

NK 1 – Zatížení 2

Přednášky: Doc. Ing. Karel Lorenz, CSc.,
Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.,
Ing. Jana Marková, Ph.D.
FA, Ústav nosných konstrukcí, Kloknerův ústav
Cvičení: Ing. Naďa Holická, CSc., Fakulta stavební
Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., Kloknerův ústav

- **Zásady navrhování**
- **Zatížení**
- **Uspořádání konstrukce**
- **Zděné konstrukce**
- **Zakládání staveb**

Klasifikace zatížení

Stálá

Proměnná

Mimořádná

G

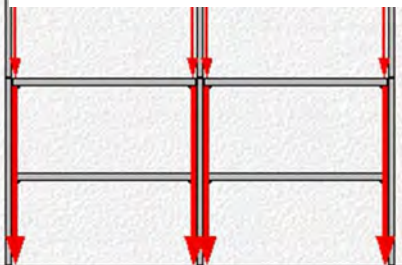
Q

A

- Vlastní tíha, pevně zabudované součásti
- Předpětí
- Zatížení vodou a zeminou
- Nepřímá zatížení, např. od sedání základů

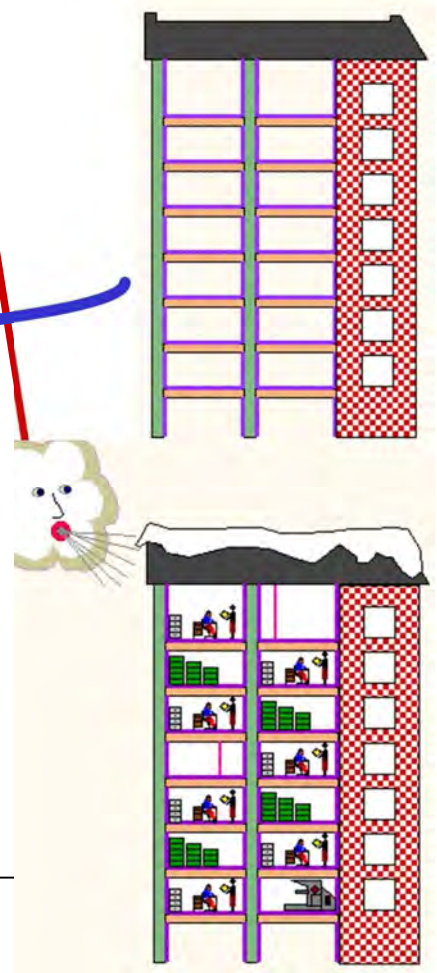
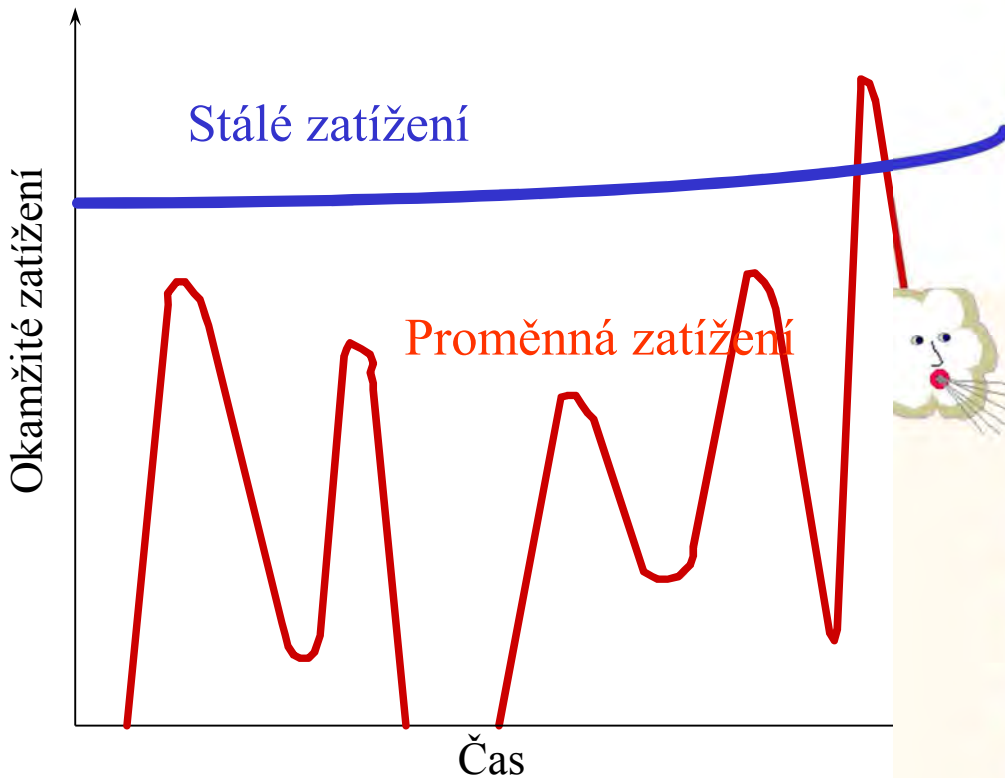
- Užitná zatížení
- Sníh
- Vítr
- Nepřímá zatížení, např. od teploty

- Výbuch
- Požár
- Náraz vozidel



RONAN POINT

Stálé a proměnné zatížení



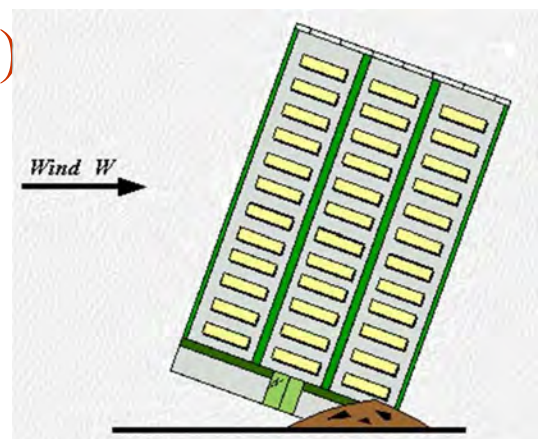
Zatížení větrem

ENV 1991-2-4 → EN1991-1-4 (2002-02)

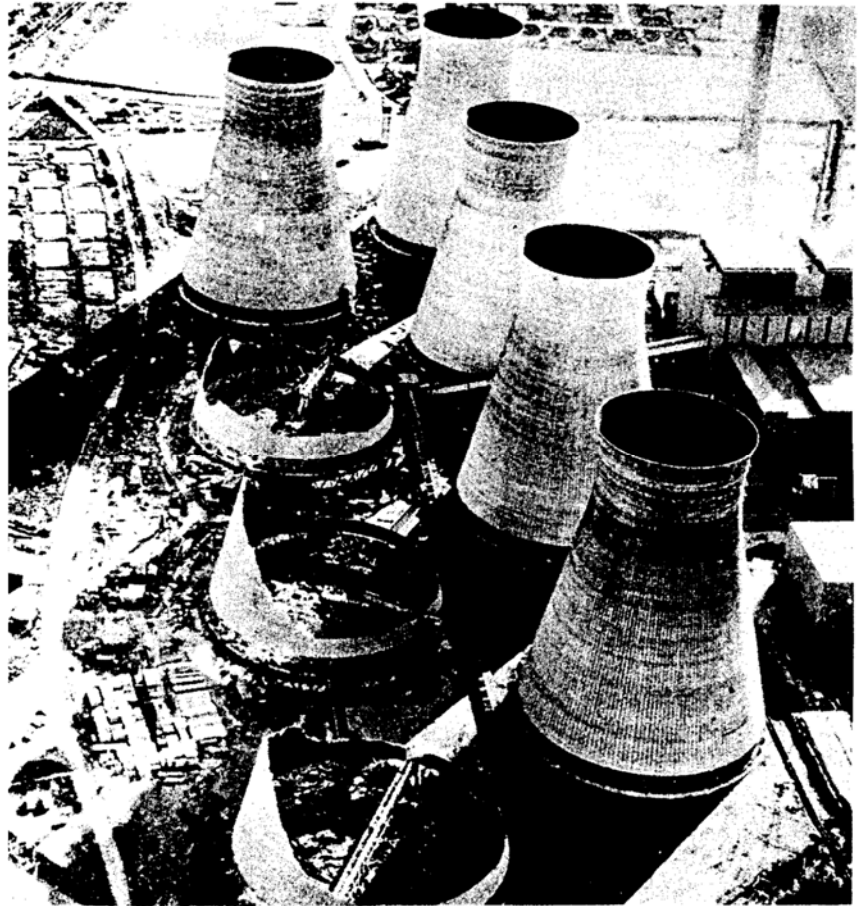
Konstrukce do výšky 200 m,
mosty do rozpětí 200 m, pokud splňují
kritéria pro dynamickou odezvu (Annex D)

Odezva konstrukce (Annex D)

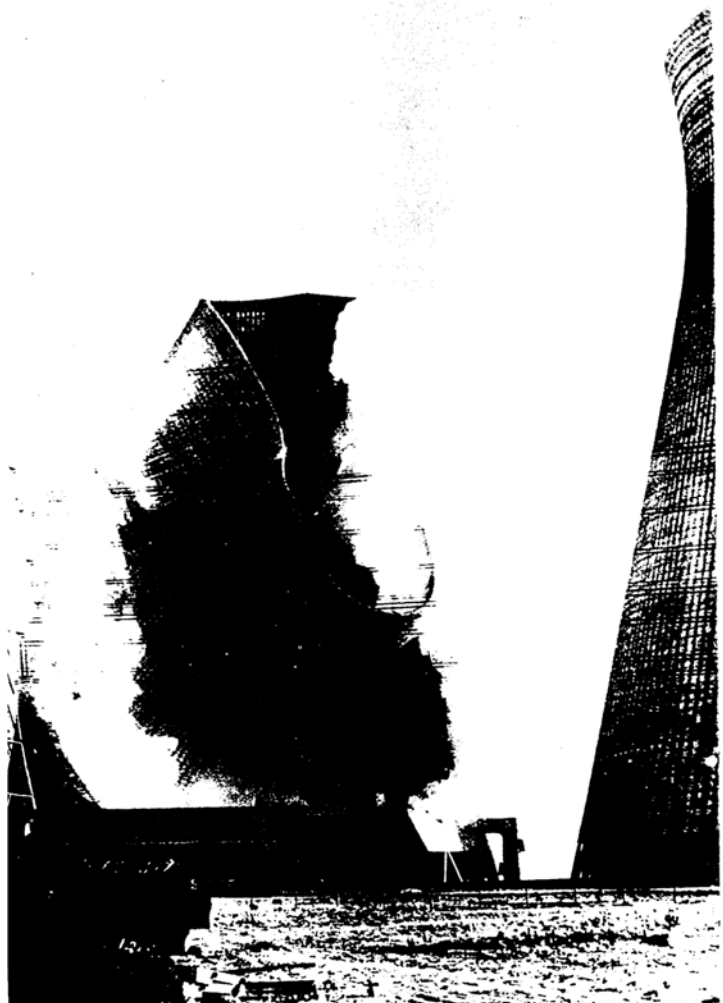
- kvazistatická
- dynamická
- aeroelastická



Chladicí
věže ve
Ferrybridge
Velká
Británie



Chladicí
věže ve
Ferrybridge,
Velká
Británie



Rychlost a tlak větru

Rychlost větru

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

Charakteristická střední rychlost

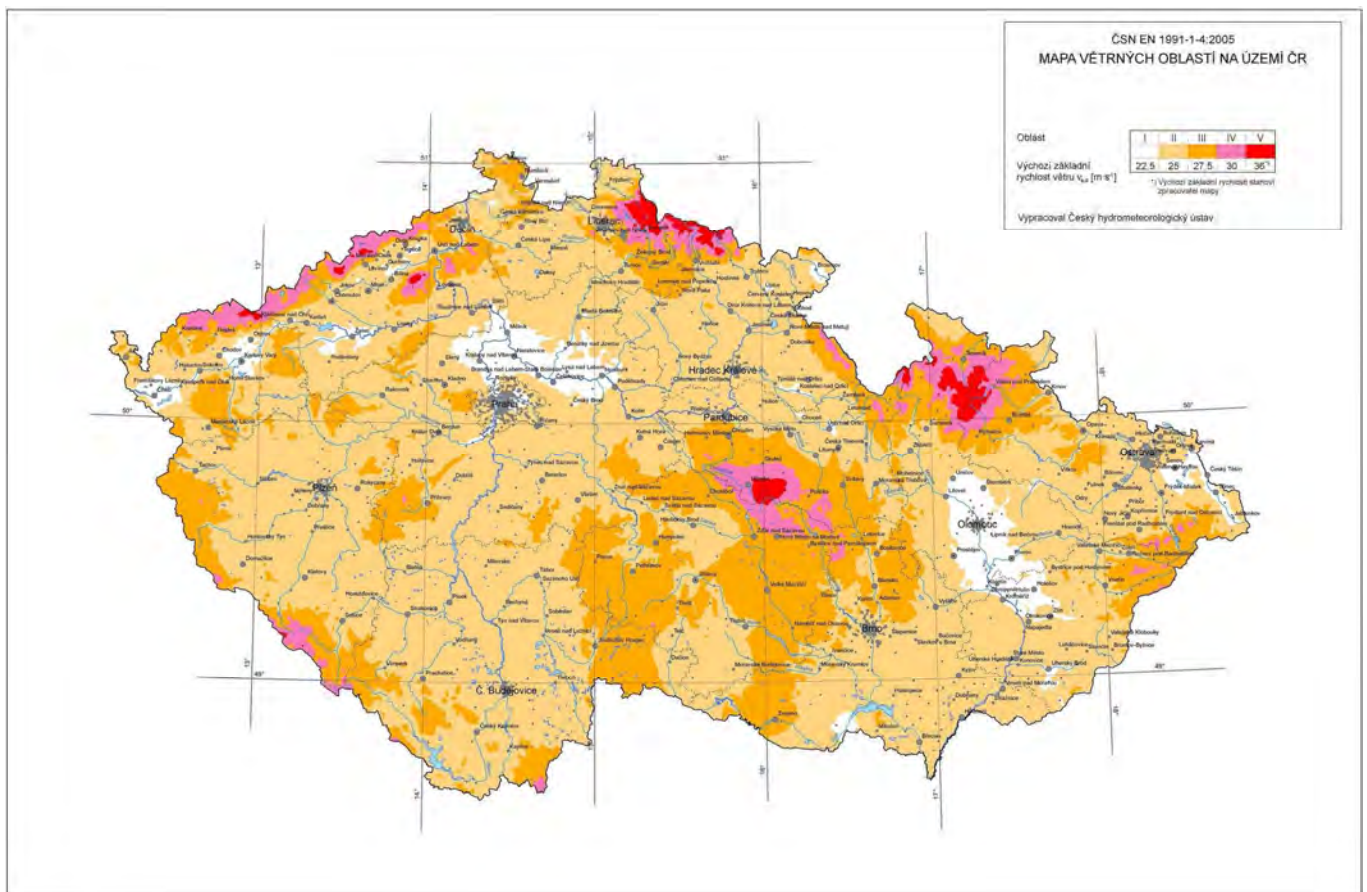
$$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b$$

$c_r(z)$ - součinitel drsnosti

$c_o(z)$ - součinitel orografie



Mapa větrných oblastí v ČR



Tlak větru

Zjednodušené vztahy pro tlak na plochu

Základní tlak $q_b = \rho v_b^2 / 2,$

Tlak na plochu $w(z) = c_p c_e(z) q_b$

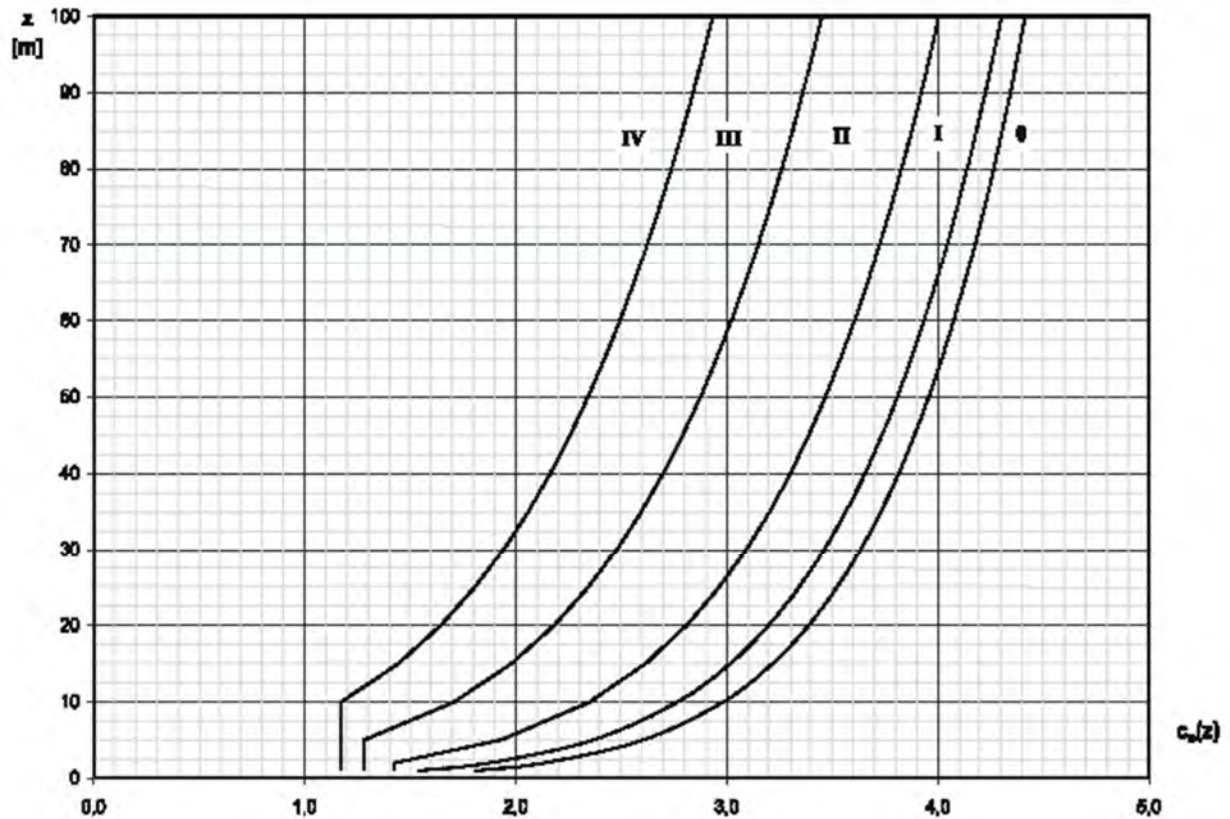
$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ je měrná hmotnost vzduchu, součinitel tlaku c_p a součinitel expozice $c_e(z)$ jsou uvedeny v tabulkách (kapitole 4 a 7).

Kategorie terénu

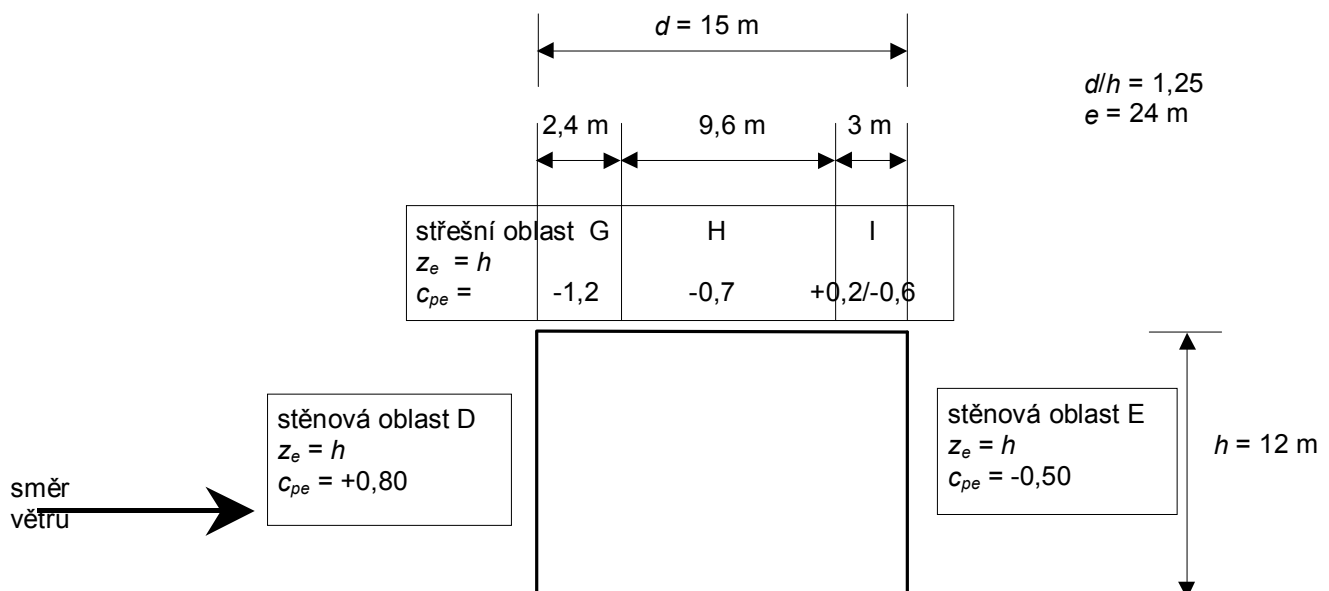
pro stanovení součinitele expozice
- prEN 1991-1-4, Tabulka 4.1

Kategorie	Délka drsnosti	Min. výška
	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0. Volný prostor bez překážek	0,003	1
I. Zanedbatelná vegetace	0,01	1
II. Nízká vegetace	0,05	2
III. Překážky s volným prostorem	0,3	5
IV. Městské oblasti (výška $\cong 15$ m)	1,0	10

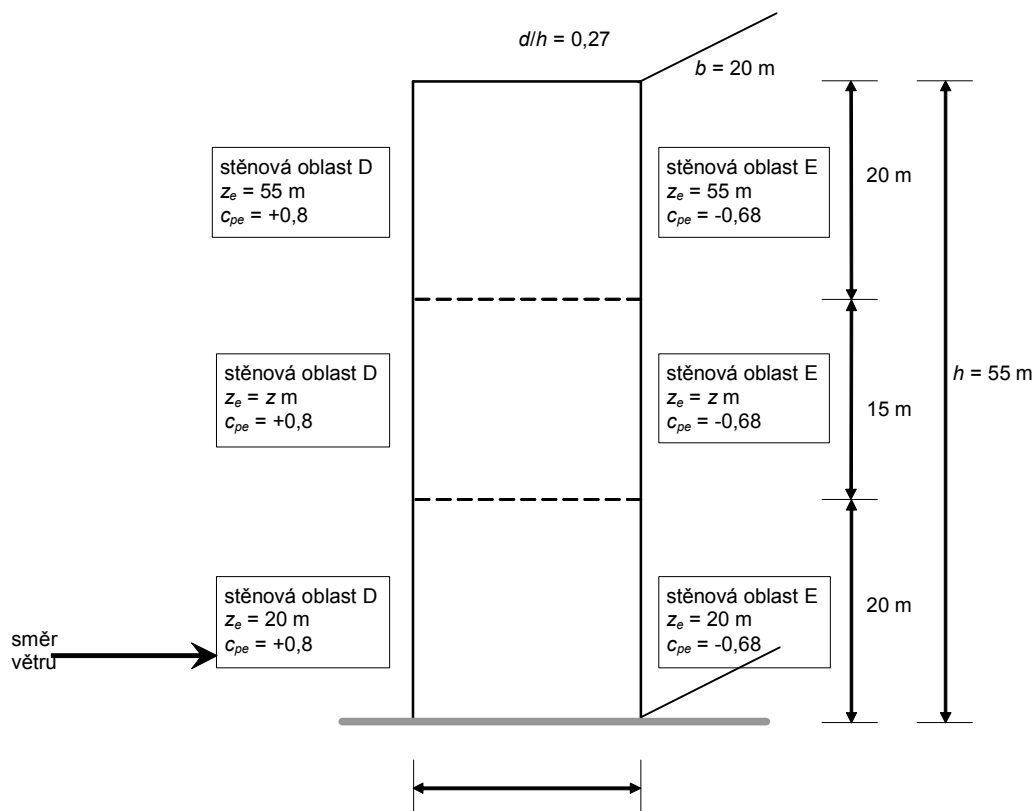
Faktor exposice $c_e(z)$



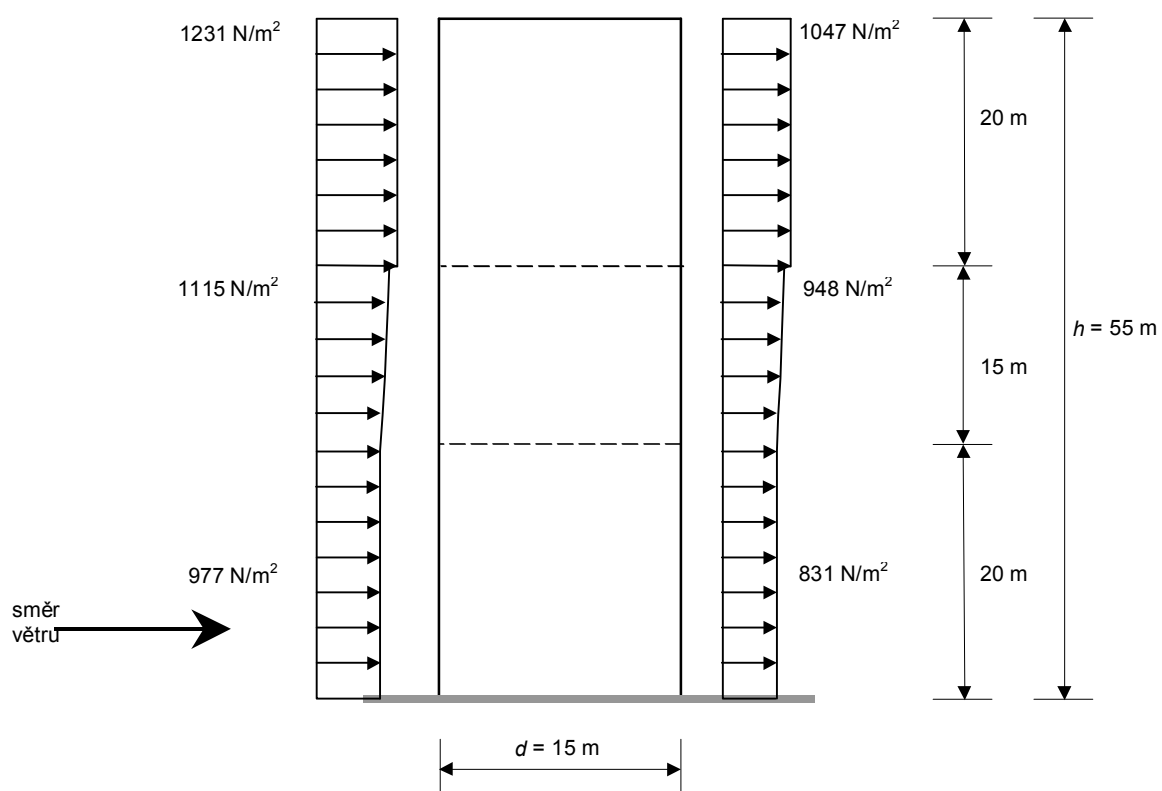
Příklad součinitele tlaku c_p uprostřed pravoúhlé budovy



Výšková budova



Příklad rozložení tlaků



Skleněný panel výškové budovy

Vnější tlaky

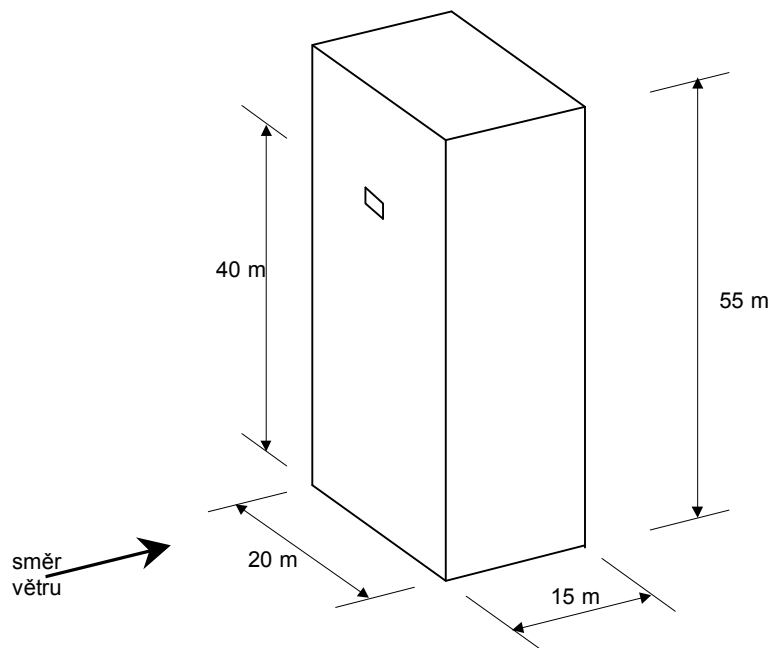
$$w_e = q_p(z_e) c_{pe}$$

Vnitřní tlaky

$$w_i = q_p(z_i) c_{pi}$$

Výsledný tlak

$$w = q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}$$



Zatížení sněhem

EN 1991-1-3, 2002

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

μ_i je tvarový součinitel,

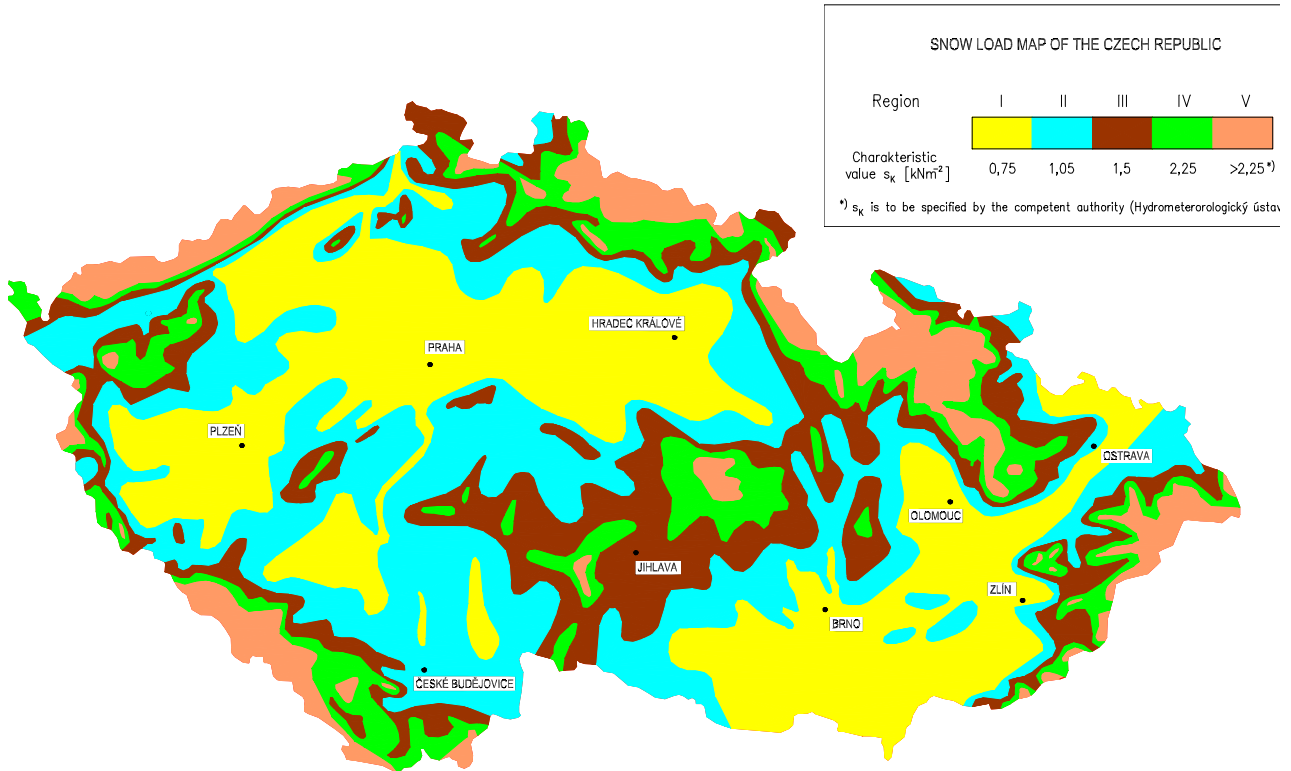
s_k - charakteristická hodnota [kNm^{-2}],

C_e - součinitel expozice, obvykle 1,0,

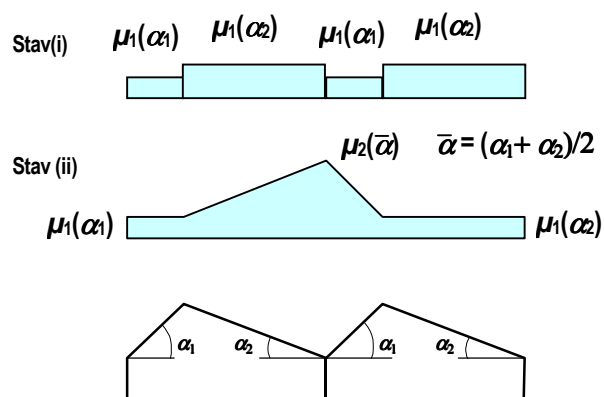
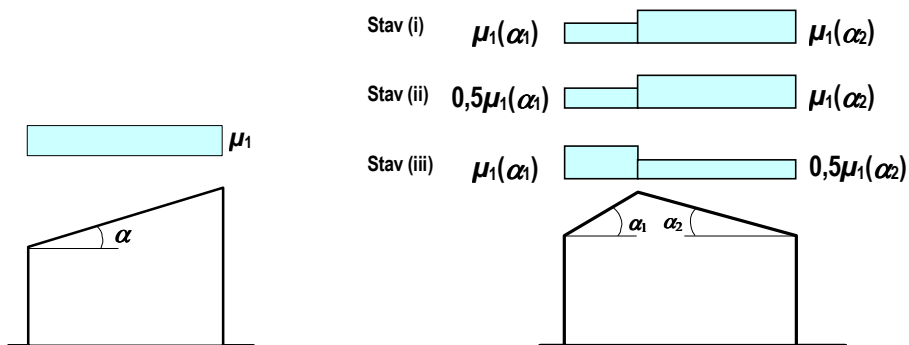
C_t - součinitel teploty, obvykle 1,0.

s_k je pro většinu území České republiky v rozmezí od $0,75 \text{ kNm}^{-2}$ do $2,25 \text{ kNm}^{-2}$,

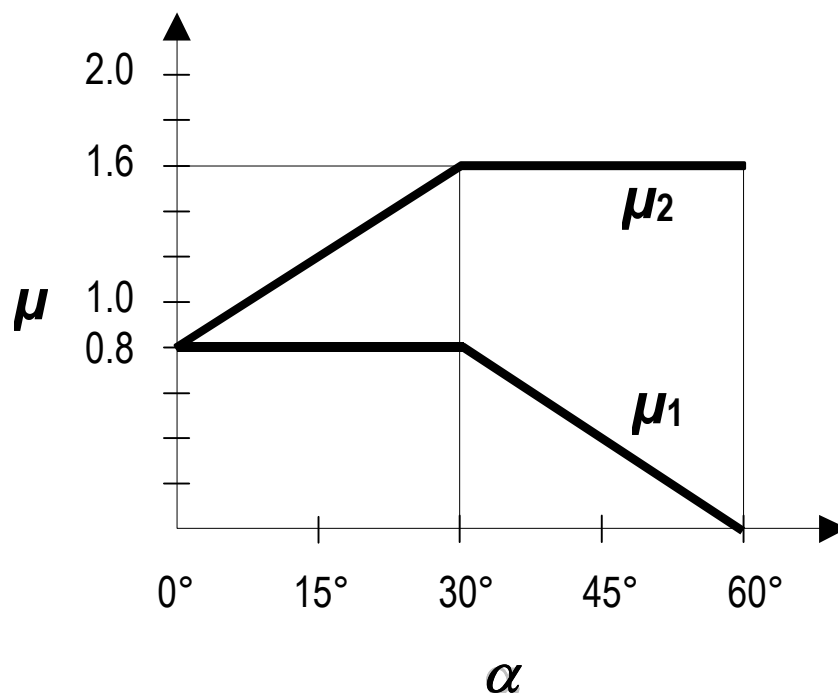
Mapa ČR



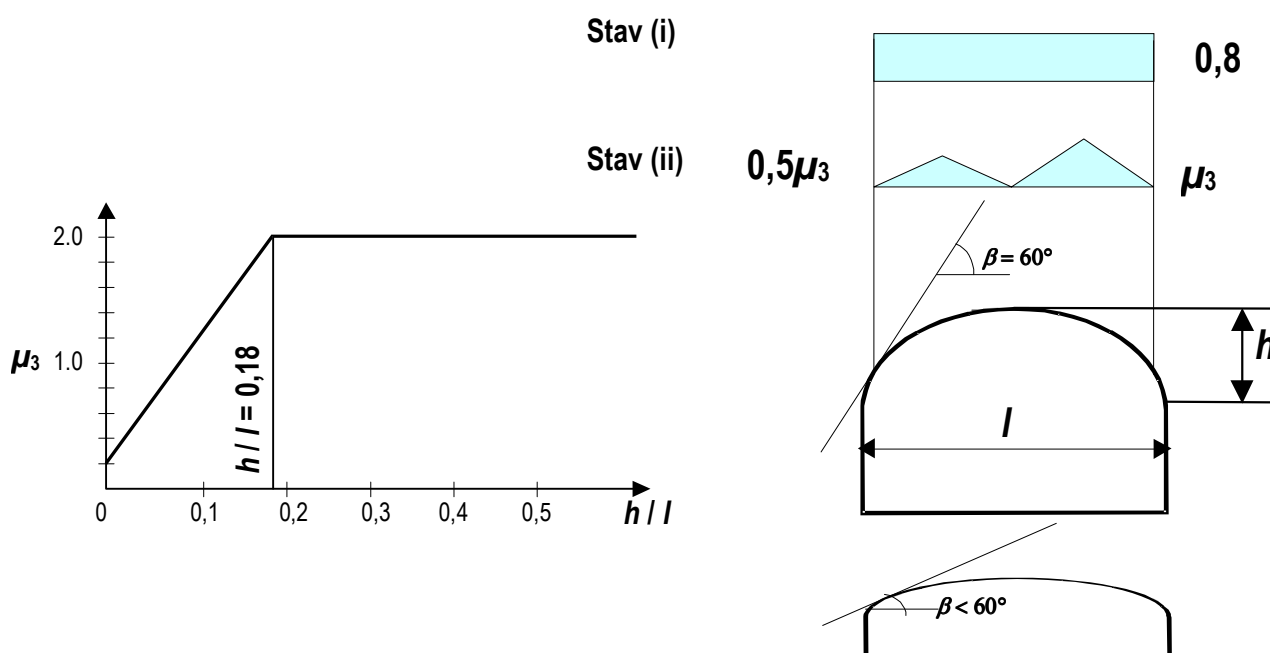
Pultové a sedlové střechy



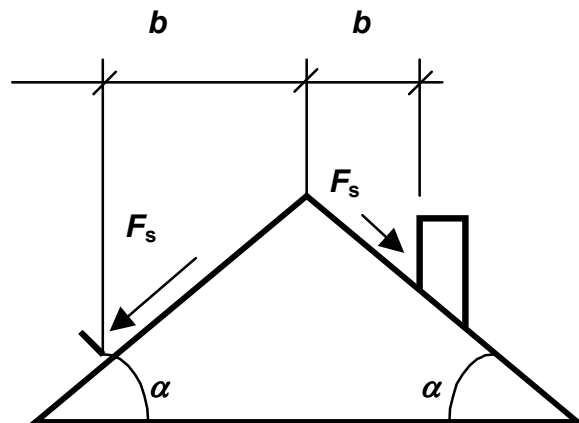
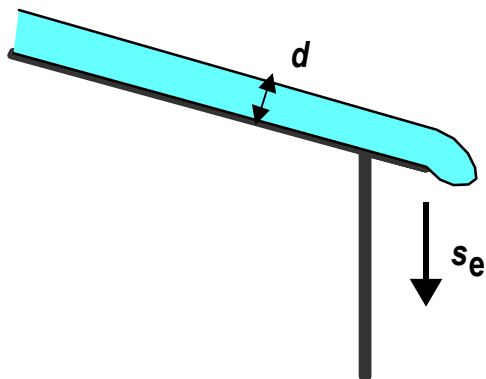
Součinitel μ pro pultové a sedlové střechy



Válcové střechy



PŘEVIS, PŘEKÁŽKA

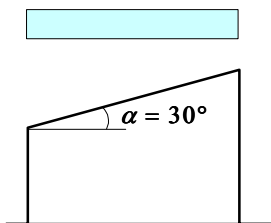


$$s_e = k \mu_i^2 s_k^2 / \gamma$$

$$F_s = s b \sin \alpha$$

Příklad

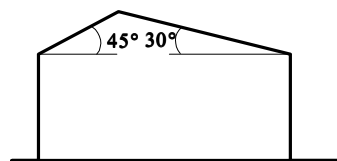
$$s = 0,8 \times 0,75 = 0,6 \text{ kNm}^{-2}$$



Stav (i) 0,3 kNm⁻² 0,6 kNm⁻²

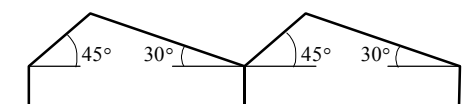
Stav (ii) 0,15 kNm⁻² 0,6 kNm⁻²

Stav (iii) 0,3 kNm⁻² 0,3 kNm⁻²



Stav (i) 0,3 kNm⁻² 0,6 kNm⁻² 0,3 kNm⁻² 0,6 kNm⁻²

Stav (ii) 0,3 kNm⁻² 1,2 kNm⁻² 0,6 kNm⁻²



Otázky ke zkoušce

Zatížení větrem – základní vztahy a hodnoty

Zatížení sněhem – základní vztahy a hodnoty

Kombinace zatížení podle EN

Ověřování mezních stavů únosnosti

Ověřování mezních stavů použitelnosti

Hlavní a vedlejší proměnné zatížení

Kombinace zatížení pro konzolový nosník

Kombinace zatížení

EN 1990, 2002

Únosnost:

EQU - rovnováha (6.7)

STR, GEO - konstrukce (6.10)

Mimořádné kombinace (6.11)

FAT - únava

Použitelnost:

charakteristická - nevratné (6.14)

častá - vratné (6.15)

kvazi-stálá - dlouhodobé (6.16)

Kombinace zatížení - únosnost

EN 1990, 2002

- Trvalá a dočasná návrhová situace - základní k.

- **A**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \quad (6.10)$$

- **B**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + (\gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}) \quad (6.10a)$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \quad (6.10b)$$

- **C**
$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} \quad (6.10a, \text{mod})$$

$$\sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki} \quad (6.10b)$$

Kombinace zatížení - únosnost

- Mimořádná návrhová situace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + A_d + (\psi_{1l} \text{ nebo } \psi_{2l}) Q_{kl} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.11b)$$

- Seizmická návrhová situace

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \gamma_I A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.12b)$$

Kombinace zatížení - použitelnost

- Charakteristická - trvalé změny

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} Q_{ki} \quad (6.14)$$

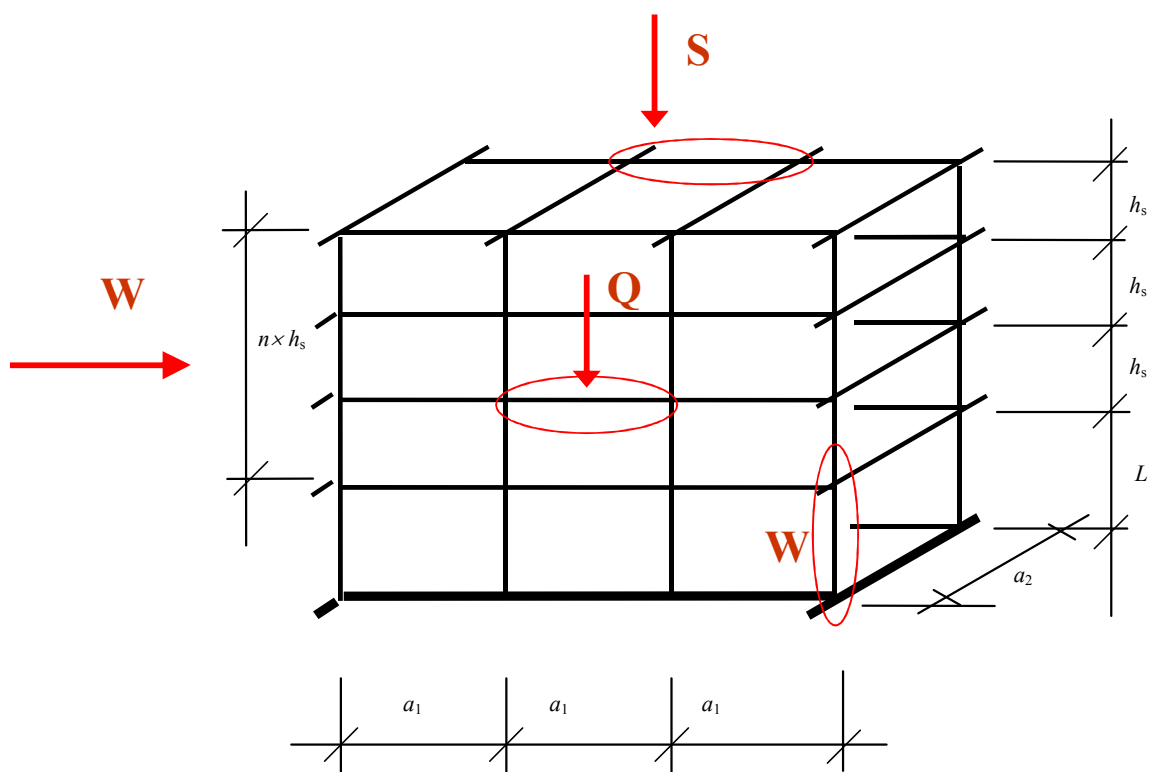
- Častá kombinace - lokální účinky

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.15)$$

- Kvazistálá kombinace - dlouhodobé účinky

$$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P_k + \sum_{i \geq 1} \psi_{2i} Q_{ki} \quad (6.17)$$

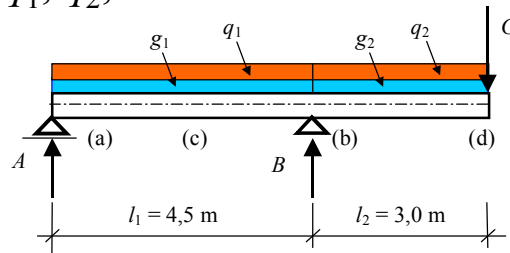
Hlavní proměnné zatížení



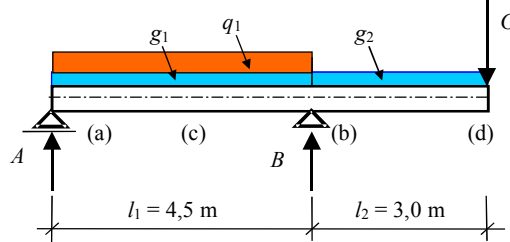
Konzolový nosník

Zatížení g_1, g_2, q_1, q_2, G

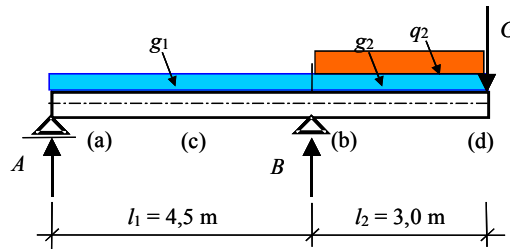
Maximální moment v (b) a reakce B



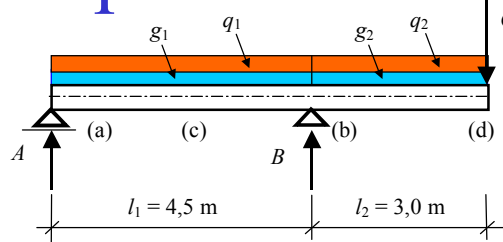
Maximální moment v (c)



Statická rovnováha (minimální reakce A)



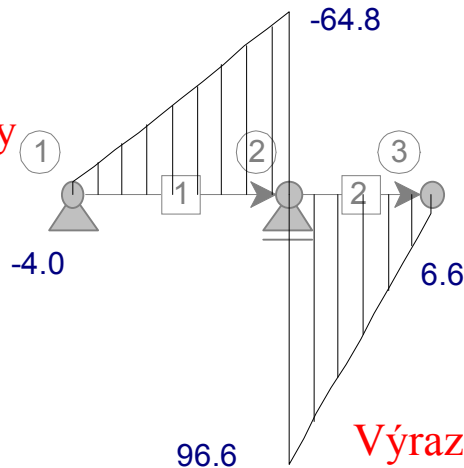
Kombinace pro konzolový nosník



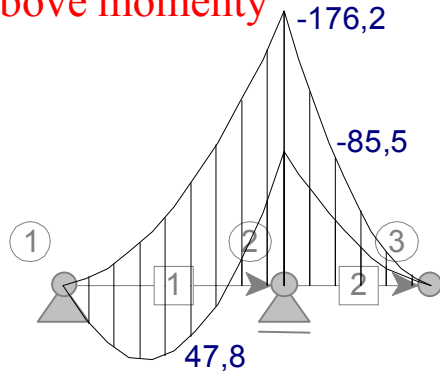
Load case	Limit state	g_1	g_2	q_1	q_2	G	Action
1	Equilibrium, eq. (6.7)	0,90	1,10	-	1,50	1,10	
2	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,00	1,50	-	1,00	
3	Ultimate, eq. (6.10)	1,00	1,35	-	1,50	1,35	
4	Ultimate, eq. (6.10)	1,35	1,35	1,50	1,50	1,35	
5	Ultimate, eq. (6.10a)	1,35	1,00	$1,50 \times 0,7$	-	1,00	
6	Ultimate, eq. (6.10b)	$0,85 \times 1,35$	1,00	1,50	-	1,00	
7	Ultimate, eq. (6.10a)	1,00	1,35	-	$1,50 \times 0,7$	1,35	
8	Ultimate, eq. (6.10b)	1,00	$0,85 \times 1,35$	-	1,50	$0,85 \times 1,35$	
9	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	1,00	1,00	-	1,00	
10	Serviceability, eq. (6.14)	1,00	1,00	-	1,00	1,00	
11	Serviceability, eq. (6.15)	1,00	1,00	$1,00 \times 0,5$	-	1,00	
12	Serviceability, eq. (6.15)	1,00	1,00	-	$1,00 \times 0,5$	1,00	
13	Serviceability, eq. (6.16)	1,00	1,00	$1,00 \times 0,3$	-	1,00	
14	Serviceability, eq. (6.16)	1,00	1,00	-	$1,00 \times 0,3$	1,00	

Účinek zatížení

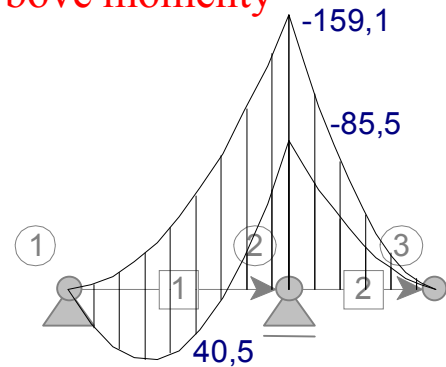
Výraz (6.7) –
posuvající síly



Výraz (6.10)
ohybové momenty



Výraz (6.10a) a (6.10b)
ohybové momenty



Dlouhodobé přetvoření

Pružné přetvoření a dotvarování

