

# Zatížení konstrukcí

## Klasifikace zatížení

podle jejich proměnnosti v čase:

- **zatížení stálá** (značky  $G, g$ ), např. vlastní tíha konstrukcí a pevného vybavení (např. i zemina na terasách), zatížení předpětím, zatížení způsobená smršťováním, nerovnoměrným sedáním apod.;
- **zatížení proměnná** (značky  $Q, q$ ), např. užitná zatížení stropních konstrukcí (dříve nahodilá zatížení), např. i přemístitelné příčky;
- **zatížení mimořádná** (značky  $A, a$ ), např. výbuchy, nárazy vozidel apod.

podle odezvy v konstrukci:

- **statická** (nezpůsobují významná zrychlení konstrukce nebo konstrukčního prvku),
- **dynamická** (způsobují zrychlení konstrukce nebo konstrukčního prvku).

V mnoha případech Eurokódy umožňují dynamické účinky zatížení stanovit pomocí tzv. **kvazistatických zatížení**, tj. zahrnutím dynamických složek do statických hodnot nebo použitím ekvivalentních dynamických součinitelů ke statickým zatížením.

Některá zatížení, jako seismická zatížení a zatížení sněhem, se považují v závislosti na umístění stavby za mimořádná a/nebo proměnná zatížení.

Zatížení může být samozřejmě **klasifikováno i podle dalších hledisek**, např. podle: původu (přímá X nepřímá), geometrického charakteru působení, proměnnosti v prostoru aj.

## Reprezentativní hodnoty zatížení

Hlavní reprezentativní hodnotou zatížení je jeho **charakteristická hodnota  $F_k$** , která je obvykle stanovena jako průměr, horní nebo dolní kvantil, popř. nominální hodnota (která se nevztahuje k žádnému statistickému rozdělení).

Charakteristická hodnota **stálého zatížení** se stanoví následovně:

- pokud lze proměnnost  $G$  považovat za malou (variační součinitel je 0,05 až 0,10), uvažuje se jediná hodnota  $G_k$ ,
- pokud nelze proměnnost  $G$  považovat za malou, uvažují se dvě hodnoty: horní  $G_{k,sup}$  (pro nepříznivé) a dolní  $G_{k,inf}$  (pro příznivé).

V případě, že stálé zatížení  $G$  se dobu návrhové životnosti konstrukce významně nemění a variační součinitel je malý, uvažuje se  **$G_k$  rovno průměrné hodnotě**. Pokud je však konstrukce citlivá na proměnnost  $G$ , např. (některé typy předpjatých konstrukcí), uvažují se dvě hodnoty i pro malý variační koeficient.

Charakteristická hodnota **proměnného zatížení  $Q_k$**  odpovídá:

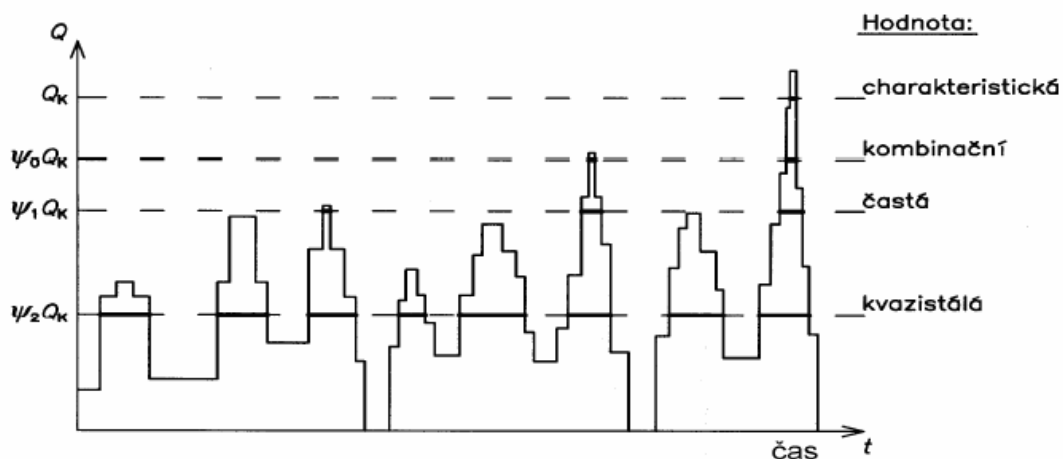
horní hodnotě s určenou pravděpodobností, že nebude překročena, nebo dolní hodnotě s určenou pravděpodobností, že nebude dosažena během referenční doby, nominální hodnotě, pokud není známo statistické rozdělení.

Charakteristická hodnota **klimatického zatížení** je stanovena tak, že pravděpodobnost jejího překročení v průběhu referenční doby jednoho roku je 0,02. To se u časově proměnné části zatížení rovná průměrné době návratu 50 let.

U **mimořádného zatížení** se stanovuje přímo návrhová hodnota  $A_d$ , a to vždy pro konkrétní projekt.

Dalšími reprezentativními hodnotami proměnných zatížení (viz též obr.1) jsou:

- **Kombinační hodnota** daná součinem  $\psi_0 Q_k$ , která se používá v mezních stavech únosnosti a v nevratných mezních stavech použitelnosti (trvalé deformace). Pomocí kombinačního součinitele  $\psi_0$  se vyjadřuje pravděpodobnost současného výskytu několika nezávislých proměnných zatížení;
- **Častá hodnota** daná součinem  $\psi_1 Q_k$ , která se používá v mezních stavech únosnosti zahrnujících mimořádná zatížení a v nevratných mezních stavech použitelnosti; např. pro budovy je častá hodnota volena tak, aby doba, ve které bude tato hodnota překročena, byla rovna 0,01 (1%) referenční doby.
- **Kvazistálá hodnota** daná součinem  $\psi_2 Q_k$ , která se používá v mezních stavech únosnosti zahrnujících mimořádná zatížení a ve vratných mezních stavech použitelnosti. Kvazistálé hodnoty se používají též při výpočtu dlouhodobých účinků zatížení; např. u zatížení stropů budov je kvazistálá hodnota volena tak, aby doba, ve které bude tato hodnota překročena, byla rovna 0,50 (50%) referenční doby. Při zatížení větrem je  $\psi_2 = 0$ .



Obr. 1 Grafické znázornění reprezentativních hodnot proměnného zatížení

Při použití metody dílčích součinitelů se musí ve všech v úvahu připadajících návrhových situacích ověřit, není-li žádný z mezních stavů překročen. V těchto případech se při výpočtu použijí v návrhových situacích návrhové hodnoty zatížení, popř. jejich účinky. Podobně i odolnost konstrukce se vyjadřuje pomocí návrhových hodnot charakteristik materiálů, rozměrů apod.

**Návrhová hodnota zatížení  $F_d$**  se stanoví pomocí reprezentativní hodnoty zatížení  $F_{rep}$ , vynásobené dílčím součinitelem zatížení  $\gamma_F$ , vyjadřujícím možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativní hodnoty, tedy

$$F_d = \gamma_F F_{rep}$$

Hodnoty **dílčích součinitelů zatížení  $\gamma_F$**  se přitom liší podle druhu mezního stavu, který je posuzován.

**Reprezentativní hodnota zatížení  $F_{rep}$**  je vyjádřena charakteristickou hodnotou  $F_k$  vynásobenou součinitelem  $\psi$ , jehož hodnota je 1,0 nebo  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ , popř.  $\psi_2$ . Hodnoty  $\psi$  pro proměnná zatížení jsou uvedeny v EN 1990 – viz připojená tabulka 2., popř. v dalších návazných EN. Platí tedy:

$$F_{rep} = \psi \cdot F_k$$

Součinitelem kombinace  $\psi$  se tedy vyjadřuje zmenšení pravděpodobnosti současného překročení návrhových hodnot u několika zatížení, v porovnání s pravděpodobností překročení návrhové hodnoty u jediného zatížení působícího samostatně.

Po sjednocení výše uvedených vztahů se tedy návrhové hodnoty zatížení se určí ze vztahů:

a) pro stálá zatížení  $G_d = \gamma_G \cdot G_k$ ,

b) pro proměnná zatížení  $Q_d = \gamma_Q \cdot \psi \cdot Q_k$ ,

## Mezní stavy únosnosti

**EQU:** Ztráta statické rovnováhy kce nebo její dílčí části uvažované jako tuhé těleso tam, kde:

- mají význam menší kolísání hodnoty nebo prostorového uspořádání zatížení z jednoho zdroje a
- pevnosti konstrukčních materiálů nebo základové půdy nejsou obvykle rozhodující,

**STR:** Vnitřní porucha nebo nadměrná deformace konstrukce nebo nosných prvků včetně základových patek, pilot, základových stěn, atd., kde rozhoduje pevnost konstrukčních materiálů,

**GEO:** Porucha nebo nadměrná deformace základové půdy, kde pevnosti zeminy nebo skalního podloží jsou pro odolnost významné,

**FAT :** Únavová porucha konstrukce nebo nosných prvků.

## Kombinace zatížení

Pro posouzení **mezního stavu únosnosti pro trvalé a dočasné návrhové situace** lze použít buď vztahu (6.10) nebo dvojice vztahů (6.10a) a (6.10b). Pro celkový účinek více zatížení pro mezní stav únosnosti EQU tedy platí:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.10)$$

nebo alternativně pro mezní stavy STR a GEO: méně příznivá kombinace z

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left. \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

kde “+“ značí „kombinovaný s“;

$\Sigma$  značí „kombinovaný účinek“;

$z$  je redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení  $G$ .

$P$  značí zatížení předpětím. U železobetonu tento člen pochopitelně odpadá.

$Q_{k,1}$  značí charakteristickou hodnotu **hlavního proměnného zatížení**, tj. zatížení, při jehož uvažování obdržíme nejnepříznivější výsledný účinek zatížení; ostatní proměnná zatížení pak považujeme za **vedlejší**.

**Pro mimořádné návrhové situace** pro celkový účinek více podobně zatížení platí:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (6.11b)$$

Volba  $\psi_{1,1} Q_{k,1}$  nebo  $\psi_{2,1} Q_{k,1}$  se má vztahovat k příslušné mimořádné návrhové situaci (náraz, požár nebo funkční způsobilost po mimořádné události). Kombinace zatížení pro mimořádné návrhové situace se mají zahrnovat buď přímo mimořádné zatížení  $A$  (požár, náraz), nebo mají být vztaženy k situaci po mimořádné události ( $A = 0$ ). Pro požární situace má  $A_d$ , kromě účinku teploty na vlastnosti materiálu, představovat i návrhovou hodnotu nepřímého zatížení teplotou od požáru.

## Součinitele zatížení „ $\gamma_f$ “

Použitá hodnota součinitele zatížení závisí na druhu mezního stavu, návrhové situaci a charakteru působení zatížení (tj. nepříznivé či příznivé). Úplný přehled hodnot součinitelů je uveden v ČSN EN 1990, s upřesněním v národní příloze. V dalším textu uvádíme pro ilustraci jen hodnoty součinitelů zatížení pro nejčastěji používaný **mezní stav únosnosti STR**.

- **zatížení stálé:**  $\gamma_{G, \text{sup}} = 1,35$  (nepříznivé působení) a  $\gamma_{G, \text{inf}} = 1,00$  (příznivé působení)
- **zatížení proměnné:**  $\gamma_{Q, \text{sup}} = 1,50$  (nepříznivé působení) a  $\gamma_{Q, \text{inf}} = 0$  (příznivé působení)

## Kombinační součinitele zatížení „ $\psi$ “

Konkrétně použitý kombinační součinitel  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  nebo  $\psi_2$  závisí na druhu mezního stavu, návrhové situaci, případně na aplikovaném kombinačním vztahu. Konkrétní hodnota součinitelů  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  a  $\psi_2$  pak závisí na druhu proměnného zatížení, případně i charakteru stavby.

*Doporučené hodnoty součinitelů  $\psi$  pro pozemní stavby*

Zatížení	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy tíha vozidla $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy $30\text{kN} < \text{tíha vozidla} \leq 160\text{kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategorie H : střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3)*			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1000\text{m}$ n.m.	0,70	0,50	0,20
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1000$ m n.m.	0,50	0,20	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (s výjimkou požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA: Hodnoty $\psi$ mohou být stanoveny v národní příloze.			
* Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele $\psi$ stanoví podle místních podmínek.			

## Stanovení intenzity zatížení

Zatížení **stálé** je nejčastěji představováno vlastní tíhou nosných i nenosných stavebních prvků. Vlastní tíhu těchto prvků lze ve většině případů vyjádřit jedinou hodnotou na základě jejich nominálních rozměrů a charakteristických hodnot objemových tíh. Objemové tíhy:

prostý beton  $g = 24$  kN/m<sup>3</sup>

železový nebo předpjatý beton  $g = 25$  kN/m<sup>3</sup>

čerstvý (neztvrdlý) beton korekce +1 kN/m<sup>3</sup>

Objemové tíhy většiny dalších stavebních i skladovaných hmot - viz ČSN EN 1991-1-1.

<b>Objemové tíhy</b>	<b>KN/m<sup>3</sup></b>
<b>DŘEVO A VÝROBKY ZE DŘEVA</b>	
dřevo	
borovice, smrk, cedr, jedle, olše, osika, topol, lípa	5 (6)
modřín	6,5 (8)
dub, bříza, buk, jasan, habr, akát, jilm	7 (8)
desky	
dřevotřískové	7,5
dřevovláknité nelisované měkké (např. hobra)	4
dřevovláknité lisované (např. sololit)	8,5
heraklit (stavební desky z dřevěné vlny a cem.)	4,5
z vrstveného lisovaného dřeva	12
<b>KOVY</b>	
hliník	27
litina	72
ocel stavební uhlíková, nízkolegovaná	78,5
ocel slitinová (vysokolegovaná), žáruvzdorná	80
<b>HORNINY</b>	
čedič, diabas, gabro	30
žula, diorit, gabrodiorit, granodiorit, pískovec, slepenec,	
křemenec, buližník	26
mramor, hadec	28
slínovec (opuka), travertýn	24
<b>ZÁSYPOVÉ MATERIÁLY</b>	
cihelná drť	
z cihel	12
z cihelného zdiva	13
keramzit	
netříděný	6
jemná frakce 0-4 mm	9
hrubá frakce podle zrnění	4504550
pemzový písek	5
perlit expandovaný EP 1004EP 200	1004200
písek volně sypaný	16
stavební rum	13
škvára kamenouhelná, kotlová, popílek	9
<b>MALTY A OMÍTKY</b>	
s hutným kamenivem	
cementové	19 - 23
vápenocementové	18 - 20
vápenné, vápenosádrové	12 - 18
vápenné na rákosování	15
<b>BETONY</b>	
cementový beton obyčejný	
prostý hutný z přírodního hutného kameniva (do 2800 kg m <sup>-3</sup> včetně)	
beton B 30 a nižší	
nevibrovaný	23
vibrovaný	24

Objemové tíhy	KN/m <sup>3</sup>
beton B 35 a vyšší	
nevibrovaný	24
vibrovaný	25
železobeton a předpjatý beton	
s netuhou výztuží	o 1kN.m <sup>-3</sup> vyšší než u prostého betonu
s tuhou výztuží z válc. profilů	součet hmotnosti prostého betonu a výztuže v jednotce objemu
lehký beton z pórovitého kameniva	
prostý	
keramzitový podle značky KB 30-9004KB 330-1850	10419,5
z perlitu podle značky PB 3004PB 500	345
železový a předpjatý s netuhou výztuží	o 100 kg .m <sup>-3</sup> vyšší než u prostého lehkého betonu
pěnobeton podle značky 3004700	347
škvárobeton	15
pórobeton	
nevyztužený při relativní vlhkosti vzduchu 50 %	6
při relativní vlhkosti vzduchu 80 %	6,5
vyztužený	o 50 kg .m <sup>-3</sup> větší než u nevyztuženého pórobetonu
<b>ZDIVO cihelné</b>	
z cihel pálených plných	
P 7 až P 20 na maltu vápennou	18
P 7 až P 25 na maltu vápenocemetovou	19
z cihel děrovaných CD	12 nebo 13,5
z cihel voštinových	14
z cihel děrovaných metrických	15,5
z kabřinců, komínovek a cihel šamotových, dinasových, vápenopískových plných	20
<b>DLAŽBY , MAZANINY</b>	
asfalt (živice)	12
asfaltový beton	22
kamenná dlažba	26
teraco	23
mazanina	
cementová	23
plastbetonová	22
<b>IZOLAČNÍ MATERIÁLY A VÝROBKY</b>	
polystyren pěnový	
suspenní	0,2
emulzní	1,5
rohože	
z čedičové vaty, minerální plsti	1,5
minerální vln foukané	2,5

Plošné tíhy	KN/m <sup>2</sup>
lepenky asfaltované	
strojní hadrové 330 až 500/H, ev. SH	0,00340,005
impregnované AP/L-A-330 až 500/H, ev. .SH	0,00740,01
asfaltované pásy	
typ R s jemnozrnným posypem	0,01440,017
typ R s hrubozrnným posypem	0,02140,026
typ S (IPA)	0,04540,047
nátěry asfaltové (0 tloušťce asi 1,5 až 2,5 mm)	0,025
<b>STŘEŠNÍ KRYTINY</b>	
břidlicová krytina	
na laťování i s laťováním	0,4
na bednění 25 mm, i s bedněním a lepenkovým podkladem	0,6
plechová krytina	
z měděného plechu 0,6 mm, na dvojistou drážku i s bedněním 25 mm	0,35
Z ocelového pozinkovaného rovného plechu 0,6 mm, na laťování i s laťováním	0,2
z ocelového pozinkovaného vlnitého plechu 0,6 mm, na úhelnících i s úhelníky	0,3
s lepenkovým podkladem bez bednění	0,2
s bedněním 25 mm	0,3
tašková krytina	
jednoduchá, z drážkovaných tašek tažených nebo ražených i betonových i s laťování a podmazáním ložných spár	0,55
dvojitá z obyčejných tašek	
korunová i šupinová, na sucho i s laťováním	0,75
kladená zplna do malty, i s laťováním a maltou	0,85
prejzová, kladená zplna do malty i s laťováním	1
živičná krytina přitavovaná k odkladu	0,25

Zatížení **proměnné** je nejčastěji zatížení užité, zatížení sněhem, zatížení větrem či potenciální zatížení požárem. Charakteristické hodnoty užitných zatížení konstrukcí pozemních staveb podle NP ČSN EN 1991-1-1 jsou uvedeny v připojené tabulce.

**Za proměnné zatížení jsou považovány i přemístitelné příčky.** Pokud umožňuje stropní konstrukce příčné rozdělení zatížení, může se vlastní tíha některých příček považovat za rovnoměrné proměnné zatížení, o jehož hodnotu se zvýší velikost užitého zatížení na dané ploše.

Intenzita tohoto náhradního proměnného zatížení závisí na vlastní tíze příček:

- pro přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 1,0 kN/m délky příčky  $q_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- pro přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 2,0 kN/m délky příčky  $q_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$
- pro přemístitelné příčky s vlastní tíhou do 3,0 kN/m délky příčky  $q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$

## Kategorie ploch pozemních staveb

Kat.	Stanovené použití	Příklad
A	Plochy pro domácí a obytné činnosti	Místnosti obytných budov a domů; místnosti a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety
B	kancelářské plochy	
C	plochy, kde dochází ke shromažďování lidí (kromě ploch uvedených v kategoriích A, B a D)	<b>C1:</b> plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích.
		<b>C2:</b> plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, v konferenčních sálech, přednáškových nebo zasedacích místnostech, nádražních a jiných čekárnách
		<b>C3:</b> plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sáních a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách.
		<b>C4:</b> plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, scény atd.
		<b>C5:</b> plochy, kde může dojít ke koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní a sportovní haly, včetně tribun, teras a přístupových ploch, železniční nástupiště atd.
D	obchodní plochy	<b>D1:</b> plochy v malých obchodech
		<b>D2:</b> plochy v obchodních domech
E	skladovací prostory, včetně přístupových, kde může dojít k nahromadění zboží	<b>E1:</b> plochy pro skladovací účely, včetně knihoven a archívů
		<b>E2:</b> plochy pro průmyslové využití individuálně individuálně
F	dopravní a parkovací plochy pro lehká vozidla ( $\leq 30$ kN tíhy)	garáže; parkovací místa, parkovací haly
G	dopravní a parkovací plochy pro středně těžká vozidla ( $> 30$ kN, $\leq 160$ kN tíhy)	přístupové cesty; zásobovací oblasti; oblasti přístupné protipožární technice (vozidla tíhy $\leq 160$ kN) 5,0 40 ÷ 90
H	nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby, oprav	
I	přístupné střechy v souladu s kategorií A až D	



## Užitná zatížení stropních konstrukcí, balkónů a schodišť pozemních staveb

Kategorie zatěžovacích ploch	$q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	$Q_k$ (kN)	$q_k$ (kN/m) – vodorovná zat. zábradlí a dělicích stěn
<b>kategorie A</b>			
stropní konstrukce	<u>1,5</u> až <u>2,0</u>	<u>2,0</u> až 3,0	0,2 až 1,0 ( <u>0,5</u> )
schodiště	<u>2,0</u> až 4,0 ( <u>3,0</u> )	<u>2,0</u> až 4,0	0,2 až 1,0 ( <u>0,5</u> )
balkóny	<u>2,5</u> až 4,0 ( <u>3,0</u> )	<u>2,0</u> až 3,0	0,2 až 1,0 ( <u>0,5</u> )
<b>kategorie B</b>	2,0 až <u>3,0</u> ( <u>2,5</u> )	1,5 až <u>4,5</u> ( <u>4,0</u> )	0,2 až <u>1,0</u> ( <u>0,5</u> )
<b>kategorie C</b>			
C1	2,0 až <u>3,0</u>	<u>3,0</u> až 4,0	0,2 až <u>1,0</u> ( <u>0,5</u> )
C2	3,0 až <u>4,0</u>	2,5 až 7,0 ( <u>4,0</u> )	0,8 až <u>1,0</u>
C3	3,0 až <u>5,0</u>	<u>4,0</u> až 7,0	0,8 až <u>1,0</u>
C4	4,5 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>	0,8 až <u>1,0</u>
C5	<u>5,0</u> až 7,5	3,5 až <u>4,5</u>	<u>3,0</u> až <u>5,0</u>
<b>kategorie D</b>			
D1	<u>4,0</u> až <u>5,0</u>	3,5 až 7,0 ( <u>5,0</u> )	0,8 až <u>1,0</u>
D2	4,0 až <u>5,0</u>	3,5 až <u>7,0</u>	0,8 až <u>1,0</u>
<b>kategorie E</b>			
E1	7,5	7	0,8 až <u>2,0</u>
E2	individuálně	individuálně	
<b>kategorie F</b>	1,5 až <u>2,5</u>	10 až <u>20</u>	
<b>kategorie G</b>	<u>5,0</u>	40 až <u>90</u> ( <u>120</u> )	
<b>kategorie H</b>	0 až 1 ( <u>0,75</u> )	0,9 až 1,5 ( <u>1,0</u> )	
<b>kategorie I</b>	Dle A až D	Dle A až D	

*Poznámka:* Hodnoty vyplněné tučně jsou převzaty z národní přílohy ČSN EN 1991-1-1, ostatní hodnoty nejsou národní přílohou upraveny a jsou převzaty z originálního textu normy. Podtržené jsou doporučené hodnoty.

Dalšími proměnnými zatíženími, které mohou působit na stavební konstrukci jsou:  
 zatížení sněhem – viz ČSN EN 1991-3 (vydána zatím v anglickém jazyce)  
 zatížení větrem – viz ČSN EN 1991-4 (vydána zatím v anglickém jazyce)  
 zatížení teplotou – viz ČSN EN 1991-5

Některými specifickými případy zatížení (zatížení mostů, jeřáby apod.) se zabývají další připravované Eurokódy.

Použité podklady:

ČSN EN 1990 Eurokód. Zásady navrhování konstrukcí. 2004.

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. 2004.

ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 2005 (norma je v anglickém jazyce).

Procházka J. a kol.: Betonové konstrukce. Dimenzování prvků s přihlédnutím k EN 1992-1-1, 1. díl: prvky z prostého a železového betonu. Skripta ČVUT, Praha, 2005.

## Zatížení sněhem

### Zatížení sněhem na zemi

Charakteristické hodnoty zatížení sněhem na zemi ( $s_k$ ) - Příloha C uvádí Evropskou mapu zatížení sněhem na zemi.

### Další reprezentativní hodnoty

- kombinační hodnota  $\psi_0 s$ ;
- častá hodnota  $\psi_1 s$ ;
- kvazistálá hodnota  $\psi_2 s$ .

Doporučené hodnoty součinitelů  $\psi_0$ ,  $\psi_1$ , a  $\psi_2$  pro různé lokality pozemních staveb

Oblast	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Finsko	0,70	0,50	0,20
Island			
Norsko			
Švédsko			
ostatní členské státy CEN pro staveniště v nadmořské výšce $H > 1\ 000$ m	0,70	0,50	0,20
ostatní členské státy CEN pro staveniště v nadmořské výšce $H \leq 1\ 000$ m	0,50	0,20	0,00

### Zatížení sněhem na střechách

Musí se uvažovat následující dvě základní uspořádání zatížení:

- zatížení nenavátým sněhem na střeše
- zatížení navátým sněhem na střeše

Zatížení sněhem na střechách se musí stanovit následujícím způsobem:

a) pro trvalé/dočasné návrhové situace

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

b) pro mimořádné návrhové situace, kdy je výjimečné zatížení sněhem mimořádným zat.

$$s = \mu_i C_e C_t s_{Ad}$$

c) pro mimořádné návrhové situace, kdy je výjimečné navátí sněhu mimořádným zatížením a kde se použije příloha B

$$s = \mu_i s_k$$

- kde  $\mu_i$  je tvarový součinitel zatížení sněhem;  
 $s_k$  charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi;  
 $s_{Ad}$  návrhová hodnota výjimečného zatížení sněhem na zemi pro danou lokalitu  
 $C_e$  součinitel expozice;  
 $C_t$  tepelný součinitel.

Má se předpokládat, že zatížení působí svisle a je vztaženo k půdorysné ploše střechy.

Pro stanovení zatížení sněhem na střeše se má použít součinitel expozice  $C_e$ . Při volbě součinitele  $C_e$  se má uvážit budoucí výstavba v okolí staveniště.  $C_e$  se má volit rovno jedné, pokud pro různé typy krajiny není stanoveno jinak.

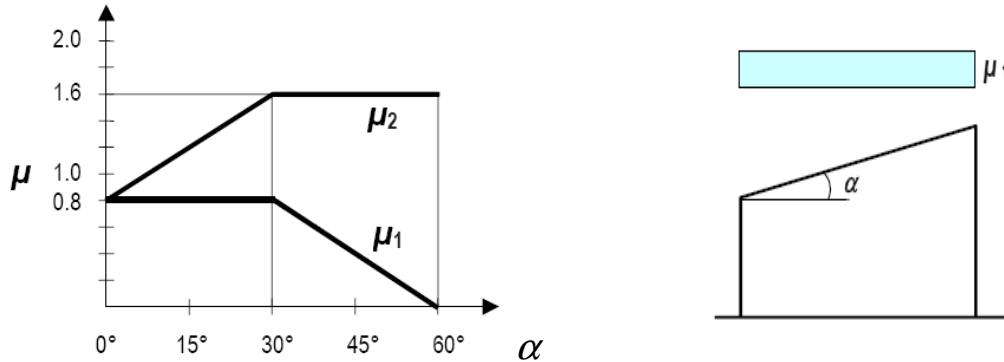
Typ krajiny	$C_e$
otevřená <sup>a)</sup>	0,8
normální <sup>b)</sup>	1,0
chráněná <sup>c)</sup>	1,2

<sup>a)</sup> Otevřený typ krajiny: rovná plocha bez překážek, otevřená do všech stran, nechráněná nebo jen málo chráněná terénem, vyššími stavbami nebo stromy.  
<sup>b)</sup> Normální typ krajiny: plochy, kde nedochází na stavbách k výraznému přemístění sněhu větrem kvůli okolnímu terénu, jiným stavbám nebo stromům.  
<sup>c)</sup> Chráněný typ krajiny: plochy, kde je uvažovaná stavba výrazně nižší než okolní terén nebo je stavba obklopena vysokými stromy a/nebo vyššími stavbami.

Tepelný součinitel  $C_t$  se má použít tam, kde je možné vzít v úvahu snížení zatížení sněhem na střeše, která má vysokou tepelnou prostupnost ( $> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), zejména u některých skleněných střeš, kde dochází k tání sněhu vlivem prostupu tepla střešou. Pro všechny ostatní případy je  $C_t = 1,0$ .

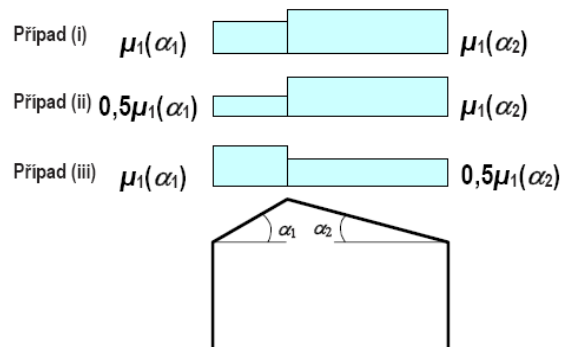
### Tvarové součinitele střeš

#### Pultové střeš



úhel sklonu střešy $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	--

#### Sedlové střeš



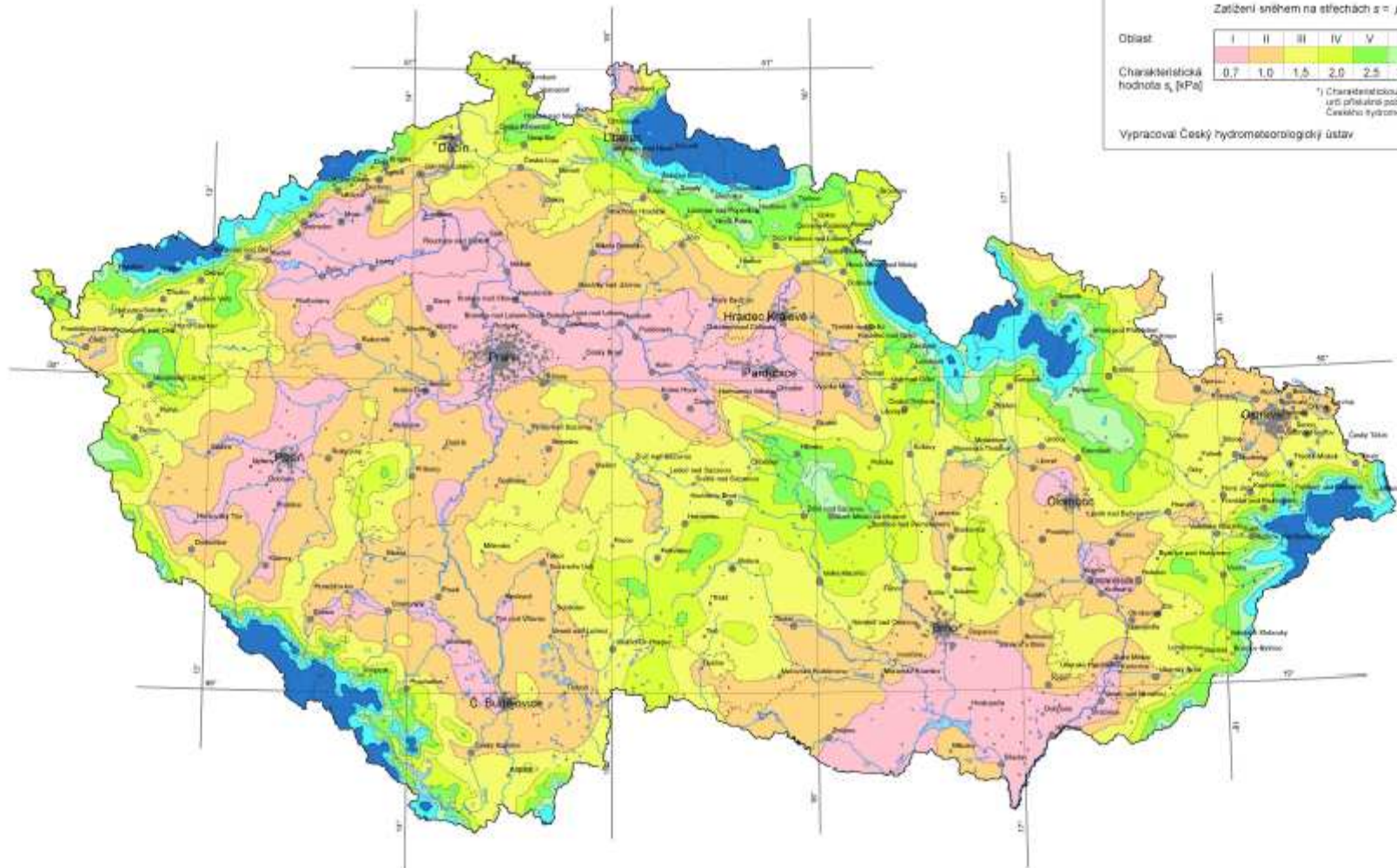
ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006  
**MAPA SNĚHOVÝCH OBLASTÍ NA ÚZEMÍ ČR**

Zatížení sněhem na střeších  $s = \mu \cdot C_s \cdot C_e \cdot s_g$

Oblast	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Charakteristická hodnota $s_g$ [kPa]	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	>4,0 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Charakteristickou hodnotu  $s_g$  lze přizvatel podle ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav



## Zatížení větrem

Zatížení větrem jsou proměnná v čase a působí přímo jako tlaky na vnější povrchy uzavřených konstrukcí a vlivem prodyšnosti vnějšího povrchu působí také nepřímo na vnitřní povrchy. Mohou také přímo působit na vnitřní povrch otevřených konstrukcí. Tlaky působící na plochy povrchu způsobují síly kolmé k povrchu konstrukce nebo k jednotlivým prvkům pláště.

- pravidla pro zatížení větrem pro pozemní stavby výšky  $\leq 200\text{m}$ , pro mosty o rozpětí  $\leq 200\text{m}$
- klasifikace: zatížení větrem – proměnné pevné zatížení (nejsou přítomná stále, v každém směru mají pevně stanovené rozdělení zatížení na konstrukce)
- odezva konstrukce na zatížení větrem:
  - kvazistatická (rezonanční kmitání je možno zanedbat, musí se počítat pro všechny konstrukce)
  - dynamická
  - aerostatická

## Rychlost a tlak větru

Rychlost větru a dynamický tlak jsou složeny ze střední a flukтуаční složky. Střední rychlost větru  $v_m$  se má stanovit ze základní rychlosti větru  $v_b$ , která závisí na větrných podmínkách a na změně větru s výškou, stanovené z drsnosti terénu a orografie. Flukтуаční složka větru je vyjádřena intenzitou turbulence.

Výchozí základní rychlost větru  $v_{b,0}$  je charakteristická desetiminutová střední rychlost větru, nezávislá na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad zemí v terénu bez překážek s nízkou vegetací jako je tráva a izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe nejméně 20násobek výšky překážek (kategorie terénu II).

Mapa větrných oblastí pro ČR

oblast	I	II	III	IV	V
$v_{b,0}$	22,5 m/s	25 m/s	27,5 m/s	30 m/s	36 m/s (char. hodnotu určí ČHMÚ)

## Základní rychlost větru $v_b$

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

kde  $c_{dir}$  je součinitel směru větru (obecně  $c_{dir}=1$ )

$c_{season}$  je součinitel ročního období (obecně  $c_{season}=1$ ).

## Charakteristická střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce $z$ nad terénem

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

kde  $c_o(z)$  je součinitel orografie – horopisu (vliv osamělých kopců, hřebenů, útesů a příkrých stěn), pro většinu návrhových situací  $c_o(z)=1$  (rychlost větru není zvětšena o více jak 5% vlivem orografie)

$c_r(z)$  je součinitel drsnosti terénu a je dán vztahem

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{pro} \quad z \leq z_{min}$$

$z_0$  je parametr drsnosti terénu, viz tab. kategorie terénu

$z_{min}$  je minimální výška, viz tab. kategorie terénu

$z_{max}$  se uvažuje 200m

$k_r$  je součinitel terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

$$z_{0,II} = 0,05\text{m (terén kat. II)}$$

Kategorie terénu	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

### Maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$[1 + 7 \cdot I_v(z)]$  je vliv turbulencí kde

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

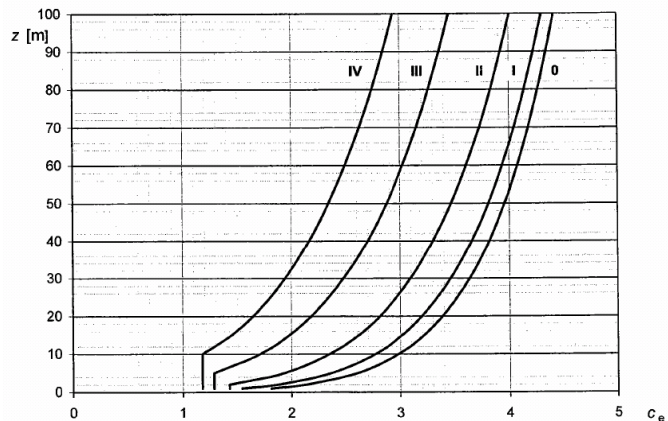
$k_1$  je součinitel turbulence (doporučená hodnota 1)

$\rho$  je měrná hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici, doporučená hodnota  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$q_b = 0,5 \rho v_b(z)^2$  základní dynamický tlak větru

$c_e(z)$  je součinitel expozice

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b}$$



součinitel expozice pro  $c_0 = 1$  a  $k_1 = 1$

### Kvazistálá odezva

Musí se počítat pro všechny konstrukce. Jestliže mají tuhé konstrukce vysokou vlastní frekvenci, takže rezonanční účinek větru je podružný, nemusí se určovat dynamická nebo aerostatická odezva.

Postup

- výpočet maximálního charakteristického tlaku
- určení součinitelů tlaků a sil
- výpočet tlaku nebo síly větru

### Součinitelé tlaků a sil

$c_{pe,1}$  pro malé zatěžovací plochy ( $< 1 \text{ m}^2$ ) – povrchy přímo zatížené větrem (obvodový plášť, upevňovací prvky)

$c_{pe,10}$  pro velké zatěžovací plochy ( $> 10 \text{ m}^2$ ) – pro hlavní konstrukce a velké konstrukční prvky (rámy, průvlaky, sloupy)

### Tlak větru

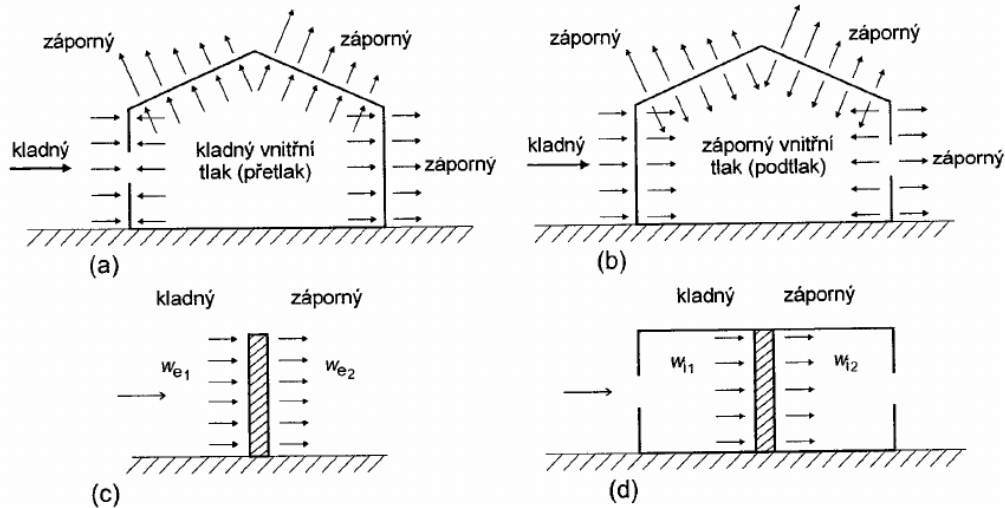
Tlak větru  $w_e$  působící na vnější povrchy  $w_e = q_p(z_e) c_{pe}$ ,

$c_{pe}$  je součinitel vnějšího tlaku (závisí na velikosti plochy vystavené větru a zejména na tvaru konstrukce) (viz. příložené tabulky)

$z_e$  referenční výška pro vnější tlak

Tlak větru  $w_i$  působící na vnitřní povrchy  $w_i = q_p(z_i) c_{pi}$ ,  
 $c_{pi}$  je součinitel vnitřního tlaku, závisí na velikosti a rozmístění otvorů v obvodovém plášti, poměrů otvorů a na propustnosti obvod. pláště  
 $z_i$  referenční výška pro vnitřní tlak

- tam, kde není možné stanovit poměr otvorů  $\mu$ , nebo to není požadováno, bereme jako nepříznivější z  
 $+0,2$  a  $-0,3$  pro  $d/h \geq 4$   
 $+0,3$  a  $-0,4$  pro  $d/h \leq 1$  kde  $d$  je hloubka budovy,  $h$  je výška budovy



### Síly od větru

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(z) A_{ref}$$

Tuto sílu lze určit jako vektorový součet sil na vnější povrch ( $F_{w,e}$ ), na vnitřní povrch ( $F_{w,i}$ ) a třecí sílu ( $F_{fr}$ ).

vnější síly:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{povrchy}} w_e \cdot A_{ref}$$

vnitřní síly:

$$F_{w,i} = \sum_{\text{povrchy}} w_i \cdot A_{ref}$$

třecí síly:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_f$$

$c_s$  je součinitel velikosti konstrukce – bere v úvahu účinek redukce zatížení v důsledku nesoučasného výskytu maximálních tlaků větru na povrchu

$c_d$  je dynamický součinitel (EN uvádí součin  $c_s c_d$ )

$c_f$  součinitel síly, můžeme uvažovat roven  $c_{pe}$

$c_{fr}$  součinitel tření 0,01 (hladký povrch – ocel, hladký beton), 0,02 (hrubý – drsný beton, asfaltový šindel), 0,04 (velmi hrubý – vlnovky, žebra, drážky)

$A_{fr}$  plocha vnějšího povrchu rovnoběžná s větrem

$A_{ref}$  referenční plocha dílčího povrchu

Součinitel konstrukce ( $c_s c_d$ ) lze uvažovat hodnotou 1,0 v případech:

- u pozemních staveb nižších než 15 m
- pro fasádní a střešní prvky se základní vlastní frekvencí větší jak 5 Hz
- pro pozemní stavby s rámovou konstrukcí a nosnými stěnami, které jsou nižší než 100 m, a jejichž výška je menší než čtyřnásobek délky ve směru větru.
- kruhových komínů, jejichž výška je menší než 60 m nebo než 6,5 násobek průměru.

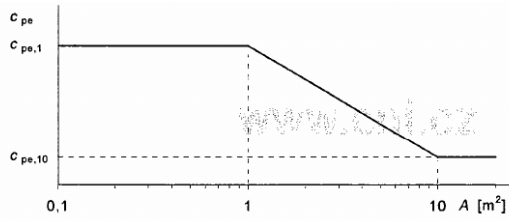
Pro konstrukce mimo tento rámec je postup stanovení součinitele uveden v normě.

Pro patrové budovy lze hodnotu  $c_s c_d$  odečíst na obrázcích 6.4 a 6.5 v normě.

Podrobné obrázky jsou v normě i pro jiné konstrukce.

# Součinitele tlaku pro pozemní stavby

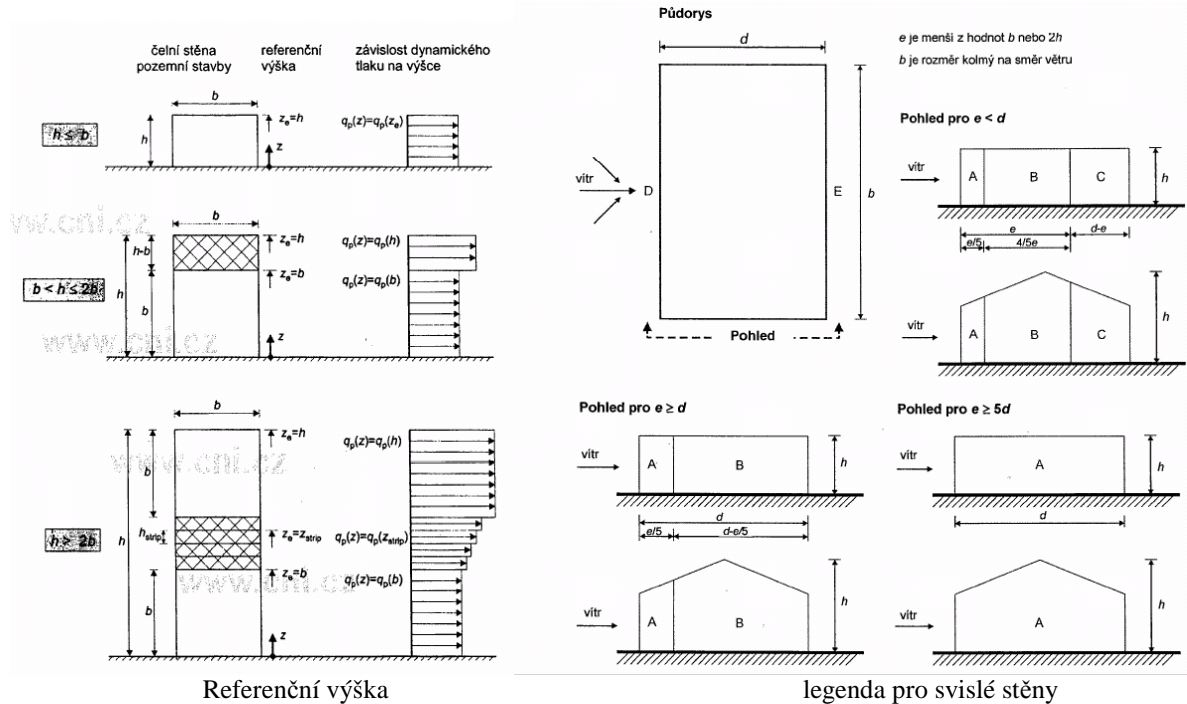
## Součinitele vnějšího tlaku



V obrázku platí:

Pro  $1 \text{ m}^2 < A < 10 \text{ m}^2$   $C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A^{NP}$

## Svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem



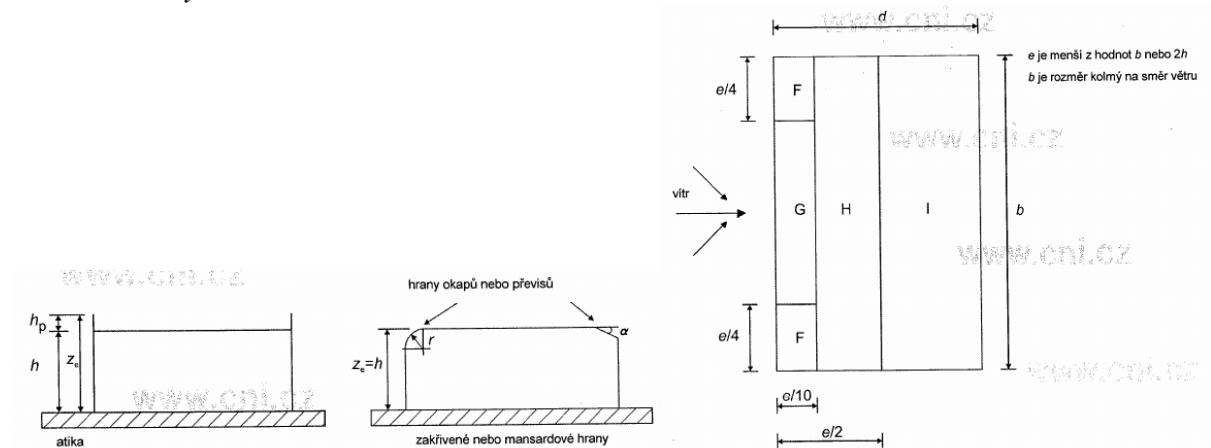
Referenční výška

legenda pro svislé stěny

Oblast	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7		
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5		
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3		

Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku

## Ploché střechy





Typ střechy		Oblasti							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
S atikou	$h_p/h = 0,025$	1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
Zakřivené hrany	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+ 0,2	- 0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+ 0,2	- 0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+ 0,2	- 0,2
Mansardové hrany	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+ 0,2	- 0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+ 0,2	- 0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+ 0,2	- 0,2
POZNÁMKY									
1 Pro střechy s atikou nebo se zakřivenými okraji lze použít lineární interpolaci pro mezilehlé hodnoty $h_p/h$ a $r/h$ .									
2 Pro střechy s mansardovými okraji lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ a $\alpha = 60^\circ$ . Pro $\alpha > 60^\circ$ se lineárně interpoluje mezi hodnotami pro $\alpha = 60^\circ$ a hodnotami pro ploché střechy s ostrými hranami.									
3 V oblasti I, kde jsou dány kladné a záporné hodnoty, musí být uváženy obě hodnoty.									
4 Pro mansardové hrany samotné jsou součinitele vnějšího tlaku uvedeny v tabulce 7.4a „Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy: směr větru $0^\circ$ “, oblast F a G, v závislosti na úhlu sklonu mansardového okraje.									
5 Pro samotné zakřivené hrany se součinitele vnějšího tlaku stanovují lineární interpolací podél křivky mezi hodnotami na stěně a na střeše.									

## Odborná terminologie používaná v EN [1]

### Speciální termíny vztahující se k navrhování obecně

#### **návrhová kritéria** (*design criteria*)

kvantitativní vztahy popisující pro každý mezní stav podmínky, které musí být splněny

#### **návrhové situace** (*design situations*)

soubory fyzikálních podmínek, které reprezentují skutečné podmínky v určitém časovém intervalu, pro který se návrhem prokazuje, že příslušné mezní stavy nejsou překročeny

#### **dočasná návrhová situace** (*transient design situation*)

návrhová situace, která platí během mnohem kratšího časového intervalu, než je návrhová životnost konstrukce, a která má s velkou pravděpodobností nastane

POZNÁMKA: Dočasná návrhová situace se vztahuje k podmínkám, které jsou pro konstrukci dočasné, k podmínkám jejího provozu, expozice, např. během výstavby nebo opravy.

#### **trvalá návrhová situace** (*persistent design situation*)

návrhová situace, která platí pro dobu srovnatelnou s návrhovou životností konstrukce

POZNÁMKA: Obvykle se vztahuje k podmínkám běžného provozu.

#### **mimořádná návrhová situace** (*accidental design situation*)

návrhová situace, v níž je zahrnuto vystavení konstrukce působení mimořádných podmínek včetně požáru, výbuchu, nárazu nebo místním porušením

#### **navrhování na účinky požáru** (*fire design*)

návrh konstrukce tak, aby v případě požáru splňovala požadované vlastnosti

#### **seismická návrhová situace** (*seismic design situation*)

návrhová situace zahrnující výjimečné podmínky, kterým je konstrukce vystavena během seismické aktivity

#### **návrhová životnost** (*design working life*)

předpokládaná doba, po kterou má být konstrukce nebo její část používána pro zamýšlený účel při běžné údržbě, avšak bez nutnosti zásadnější opravy

#### **nebezpečí** (*hazard*)

neobvyklý a nepříznivý jev uvedený v EN 1990 až EN 1999, např. abnormální zatížení nebo vlivy prostředí, nedostatečná pevnost nebo odolnost, nebo nadměrné odchylky od předpokládaných rozměrů

#### **uspořádání zatížení** (*load arrangement*)

určení místa, velikosti a směru působení volného zatížení

#### **zatěžovací stav** (*load case*)

slučitelná kombinace zatížení, deformací a imperfekcí, která se při jednotlivých ověřeních uvažuje současně s pevnými proměnnými zatíženími a se stálými zatíženími

#### **mezní stavy** (*limit states*)

stavy, při jejichž překročení již konstrukce nesplňuje příslušná návrhová kritéria

#### **mezní stavy únosnosti** (*ultimate limit states*)

mezní stavy související se zřícením nebo s dalšími podobnými druhy poruch konstrukce

POZNÁMKA: Zpravidla odpovídají maximální nosné způsobilosti konstrukce nebo nosných prvků.

#### **mezní stavy použitelnosti** (*serviceability limit states*)

stavy odpovídající podmínkám, při jejichž překročení již nejsou splněny stanovené provozní požadavky na konstrukci nebo na nosný prvek

#### **nevratné mezní stavy použitelnosti** (*irreversible serviceability limit states*)

mezní stavy, při nichž přetrvávají některé následky zatížení, jež překročily specifické provozní požadavky, i když jsou tato zatížení odstraněna

#### **vratné mezní stavy použitelnosti** (*reversible serviceability limit states*)

mezní stavy, při nichž nezůstanou žádné následky zatížení, jež překročily specifické provozní požadavky, i když jsou tato zatížení odstraněna

#### **kritérium použitelnosti** (*serviceability criterion*)

návrhové kritérium pro mezní stav použitelnosti

#### **odolnost** (*resistance*)

schopnost prvku nebo dílce, nebo průřezu prvku nebo dílce konstrukce odolávat bez mechanické poruchy zatížením; příkladem je odolnost v ohybu, ve vzpěru, v tahu

#### **pevnost** (*strenght*)

mechanická vlastnost materiálu, která udává jeho schopnost odolávat zatížení, zpravidla vyjádřená prostřednictvím napětí

#### **spolehlivost**(*reliability*)

schopnost konstrukce nebo nosného prvku plnit stanovené požadavky během návrhové životnosti. Spolehlivost se obvykle vyjadřuje prostřednictvím pravděpodobnostních ukazatelů.

POZNÁMKA: Spolehlivost zahrnuje bezpečnost, použitelnost a trvanlivost konstrukce.

### **diferenciace spolehlivosti** (*reliability differentiation*)

opatření určená pro sociálně-ekonomickou optimalizaci zdrojů, které mají být použity při výstavbě stavebních objektů, při uvážení všech očekávaných následků poruch konstrukce a nákladů na stavební objekty

### **základní veličina** (*basic variable*)

jedna ze stanoveného souboru veličin reprezentujících fyzikální veličiny, které charakterizují zatížení a vlivy prostředí, geometrické veličiny a materiálové vlastnosti včetně vlastností základové půdy

### **údržba** (*maintenance*)

souhrn všech činností prováděných během životnosti konstrukce, které umožňují splnit požadavky na spolehlivost

POZNÁMKA: Činnosti spojené s opravou konstrukce po mimořádné či seismické události jsou obvykle mimo rámec údržby.

### **oprava** (*repair*)

činnosti prováděné za účelem zachování nebo obnovení funkce konstrukce, které spadají mimo rámec definice údržby

### **nominální hodnota** (*nominal value*)

hodnota, která není statisticky podložena a která je např. určena na základě předchozí zkušenosti nebo fyzikálních podmínek

## **Termíny vztahující se k zatížení**

### **zatížení** (*F*) (*action*)

- a) soustava sil (břemen) působících na konstrukci (přímé zatížení),
- b) soustava vynucených přetvoření nebo zrychlení vyvolaných např. změnami teploty nebo vlhkosti, nerovnoměrným sedáním nebo zemětřesením (nepřímé zatížení).

### **účinek zatížení** (*E*) (*effect of action*)

účinek zatížení na nosné prvky (např. vnitřní síla, moment, napětí, poměrné přetvoření) nebo na celou konstrukci (např. průhyb, pootočení)

### **stálé zatížení** (*G*) (*permanent action*)

zatížení, které obvykle působí po celou referenční dobu, a jehož velikost má zanedbatelnou proměnlivost nebo se mění pouze v jednom smyslu (monotónně), než dosáhne určité mezní hodnoty

### **proměnné zatížení** (*Q*) (*variable action*)

zatížení, jehož velikost má v čase zanedbatelnou proměnnost a není monotónní

### **mimořádné zatížení** (*A*) (*accidental action*)

zatížení, které působí obvykle krátce, avšak má významnou velikost, a které se během návrhové životnosti dané konstrukce vyskytuje pouze výjimečně

POZNÁMKA 1: Pokud nejsou učiněna vhodná opatření, mohou mít mimořádná zatížení závažné následky.

POZNÁMKA 2: Zatížení nárazem, sněhem, větrem a zatížení seismická mohou být zatížení proměnná nebo mimořádná v závislosti na dostupných informacích o jejich statistických rozděleních.

### **seismické zatížení** (*A<sub>E</sub>*) (*seismic action*)

zatížení, které vznikne pohybem základové půdy v důsledku zemětřesení

### **geotechnické zatížení** (*geotechnical action*)

zatížení přenášené na konstrukci základovou půdou, nasypanou zemínou nebo spodní vodou

### **pevné zatížení** (*fixed action*)

zatížení, jehož prostorové rozdělení se po konstrukci nebo nosném prvku nemění, takže stanovená velikost a směr zatížení v jednom bodě konstrukce nebo nosného prvku jednoznačně určují velikost a směr zatížení po celé konstrukci nebo jejím prvku

### **volné zatížení** (*free action*)

zatížení, jehož prostorové rozdělení po konstrukci může být libovolné

### **nezávislé zatížení** (*single action*)

zatížení, které lze považovat v čase a prostoru za statisticky nezávislé na jakémkoliv jiném zatížení působícím na konstrukci

### **statické zatížení** (*static action*)

zatížení, které nevyvolává významné zrychlení konstrukce nebo nosných prvků

### **dynamické zatížení** (*dynamic action*)

zatížení, které vyvolává významné zrychlení konstrukce nebo nosných prvků

### **kvazistatické zatížení** (*quasi-static action*)

dynamické zatížení reprezentované ve statickém modelu pomocí ekvivalentního statického zatížení

### **charakteristická hodnota zatížení** (*F<sub>k</sub>*) (*characteristic value of an action*)

základní reprezentativní hodnota zatížení

POZNÁMKA: Pokud může být hodnota stanovena na základě statistických metod, je odvozena tak, že nebude s předepsanou pravděpodobností v nepříznivém smyslu překročena během určité „referenční doby“, která je stanovena s přihlédnutím k návrhové životnosti a trvání návrhové situace.

**referenční doba** (*reference period*)

zvolené časové období, které je základem pro stanovení statisticky proměnných zatížení, a pokud je to možné, mimořádných zatížení

**kombinační hodnota proměnného zatížení** ( $\psi_0 Q_k$ ) (*combination value of a variable action*)

hodnota určená – pokud může být stanovena na základě statistických metod – tak, aby pravděpodobnost překročení účinků dané kombinace proměnných zatížení byla přibližně stejná jako pravděpodobnost překročení charakteristické hodnoty jednotlivého zatížení. Může být vyjádřena jako určitá část charakteristické hodnoty prostřednictvím součinitele  $\psi_0 \leq 1$ .

**častá hodnota proměnného zatížení** ( $\psi_1 Q_k$ ) (*frequent value of a variable action*)

hodnota určená – pokud může být stanovena na základě statistických metod – tak, aby buď celkový čas během referenční doby, po který je tato hodnota překročena, byl pouze malou částí referenční doby nebo četnost překročení této hodnoty byla omezena danou hodnotou. Může být vyjádřena jako určitá část charakteristické hodnoty prostřednictvím součinitele  $\psi_1 \leq 1$ .

**kvazistálá hodnota proměnného zatížení** ( $\psi_2 Q_k$ ) (*quasi-permanent value of a variable action*)

hodnota stanovená tak, aby celkový čas, po který je překročena, představoval podstatnou část referenční doby. Může být vyjádřena jako určitá část charakteristické hodnoty prostřednictvím součinitele  $\psi_2 \leq 1$ .

**reprezentativní hodnota vedlejšího proměnného zatížení** ( $\psi Q_k$ ) (*accompanying value of a variable action*)

hodnota proměnného zatížení, které působí v kombinaci s hlavním proměnným zatížením

POZNÁMKA: Reprezentativní hodnota vedlejšího proměnného zatížení může být hodnotou kombinační, častou nebo kvazistálou.

**reprezentativní hodnota zatížení** ( $F_{rep}$ ) (*representative value of an action*)

hodnota, která se používá při ověřování mezního stavu. Reprezentativní hodnota může být charakteristickou hodnotou ( $F_k$ ) nebo reprezentativní hodnotou vedlejšího proměnného zatížení ( $\psi F_k$ ).

**návrhová hodnota zatížení** ( $F_d$ ) (*design value of an action*)

hodnota získaná vynásobením reprezentativní hodnoty dílčím součinitelem  $\gamma_f$

POZNÁMKA: Návrhovou hodnotou zatížení může být také násobek reprezentativní hodnoty a dílčího součinitele  $\gamma_f = \gamma_{sd} \times \gamma_f$  (viz 6.3.2).

**kombinace zatížení** (*combination of actions*)

soubor návrhových hodnot použitých pro ověření spolehlivosti konstrukce z hlediska určitého mezního stavu při současném působení různých zatížení

## **Termíny vztahující se k vlastnostem materiálu a výrobku**

**charakteristická hodnota** ( $X_K$  nebo  $R_K$ ) (*characteristic value*)

hodnota vlastností materiálu nebo výrobku, která má předepsanou pravděpodobnost, že nebude překročena v hypoteticky neomezeném souboru zkoušek. Tato hodnota obecně odpovídá určitému kvantilu rozdělení sledované vlastnosti. V některých případech se jako charakteristická hodnota používá nominální hodnota.

**návrhová hodnota vlastností materiálu nebo výrobku** ( $X_d$  nebo  $R_d$ ) (*design value of a material or product property*)

hodnota získaná vydělením charakteristické hodnoty dílčím součinitelem  $\gamma_m$  nebo  $\gamma_M$ , nebo ve zvláštních případech stanovená přímo

**nominální hodnota vlastností materiálu nebo výrobku** ( $X_{nom}$  nebo  $R_{nom}$ ) (*nominal value of a material or product property*)

hodnota obvykle užívaná jako charakteristická hodnota a stanovená z příslušných dokumentů, jako je evropská norma nebo přednorma.

## **Termíny vztahující se ke geometrickým údajům**

**charakteristická hodnota geometrické vlastnosti** ( $a_k$ ) (*characteristic value of a geometrical property*)

hodnota, která obvykle odpovídá rozměrům stanovených v návrhu. V příslušných případech mohou hodnoty geometrických veličin odpovídat určitému předepsanému kvantilu statistického rozdělení.

**návrhová hodnota geometrické vlastnosti** ( $a_d$ ) (*design value of a geometrical property*)

obvykle nominální hodnota. V odůvodněných případech mohou hodnoty geometrických veličin odpovídat určitému předepsanému kvantilu statistického rozdělení.

POZNÁMKA: Návrhová hodnota geometrické vlastnosti je obvykle rovna charakteristické hodnotě. Může však být odlišná, jestliže je uvažovaný mezní stav velmi citlivý na hodnotu geometrické vlastnosti, jako je tomu například tehdy, když se uvažují geometrické imperfekce při vzpěru. V takových případech je nutno návrhovou hodnotu stanovit přímo, např. podle odpovídající evropské normy nebo přednormy. Alternativně může být stanovena pomocí statistických metod tak, aby její hodnota odpovídala vhodnějšímu kvantilu (např. hodnota s menší pravděpodobností výskytu) než jaký odpovídá charakteristické hodnotě.

## Termíny vztahující se k výpočtům konstrukcí

POZNÁMKA: Definice obsažené v tomto článku se nemusí nezbytně vztahovat k termínům používaným v EN 1990, ale jsou zde uvedeny z důvodu zajištění sjednocení termínů pro výpočty konstrukcí v EN 1991 až EN 1999.

### **výpočet konstrukce** (*structural analysis*)

postup nebo algoritmus pro určení účinků zatížení v každém bodě konstrukce.

POZNÁMKA: Výpočet konstrukce může být prováděn ve třech úrovních prostřednictvím různých modelů: výpočet celé konstrukce, prvku nebo lokálních účinků.

### **výpočet celé konstrukce** (*global analysis*)

určení odpovídající soustavy vnitřních sil a momentů nebo napětí v dané konstrukci, které jsou v rovnováze s příslušně stanoveným souborem zatížení konstrukce a závisí na geometrickém a konstrukčním uspořádání a na materiálových vlastnostech.

### **lineárně pružný výpočet prvního řádu bez redistribuce** (*first order linear-elastic analysis without redistribution*)

pružný výpočet uvažující počáteční tvar konstrukce a lineární závislost napětí/poměrné přetvoření nebo moment/zakřivení.

### **lineárně pružný výpočet prvního řádu s redistribucí** (*first order linear-elastic analysis with redistribution*)

lineárně pružný výpočet, ve kterém jsou vnitřní momenty a síly upraveny pro návrh konstrukce v souladu s danými vnějšími zatíženími a bez dalšího přímého výpočtu rotační kapacity

### **lineárně pružný výpočet druhého řádu** (*second order linear-elastic analysis*)

pružný výpočet konstrukce uvažující přetvoření konstrukce a lineární závislost napětí/poměrné přetvoření.

### **nelineární výpočet prvního řádu** (*first order non-linear analysis*)

výpočet konstrukce, který uvažuje počáteční tvar konstrukce a nelineární přetvárné vlastnosti materiálů.

POZNÁMKA: Nelineární výpočet prvního řádu je buď za určitých předpokladů pružný, nebo pružný a dokonale plastický (viz 1.5.6.8 a 1.5.6.9), nebo pružně-plastický (viz 1.5.6.10) a nebo tuhoplastický (viz 1.5.6.11).

### **nelineární výpočet druhého řádu** (*second order non-linear analysis*)

výpočet konstrukce, který uvažuje přetvoření konstrukce a nelineární přetvárné vlastnosti materiálů.

POZNÁMKA: Nelineární výpočet druhého řádu je buď pružný a dokonale plastický a nebo pružně-plastický.

### **pružný a dokonale plastický výpočet prvního řádu** (*first order elastic-perfectly plastic analysis*)

výpočet konstrukce uvažující počáteční tvar konstrukce a takovou závislost moment/zakřivení, která se skládá z lineárně pružné části a následné plastické části bez zpevnění.

### **pružný a dokonale plastický výpočet druhého řádu** (*second order elastic-perfectly plastic analysis*)

výpočet konstrukce používající přetvoření (deformace) konstrukce a takovou závislost moment/zakřivení, která se skládá z lineárně pružné části a z následné plastické části bez zpevnění.

### **pružně-plastický výpočet (prvního nebo druhého řádu)** (*elasto-plastic analysis (first or second order)*)

výpočet konstrukce používající závislost napětí/poměrné přetvoření nebo moment/zakřivení, která se skládá z lineárně pružné části a z následné plastické části se zpevněním nebo bez něj.

POZNÁMKA: Zpravidla se uvažuje počáteční tvar, ale může zohledňovat i přetvoření (nebo deformace) konstrukce.

### **tuhoplastický výpočet** (*rigid plastic analysis*)

výpočet, který uvažuje počáteční tvar konstrukce a vychází z mezních stavů pro přímé určení mezního zatížení.

POZNÁMKA: Závislost moment/zakřivení se uvažuje bez pružné deformace a bez zpevnění.

## Symbole používané v EN [1]

### Velká písmena latinské abecedy

$A$	Mimořádné zatížení
$A_d$	Návrhová hodnota mimořádného zatížení
$A_{Ed}$	Návrhová hodnota seizmického zatížení $A_{Ed} = \gamma A_{Ek}$
$A_{Ek}$	Charakteristická hodnota seizmického zatížení
$C_d$	Nominální hodnota, popř. funkce určitých návrhových hodnot vlastností materiálů
$E$	Účinek zatížení
$E_d$	Návrhová hodnota účinku zatížení
$E_{d,dst}$	Návrhová hodnota účinku destabilizujících zatížení
$E_{d,stab}$	Návrhová hodnota účinku stabilizujících zatížení
$F$	Zatížení
$F_d$	Návrhová hodnota zatížení
$F_k$	Charakteristická hodnota zatížení
$F_{rep}$	Reprezentativní hodnota zatížení
$G$	Stálé zatížení
$G_d$	Návrhová hodnota stálého zatížení
$G_{d,inf}$	Dolní návrhová hodnota stálého zatížení
$G_{d,sup}$	Horní návrhová hodnota stálého zatížení
$G_k$	Charakteristická hodnota stálého zatížení
$G_{k,j}$	Charakteristická hodnota stálého zatížení $j$
$G_{k,j,sup}/$ $G_{k,j,inf}$	Horní/dolní charakteristická hodnota stálého zatížení $j$
$P$	Příslušná reprezentativní hodnota zatížení od přepětí (viz EN 1992 až 1996 a EN 1998 až 1999)
$P_d$	Návrhová hodnota zatížení od přepětí
$P_k$	Charakteristická hodnota zatížení od přepětí
$P_m$	Průměrná hodnota zatížení od přepětí
$Q$	Proměnné zatížení
$Q_d$	Návrhová hodnota proměnného zatížení
$Q_k$	Charakteristická hodnota proměnného zatížení
$Q_{k,1}$	Charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení 1
$Q_{k,i}$	Charakteristická hodnota vedlejšího proměnného zatížení $i$
$R$	Odolnost
$R_d$	Návrhová hodnota odolnosti
$R_k$	Charakteristická hodnota odolnosti
$X$	Vlastnost materiálu
$X_d$	Návrhová hodnota vlastnosti materiálu
$X_k$	Charakteristická hodnota vlastnosti materiálu

### Malá písmena latinské abecedy

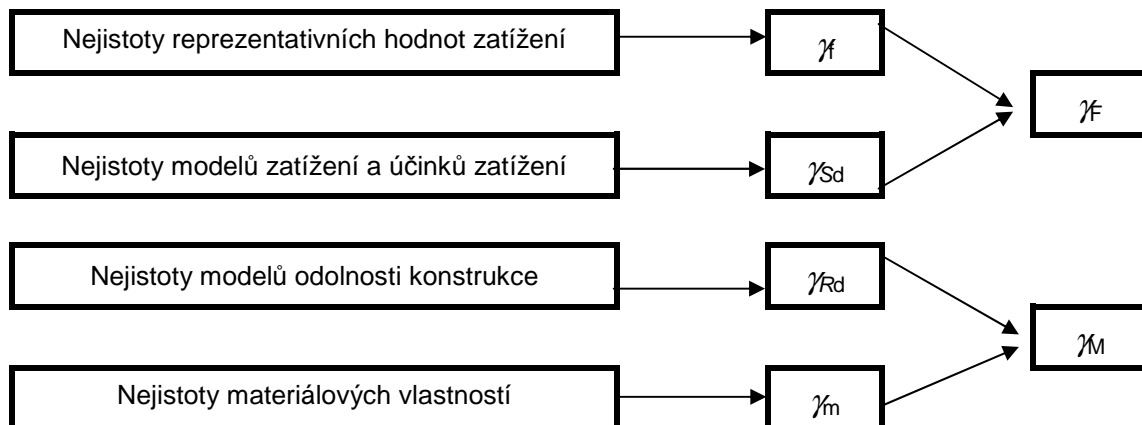
$a_d$	Návrhová hodnota geometrického údaje
$a_k$	Charakteristická hodnota geometrického údaje
$a_{nom}$	Nominální hodnota geometrického údaje
$u$	Vodorovný posun konstrukce nebo prvku
$w$	Svislý průhyb nosného prvku

### Velká písmena řecké abecedy

$\Delta a$	Změna nominální hodnoty geometrického údaje pro účely navrhování, např. pro stanovení účinku imperfekcí
------------	---

### Malá písmena řecké abecedy

$\gamma$	Dílčí součinitel (bezpečnosti nebo použitelnosti)
$\gamma_f$	Dílčí součinitel zatížení, který zohledňuje možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot
$\gamma_F$	Dílčí součinitel zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
$\gamma_G$	Dílčí součinitel stálého zatížení, v němž jsou uváženy možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot
$\gamma_G$	Dílčí součinitel stálého zatížení, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
$\gamma_{G,j}$	Dílčí součinitel stálého zatížení $j$
$\gamma_{G,sup}$	Dílčí součinitel stálého zatížení $j$ pro stanovení horních/dolních návrhových hodnot
$\gamma_{G,inf}$	
$\gamma$	Součinitel významu (viz EN 1998)
$\gamma_m$	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu
$\gamma_M$	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu, v němž jsou uváženy modelové nejistoty a proměnnost rozměrů
$\gamma_P$	Dílčí součinitel zatížení od přepětí (viz EN 1992 až EN 1996 a EN 1998 až EN 1999)
$\gamma_Q$	Dílčí součinitel proměnného zatížení, v němž jsou uváženy možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot
$\gamma_Q$	Dílčí součinitel proměnného zatížení včetně modelových nejistot a proměnnosti rozměrů
$\gamma_{Q,i}$	Dílčí součinitel proměnného zatížení $i$
$\gamma_{Rd}$	Dílčí součinitel vyjadřující nejistoty modelu odolnosti
$\gamma_{Sd}$	Dílčí součinitel vyjadřující nejistoty modelu zatížení a/nebo účinku zatížení
$\eta$	Převodní součinitel
$\xi$	Zmenšovací součinitel
$\psi_0$	Součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení
$\psi_1$	Součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
$\psi_2$	Součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení



Vztahy mezi jednotlivými dílčími součiniteli [1]

**Hodnoty součinitelů pro výpočet návrhového zatížení (MS rovnováhy - EQU) [1]**

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
1 (Rce. 6.10)	1,1	0,9	1,5 (příznivé 0)		1,5 (nepříznivé 0)
2 (Rce. 6.10)	1,35	1,15	1,5 (příznivé 0)		1,5 (nepříznivé 0)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{Rce 6.10})$$

**Hodnoty součinitelů pro výpočet návrhového zatížení (MS únosnosti - STR) [1]**

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Rce. 6.10)	1,35	1,00	1,5 (příznivé 0)		1,5 (nepříznivé 0)