedominantní hodnoty uvažují rovný **0**,
- 6) model HSLM se použije pokud se požaduje dynamická analýza.

T_1	1
T_1	1 ⁽⁴⁾
T_1	1 ⁽⁴⁾

0.5	0.5
1	1
0.5	0.5

Součinitele uvedené v tabulce se uvažují k charakteristickým hodnotám různých zatížení uvažovaných v sestavě.

Stejně sestavy zatížení platí i pro časté hodnoty příslušných zatížení.

Kvazistálá zatížení dopravou jsou nulová.

Součinitele ψ pro železniční mosty:

zatížení	značka	ψ_0	ψ_1	ψ_2 ²⁾
jednotlivé složky zatížení dopravou ³⁾	LM 71	0.80	1)	0
	SW/0	0.80	1)	0
	SW/2	0	1.00	0
	Nezatížený vlak	1.00	-	-
	HSLM	1.00	1.00	0
	Rozjezdové a brzdové síly	kde se zat. dopravou uvažuje jako jedno vícesměrné zat. a nikoliv jako sestava, použijí se ψ jako u vedlejších svislých zat.		
	Odstředivé síly			
	Síly interakce způs. def. od svis. zat.			
	Boční ráz	1.00	0.80	0
sestavy zatížení	Zatížení na neveřejných lávkách	0.80	0.50	0
	Skutečné vlaky	1.00	1.00	0
	Sestavy gr11-gr17	0.80	0.80	0
	Sestavy gr21-gr27	0.80	0.70	0
ostatní provozní zat.	Sestava gr31	0.80	0.60	0
	Vod. zemní tlak od zat. dopravou	0.80	1)	0
	Aerodynamické účinky	0.80	0.50	0
větrém	F_{wk}	0.75	0.50	0
	F_w^{**}	1.00	0	0
teplotou	T_k	0.60	0.60	0.50
sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)	0.80	-	0
staveništní	Q_c	1.00	-	1.00

- 1) **0,8 ... pro zatížení 1 koleje,**
0,7 ... pro současně zatížení 2 kolejí,
0,6 ... pro 3 a více současně zat. kolejí,
- 2) Pokud se pro trvalé a dočasné návrhové situace uvažují přetvoření, má se součinitel ψ_2 pro zatížení kolejovou dopravou uvažovat hodnotou 1,00,
- 3) Minimální hodnota současně příznivě působícího svislého zatížení s odstředivými, rozjezdovými nebo brzdovými silami je 0,5 LM71.

5. MĚSTSKÁ KOLEJOVÁ DOPRAVA

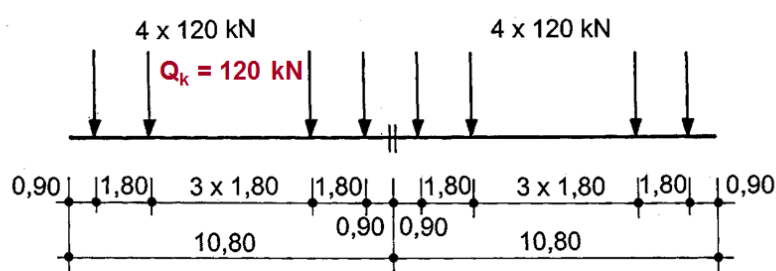
- VOZIDLA TRAMVAJE
- VOZIDLA METRA
- Odstředivé síly
- Dynamické účinky
- Zvětšení zemního tlaku od pohyb. zatížení
- Zatížení chodníků, lávek pro pěší

Zatěžovací vlak se umístí na ověřované části konstrukce mostu do takové polohy, aby vyvolal největší účinek (odlehčujících účinků se nedbá).

5.1 SVISLÁ ZATÍŽENÍ – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY

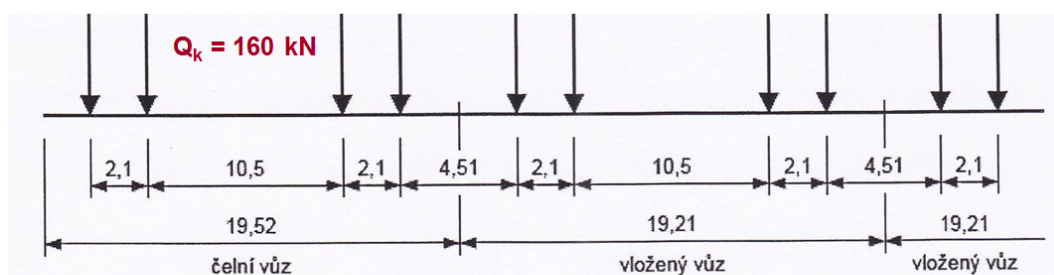
VOZIDLA TRAMVAJE

Zatížení vozidly tramvaje se nahrazuje zatěžovací soupravou o dvou vozech. Tyto soupravy se umístí nejvýše tři na každou kolej v nejučinnější poloze.



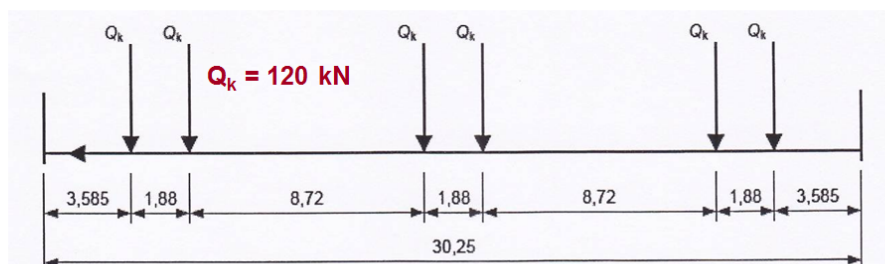
VOZIDLA METRA

Zatížení vozidly metra se nahrazuje zatěžovacím vlakem o 5 vozidlech s délkou čelního vozu **19.52 m** a dalších vozů **19.21 m** (Σ **96.36 m**). Vlak je nedělitelný a umístí se vždy jeden na každou kolej kdekoli v délce mostní konstrukce.

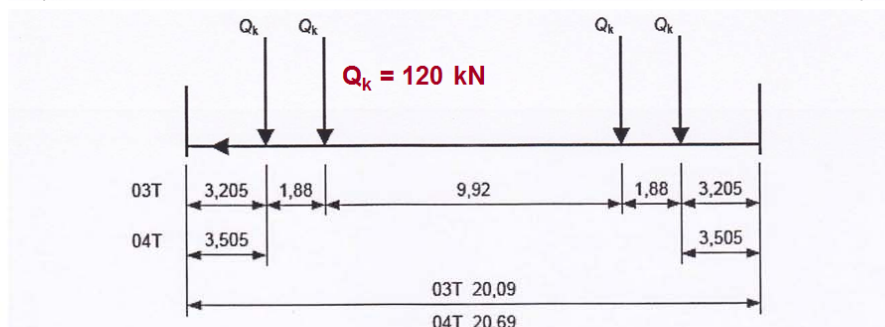


VOZIDLA TRAMVAJE,
další modely zatížení

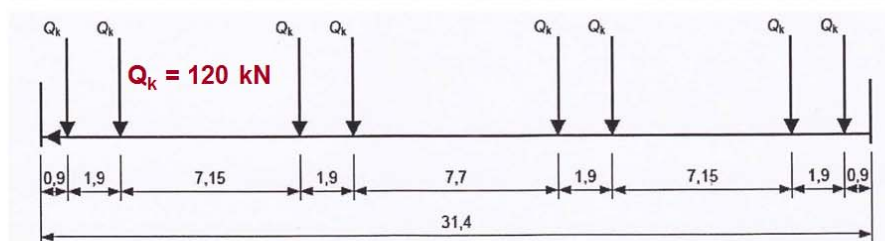
Vozidla 14T, 13T;
Praha, Brno



Vozidla 03T, 04T;
Brno, Ostrava,
Plzeň, Most



Vozidla 15T;
Praha



Ing. Radim Nečas, Ph.D.

BETONOVÉ MOSTY I

67

5.2 DYNAMICKÉ ÚČINKY

Dynamické účinky pohyblivého zatížení od kolejových vozidel na tramvajové mosty a mosty metra se zavádí do výpočtu dynamickým součinitelem, kterým se násobí statické účinky od tohoto zatížení.

Dynamický součinitel Φ_t se pro svislé pohyblivé zatížení městskou kolejovou dopravou pro rychlost $v \leq 80$ km/h stanoví ze vztahu:

$$\Phi_t = 1 + 0.85(\Phi_3 - 1) \leq 1.68$$

$$\Phi_t \geq 1.13$$

Φ_3 ... dynamický součinitel vypočtený pro
železniční mosty

... pro nepřespané mosty

5.3 VODOROVNÉ SÍLY – CHARAKTERISTICKÉ HODNOTYOdstředivé síly

Vodorovné zatížení od odstředivých sil se počítá stejně jako u železničních mostů. Výška působíště nad rovinou temene kolejnic je u tramvajových mostů **1.4 m**, u vozů metra **1.6 m**.

Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné a rozjezdové síly se uvažují jako vodorovné zatížení v úrovni pojízdné hrany kolejnic. Rozjezdová síla působí proti směru jízdy, brzdná ve směru jízdy. K jejich účinku se přihlíží při návrhu *brzdného ztužení, ložisek, opěr a pilířů, a není je třeba prokazovat u vlastní nosné konstrukce pokud se do ní přenáší spojitě.*

Velikost brzdné a rozjezdové síly se uvažuje hodnotou **15 %** svislého pohyblivého zatížení, které lze umístit na vyšetřovanou konstrukci.

Při více kolejích se předpokládá se souprava v jedné koleji rozjíždí a ve druhé brzdí. Součet se poté redukuje na **75%**, ostatní koleje se zanedbají.

Pokud probíhá kolej nepřerušovaně uvažuje se kombinovaná odezva konstrukce stejně jako u železničních mostů.

Při výpočtu podpěr se rozjezdové a brzdné síly rozdělí rovnoměrně na celou délku podpěry.

Brzdné a rozjezdové síly se na zemním tělese za opěrou neuvažují.

U mostů s přesypávkou se uvažují plnou hodnotou pokud je nosná konstrukce **0,5 m** pod niveletou koleje, při hloubce od **2,0 m** se již neuvažují.

Boční rázy

Boční rázy se nahrazují vodorovnou silou v úrovni temen kolejnic, kolmo k ose koleje, v nejúčinnější poloze. Pro tramvajové mosty silou **30 kN**, pro mosty metra **40 kN**.

U mostů v oblouku se uvažují společně s odstředivou silou. U Vícekolejných mostů se uvažuje zatížení bočními rázy jen v jedné koleji.

Zvětšení zemního tlaku vyvozené pohyblivým zatížením

Zvětšení zemního tlaku se nahrazuje rovnoměrným zatížením **11 kN/m²**, působícím v pruhu o šířce 4 m s osou totožnou s osou koleje.

Tření v ložiskách a klimatické účinky

Tření v ložiskách a klimatické účinky se uvažují stejně jako u mostů silničních nebo železničních.

Zatížení chodníků, nástupišť a schodišť

Neveřejné služební chodníku dle železničních mostů. Pro veřejné chodníky, schodiště a nástupiště se uvažuje char. hodnota **$q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$** .

Revizní zařízení, případné použití obslužných vozidel a zatížení zábradlí viz předchozí ustanovení.

5.4 SESTAVY ZATÍŽENÍ – MĚSTSKÁ KOLEJOVÁ DOPRAVA

Počet kolejí na k-ci			Sestavy zatížení			Svislé síly	Vodorovné síly			Poznámka
1	2	≥ 3	odkazy na NA ČSN EN 1991-2			článek NB 2.1	článek NB 2.4 - NB 2.5			
			Počet zat. kolejí	Sestava zatížení	Zatížená kolej	Tramvaj, metro	rozjezd, brzdění ⁽¹⁾	odstředivá síla ⁽¹⁾	boční ráz ⁽¹⁾	
			1	gr111	T ₁	1	1 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	max.svislá 1 s max.pod.
			1	gr112	T ₁	1	0.5 ⁽³⁾	1	1	max.svislá 2 s max.př.
			1	gr113	T ₁	1 ⁽²⁾	1	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	max. podélná
			1	gr114	T ₁	1 ⁽²⁾	0.5 ⁽³⁾	1	1	max. boční
			2	gr121	T ₁	1	1 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	max. svislá 1 s max. podélnou
			T ₂		1	1 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾		
			2	gr122	T ₁	1	0.5 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	max. svislá 2 s max. příčnou
			T ₂		1	0.5 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾	1 ⁽³⁾		
			2	gr123	T ₁	1 ⁽²⁾	1	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾	max. podélná
			T ₂		1 ⁽²⁾	1	0.5 ⁽³⁾	0.5 ⁽³⁾		
			2	gr124	T ₁	1 ⁽²⁾	0.5 ⁽³⁾	1	1	max. boční
			T ₂		1 ⁽²⁾	0.5 ⁽³⁾	1	1		
≥ 3	gr131	T _i	0.75	0.75 ⁽³⁾	0.75 ⁽³⁾	0.75 ⁽³⁾	přídavný zatěž. případ			

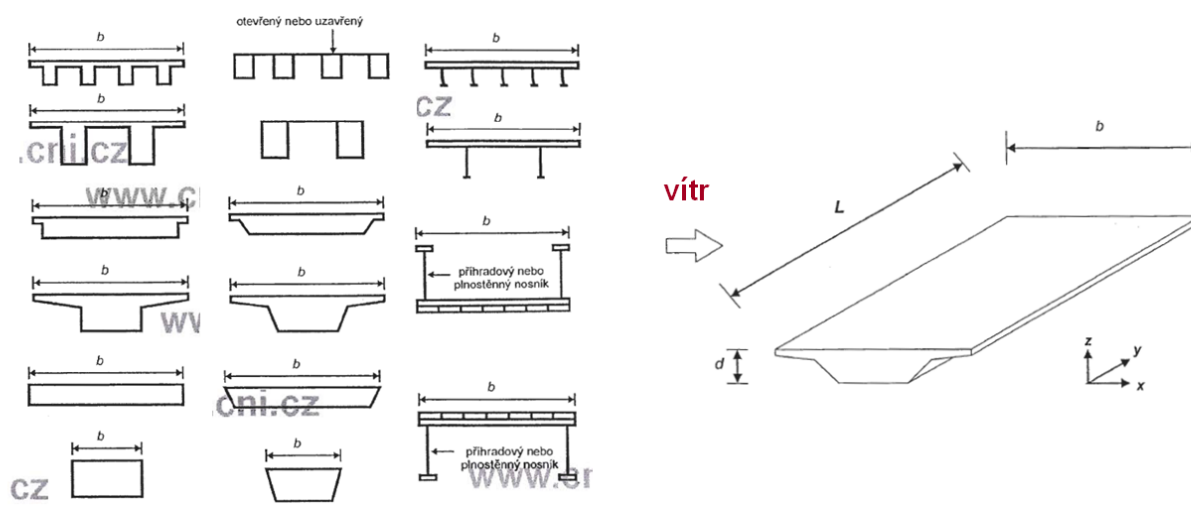
Dílčí souč. γ_Q a ψ_Q se uvažují stejně jako pro železnice.

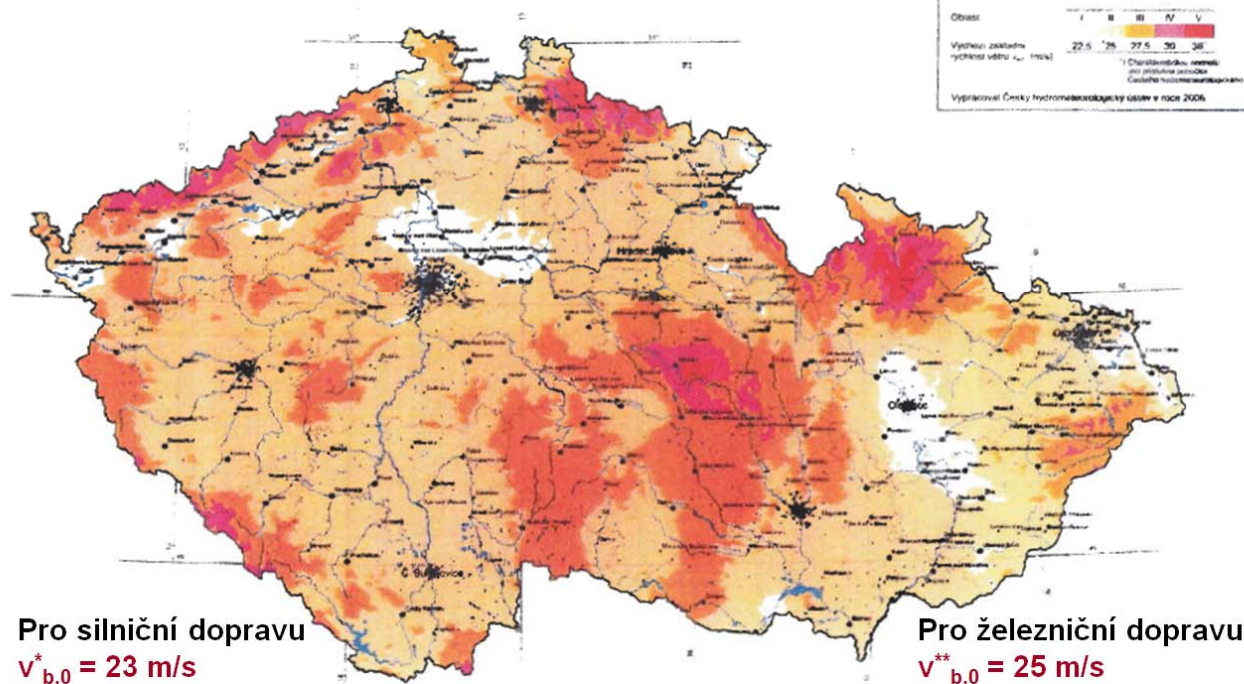
- (1) uvažovat odpovídající součinitele (ϕ , f , ...)
- (2) při příznivém účinku možno redukovat na **0,5** (nesmí být 0),
- (3) v příznivých případech se uvažují rovny **0**.

6. ZATÍŽENÍ MOSTŮ VĚTREM

Norma ČSN EN 1991-1-4 se použije pro mosty s konstantní šířkou a s průřezy dle obrázku, tvořenými jednou nosnou konstrukcí o jednom nebo více polích.

Zatížení větrem způsobuje síly ve směrech **x**, **y** a **z**.



Mapa větrových oblastí na území ČR

Tam, kde se uvažuje kombinace větru a silniční dopravy, má se hodnota $\psi_0 F_{wk}$ zatížení mostu a vozidel větrem omezit hodnotou F_w^* pro rychlost $v_{b,0}^* = 23 \text{ m/s}$, nahrazující základní výchozí rychlost $v_{b,0}$.

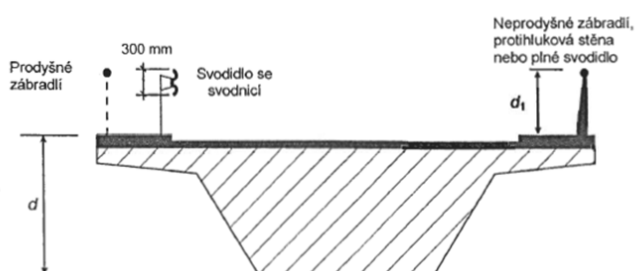
U kombinace se železniční dopravou je omezující hodnota F_w^{**} pro $v_{b,0}^{**} = 25 \text{ m/s}$.

Referenční plochy $A_{ref,x}$ pro kombinace zatížení bez zatížení dopravou

Referenční plochy se definují jako součty následující **čelních ploch**

a) konstrukce s plnostěnnými nosníky

- * předního hlavního nosníku
- * průmětů vyčnívajících ploch ostatních hlavních nosníků
- * římsy nebo koleje se štěr. ložem
- * neprodyšných svodidel (**0,3 m** pro každé prodyšné zábradlí)



b) konstrukce s příhradovými nosníky

- * římsy nebo koleje se ště. ložem
- * neprodyšné části všech hlavních příhradových nosníků
- * neprodyšných svodidel (**0,3 m** pro každé prodyšné zábradlí)

Silniční zachytňový systém	Na jedné straně	Na obou stranách
Prodyšné zábradlí nebo svodidlo se svodnicí	d+0.3 m	d+0.6m
Nerodyšné zábradlí nebo plné svodidlo	d+d ₁	d+2d ₁
Prodyšné zábradlí a svodidlo se svodnicí	d+0.6 m	d+1.2m

Referenční plochy $A_{ref,x}$ pro kombinace zatížení se zatížením dopravou

Stejně jako předchozí s následujícími úpravami:

Pro mosty pozemních komunikací výška **2 m** od úrovně vozovky na nejméně příznivé délce, nezávisle na umístění zatížení od dopravy.

Pro železniční mosty výška **4 m** od temene kolejnic na celé délce mostu.

Síly ve směru x – zjednodušená metoda

Síly od větru ve směru x lze získat použitím výrazu

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

$$C = C_e \cdot C_{f,x}; \quad C_{f,x} = C_{fx,0}$$

v_b ... základní rychlost větru

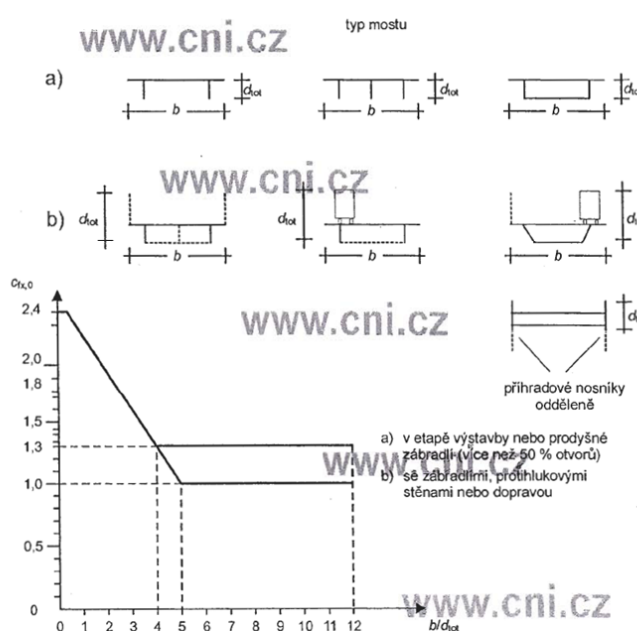
C ... součinitel zatížení větrem

C_e ... součinitel expozice

$C_{f,x}$... součinitel síly bez vlivu proudění kolem volných konců

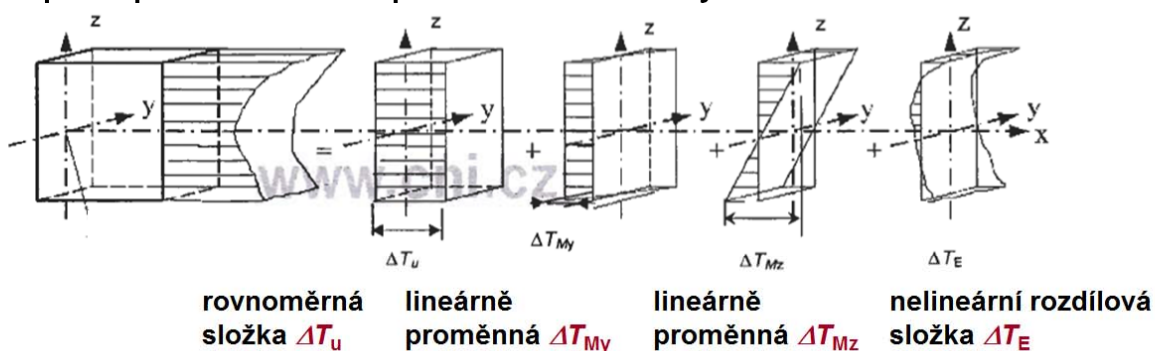
$A_{ref,x}$... referenční plocha

ρ ... měrná hmotnost vzduchu



7. ZATÍŽENÍ TEPLITOU

Teplotní průběh v nosném prvku lze definovat čtyřmi základními složkami



Součinitel teplotní roztažnosti

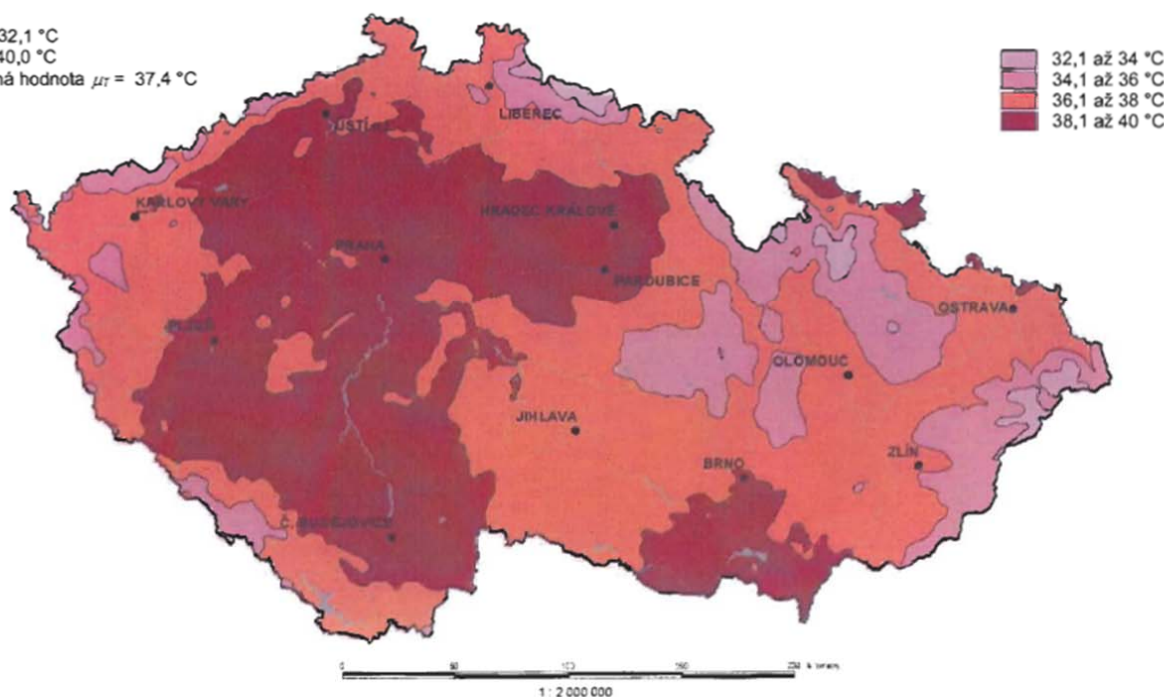
materiál	součinitel teplotní roztažnosti α_T
korozivzdorná oce	$16 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$
stavební ocel, kované nebo lité železo	$12 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$ Pozn.
beton	$10 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$
beton s lehkým kamenivem	$7 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$
zdivo	$6-10 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$

Pozn.:

Pro ocelobetonové konstrukce lze uvažovat $10 \times 10^{-6} [^{\circ} \text{C}]$

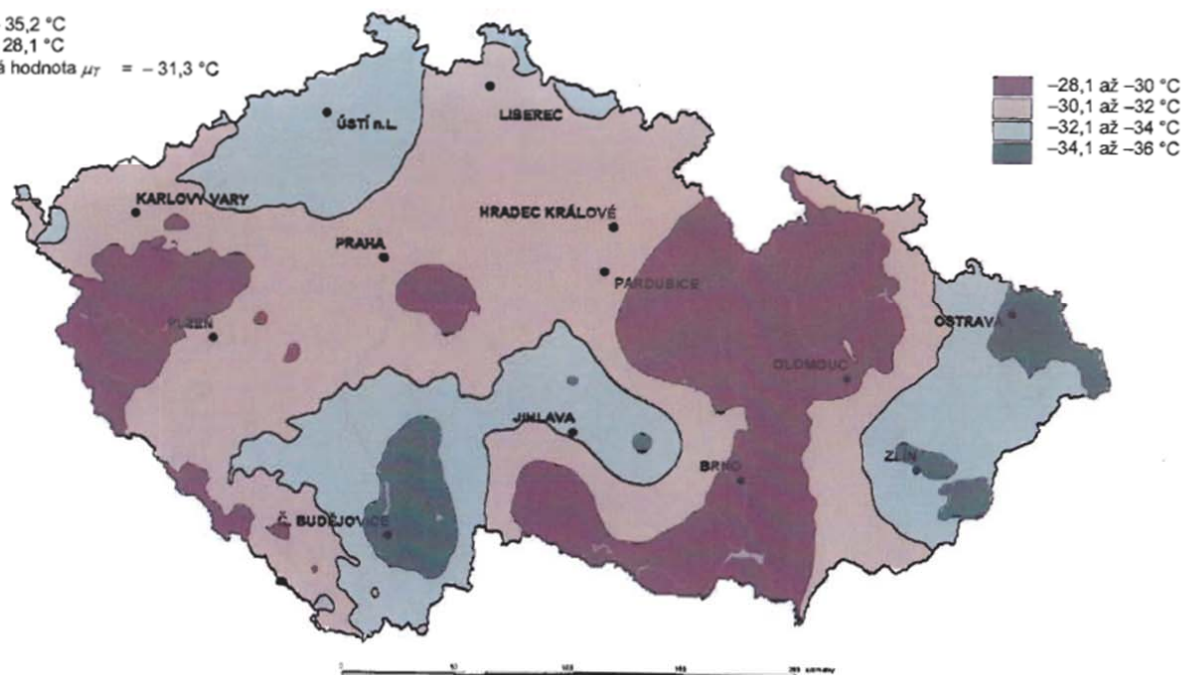
Hodnoty maximální teploty vzduchu ve stínu $T_{\max}$

$T_{\min} = 32,1 ^{\circ} \text{C}$
 $T_{\max} = 40,0 ^{\circ} \text{C}$
 průměrná hodnota $\mu_T = 37,4 ^{\circ} \text{C}$



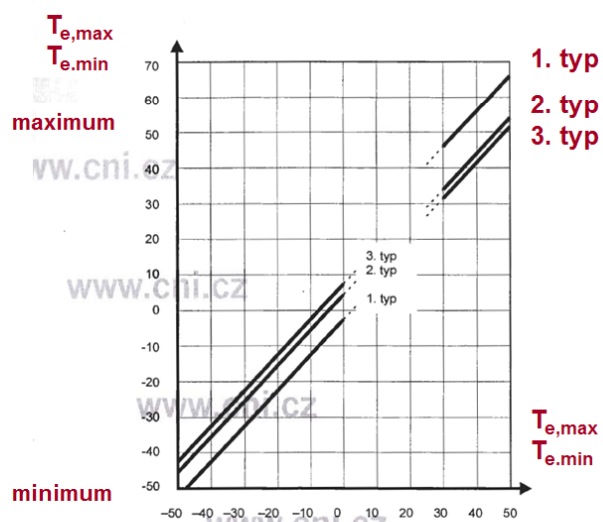
Hodnoty minimální teploty vzduchu ve stínu $T_{\min}$

$T_{\min} = -35,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{\max} = -28,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
 průměrná hodnota $\mu_T = -31,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Rovnoměrná složka teploty

Závisí na min a max teplotě, které může most dosáhnout. Výsledkem je řada rovnoměrných teplotních změn, které způsobují délkové změny prvků, jejichž přetvoření nejsou v konstrukci omezena.

Minimální $T_{e,\min}$ a maximální $T_{e,\max}$ rovnoměrné složky teploty se stanoví



$$1.\text{typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 16^{\circ}\text{C}$$

$$2.\text{typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 4,5^{\circ}\text{C}$$

$$3.\text{typ } T_{e,\max} = T_{\max} + 1,5^{\circ}\text{C}$$

pro $30^{\circ}\text{C} \leq T_{\max} \leq 50^{\circ}\text{C}$

$$1.\text{typ } T_{e,\min} = T_{\min} - 3^{\circ}\text{C}$$

$$2.\text{typ } T_{e,\min} = T_{\min} + 4,5^{\circ}\text{C}$$

$$3.\text{typ } T_{e,\min} = T_{\min} + 8^{\circ}\text{C}$$

pro $-50^{\circ}\text{C} \leq T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$

Pro výpočet zkrácení $\Delta T_{N,con}$ od minimální a prodloužení $\Delta T_{N,exp}$ od maximální rovnoměrné složky teploty se použije výchozí teplota mostu $T_0 = 10^\circ\text{C}$.

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$$

... maximální rozsah pro výpočet zkrácení

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0$$

... maximální rozsah pro výpočet prodloužení

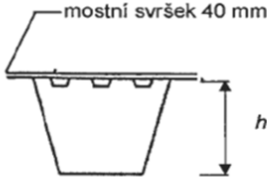
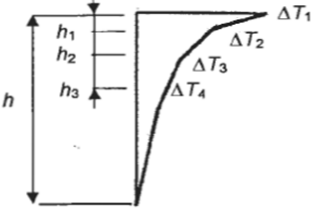
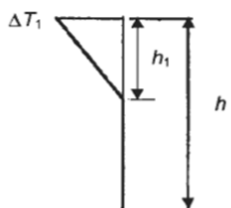
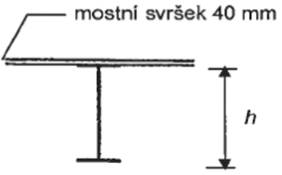
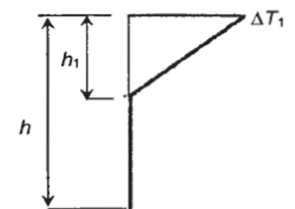
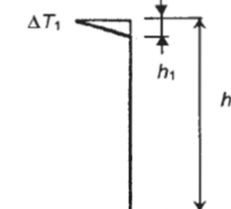
$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min}$$

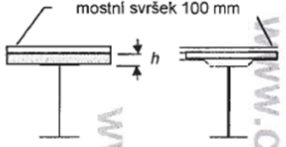
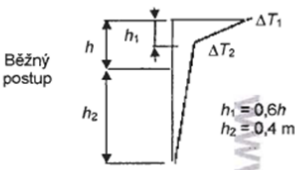
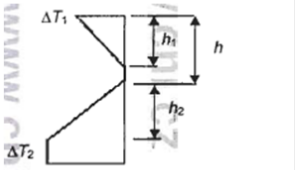
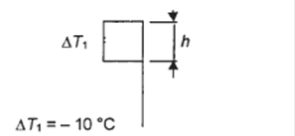
... celkový rozsah rovnoměrné složky teploty

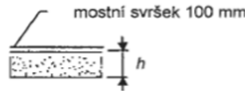
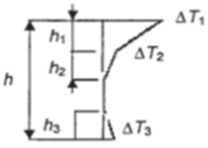
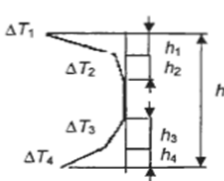
Pro ložiska a dilatační spáry lze rozsah upravit.

Doporučené hodnoty jsou $(\Delta T_{N,exp} + 20)^\circ\text{C}$ a $(\Delta T_{N,con} + 20)^\circ\text{C}$. Pokud je známa teplota, při které jsou ložiska a dilatační spáry provedeny, pak jsou doporučené hodnoty $(\Delta T_{N,exp} + 10)^\circ\text{C}$ a $(\Delta T_{N,con} + 10)^\circ\text{C}$.

Svislé složky teploty s nelineárními účinky

Typ konstrukce	Rozdíly teplot ΔT	
	a) oteplení	b) ochlazení
 Typ 1.a: ocelová mostovka na ocelových komorových nosnících	 $\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1\text{ m}$ $h_2 = 0,2\text{ m}$ $h_3 = 0,3\text{ m}$	 $\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5\text{ m}$
 Typ 1.b: ocelová mostovka na ocelových příhradových nebo plnostěnných nosnících	 $h_1 = 0,5\text{ m}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$	 $\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1\text{ m}$

Typ konstrukce	Rozdíly teplot ΔT																			
	a) oteplení	b) ochlazení																		
 mostní svršek 100 mm  mostní svršek 100 mm 2. Betonová mostovka na ocelových komorových, příhradových nebo plnostěnných nosnících	Běžný postup  $h_1 = 0,6h$ $h_2 = 0,4h$ <table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{h}{m}$</th> <th>ΔT_1 °C</th> <th>ΔT_2 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>13</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>16</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> Zjednodušený postup  $\Delta T_1 = 10^\circ\text{C}$	$\frac{h}{m}$	ΔT_1 °C	ΔT_2 °C	0,2	13	4	0,3	16	4	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>$\frac{h}{m}$</th> <th>ΔT_1 °C</th> <th>ΔT_2 °C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,2</td> <td>-3,5</td> <td>-8</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>-5,0</td> <td>-8</td> </tr> </tbody> </table>  $\Delta T_1 = -10^\circ\text{C}$	$\frac{h}{m}$	ΔT_1 °C	ΔT_2 °C	0,2	-3,5	-8	0,3	-5,0	-8
$\frac{h}{m}$	ΔT_1 °C	ΔT_2 °C																		
0,2	13	4																		
0,3	16	4																		
$\frac{h}{m}$	ΔT_1 °C	ΔT_2 °C																		
0,2	-3,5	-8																		
0,3	-5,0	-8																		
POZNÁMKA Pro ocelobetonové mosty lze použít výše uvedený zjednodušený postup, který poskytuje horní mez účinků teploty. Hodnoty ΔT jsou informativní, mohou se použít, jestliže nejsou v národní příloze uvedeny konkrétní hodnoty.																				

Typ konstrukce	Rozdíly teplot ΔT																																																																	
	a) oteplení	b) ochlazení																																																																
 mostní svršek 100 mm Typ 3.a: betonová desková konstrukce  mostní svršek 100 mm Typ 3.b: betonový nosník  mostní svršek 100 mm Typ 3.c: betonový komorový nosník	 $h_1 = 0,3 h$, avšak $\leq 0,15 m$ $h_2 = 0,3 h$, avšak $\geq 0,10 m$ avšak $\leq 0,25 m$ $h_3 = 0,3 h$, avšak $\leq (0,10 + \text{tloušťka mostního svršku v m})$ pro tenké desky je h_3 omezeno $h - h_1 - h_2$ <table><tr><th>h</th><th>ΔT_1</th><th>ΔT_2</th><th>ΔT_3</th></tr><tr><td>$\frac{h}{m}$</td><td colspan="3">°C</td></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>8,5</td><td>3,5</td><td>0,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>12,0</td><td>3,0</td><td>1,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>13,0</td><td>3,0</td><td>2,0</td></tr><tr><td>$\geq 0,8$</td><td>13,0</td><td>3,0</td><td>2,5</td></tr></table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	$\frac{h}{m}$	°C			$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5	0,4	12,0	3,0	1,5	0,6	13,0	3,0	2,0	$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5	 $h_1 = h_4 = 0,20 h$, avšak $\leq 0,25 m$ $h_2 = h_3 = 0,25 h$, avšak $\leq 0,20 m$ <table><tr><th>h</th><th>ΔT_1</th><th>ΔT_2</th><th>ΔT_3</th><th>ΔT_4</th></tr><tr><td>$\frac{h}{m}$</td><td colspan="4">°C</td></tr><tr><td>$\leq 0,2$</td><td>-2,0</td><td>-0,5</td><td>-0,5</td><td>-1,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>-4,5</td><td>-1,4</td><td>-1,0</td><td>-3,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>-6,5</td><td>-1,8</td><td>-1,5</td><td>-5,0</td></tr><tr><td>0,8</td><td>-7,6</td><td>-1,7</td><td>-1,5</td><td>-6,0</td></tr><tr><td>1,0</td><td>-8,0</td><td>-1,5</td><td>-1,5</td><td>-6,3</td></tr><tr><td>$\geq 1,5$</td><td>-8,4</td><td>-0,5</td><td>-1,0</td><td>-6,5</td></tr></table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	$\frac{h}{m}$	°C				$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3																																																															
$\frac{h}{m}$	°C																																																																	
$\leq 0,2$	8,5	3,5	0,5																																																															
0,4	12,0	3,0	1,5																																																															
0,6	13,0	3,0	2,0																																																															
$\geq 0,8$	13,0	3,0	2,5																																																															
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4																																																														
$\frac{h}{m}$	°C																																																																	
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																																														
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																																														
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																																														
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																																														
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																																														
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																																														

Vodorovné rozdílové složky teploty se uvažují ve specifických případech, doporučuje se jako lineární rozdíl teplot mezi vnějšími stranami mostu použít hodnota **5°C**, aniž se uvažuje jeho šířka.

Pokud se očekává, že mezi vnitřním a vnějším povrchem stěny betonového komorového nosníku mohou vzniknout významné rozdíly teplot, použije se lineární rozdíl **15°C**.

Pokud rovnoměrné složky teploty mezi odlišnými prvky NK mohou způsobit nepříznivé účinky, pak se doporučují následující hodnoty

- a) **15 °C** mezi hlavnímu nosnými prvky
- b) **10 °C** pro světlé barvy a **20 °C** pro tmavé barvy

Tyto účinky se uvažují jako přídavné k účinkům rovnoměrnou složkou teploty.

Mostní pilíře – zatížení teplotou

Celkové účinky teplot na pilíře se mají vzít v úvahu, jestliže vedou k vynuceným silám nebo posunům v přilehlých konstrukcích.

U betonových (dutých i plných) pilířů se uvažují lineární rozdíly teplot mezi protilehlými vnějšími povrchy – doporučená hodnota je **5°C**.

Lineární rozdíly teplot mezi vnitřním a vnějším povrchem stěn se uvažuje doporučenou hodnotou **15°C**.