

STN EN 1991-1-4 ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

ČASŤ 1-4: ZAŤAŽENIE VETROM

Prednášajúci: Ing. Richard Hlinka, PhD.

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



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

STN EN 1991-1-4 ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIÍ

ČASŤ 1-4: ZAŤAŽENIE VETROM

STN EN 1991-1-4 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom
STN EN 1991-1-4/AC (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom. Oprava AC
STN EN 1991-1-4/AC2 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom. Oprava AC2
STN EN 1991-1-4/NA (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom. Národná príloha
STN EN 1991-1-4/NA/Z1 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom. Národná príloha. Zmena 1

Obsah normy

STN EN 1991-1-4:

- uvádza návrhový postup a zaťaženia vetrom pri navrhovaní konštrukcií
 - budovy a inžinierske stavby do výšky 200 m,
 - mosty s dĺžkou poľa do 200 m, za predpokladu splnenia kritérií pre dynamickú odozvu.

Návrhové situácie

- treba zohľadniť všetky zaťaženia, ktoré môžu modifikovať účinky vetra:
 - sneh,
 - námraza,
 - doprava, ...

Modelovanie zaťaženia vetrom

- zaťaženie vetrom je v čase premenné
- pôsobenie vetra:
 - priamo ako tlak na vonkajšie povrchy konštrukcie,
 - nepriamo na vnútorné povrchy (pórovitosť),
 - priamo na vnútorné povrchy (otvory, okná, dvere,...),
 - trecie sily (na veľkých plochách pri obtekaní).
- reprezentácia zaťaženia vetrom:
 - skupina tlakov,
 - jednoduché sily.

sú ekvivalentné extrémnym účinkom turbolentného vetra
- zaťaženie vetrom je premenné pevné zaťaženie
- charakteristické hodnoty zaťaženia vetrom majú ročnú pravdepodobnosť prekročenia 0,02 (stredná návratnosť = 50 rokov)

Modely zaťaženia vetrom

- odozva konštrukcie na zaťaženie vetrom závisí:
 - od veľkosti konštrukcie,
 - od tvaru konštrukcie,
 - od dynamických vlastností konštrukcie.
- odozva konštrukcie sa stanovuje:
 - zo špičkového tlaku vetra,
 - v referenčnej výške,
 - pri nenarušenom prúdení vetra,
 - zo súčiniteľov tlaku a sily vetra,
 - zo súčiniteľa konštrukcie.

Rýchlosť a tlak vetra

- rýchlosť a tlak vetra sa skladajú zo:
 - strednej hodnoty,
 - fluktuačnej zložky,
- fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$
 - je charakteristická 10 - minútová stredná rýchlosť vetra nezávisle od smeru vetra a jeho výskytu v roku, vo výške 10 m nad terénom pre kategóriu terénu II.
- základná rýchlosť vetra v_b
 - je funkciou smeru vetra a času jeho výskytu v roku, vo výške 10 m nad terénom pre kategóriu terénu II.

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

Rýchlosť a tlak vetra

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

- súčiniteľ smerovosti $C_{dir} = 1,0$
- súčiniteľ sezónnosti C_{season}
- stredná rýchlosť vetra $v_m(z)$ vo výške z nad terénom závisí od:
 - drsnosti terénu a orografie
 - od základnej rýchlosti vetra
$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$
- súčiniteľ drsnosti $c_r(z)$ zohľadňuje variabilitu strednej rýchlosti v závislosti od:
 - výšky nad povrchom terénu
 - drsnosti terénu z náveternej strany konštrukcie

Rýchlosť a tlak vetra

- súčiniteľ drsnosti:

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

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

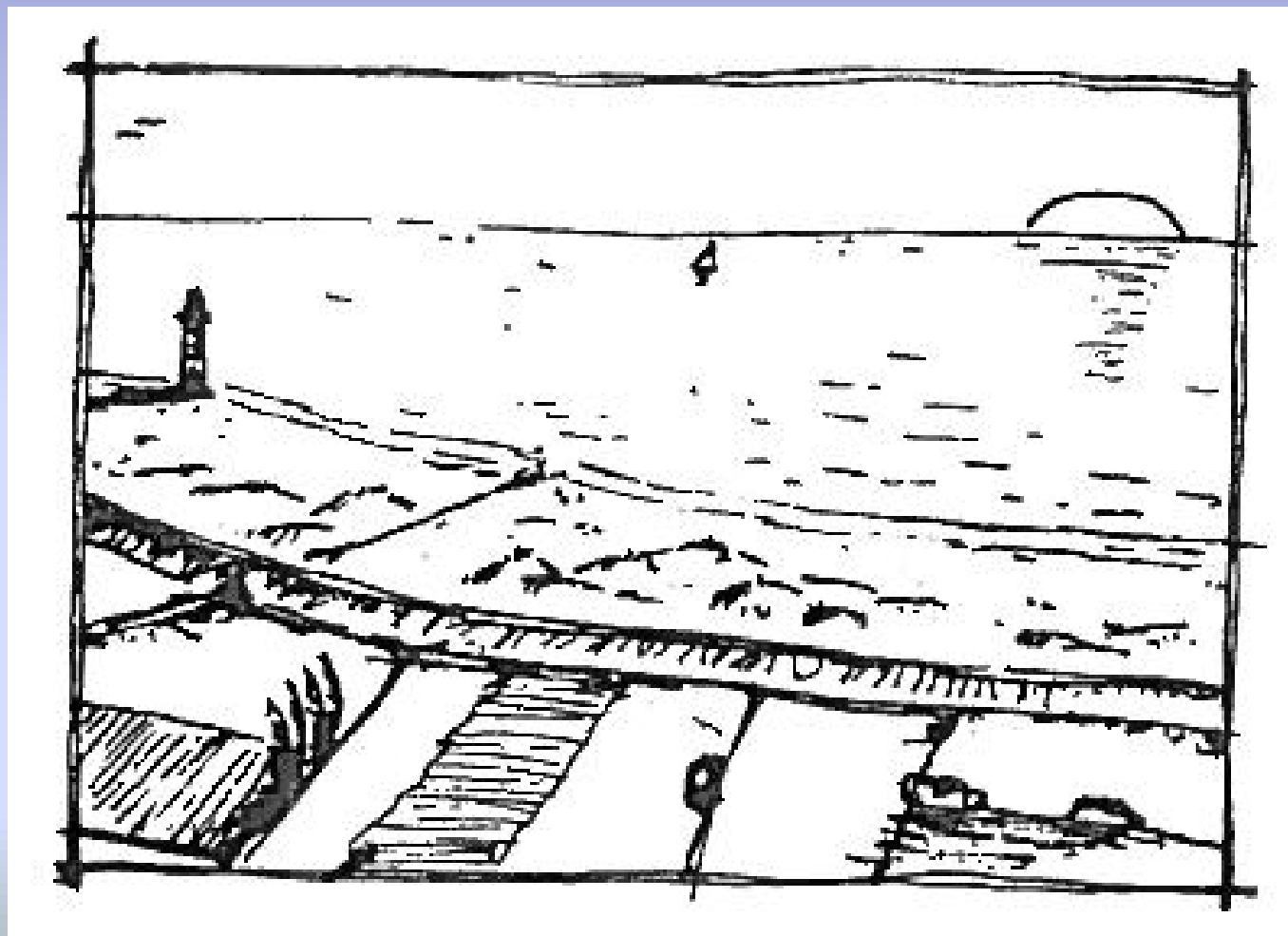
– dĺžka drsnosti z_0

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

– výšky z_{\min} , z_{\max} , z_0 závisia od kategórie terénu

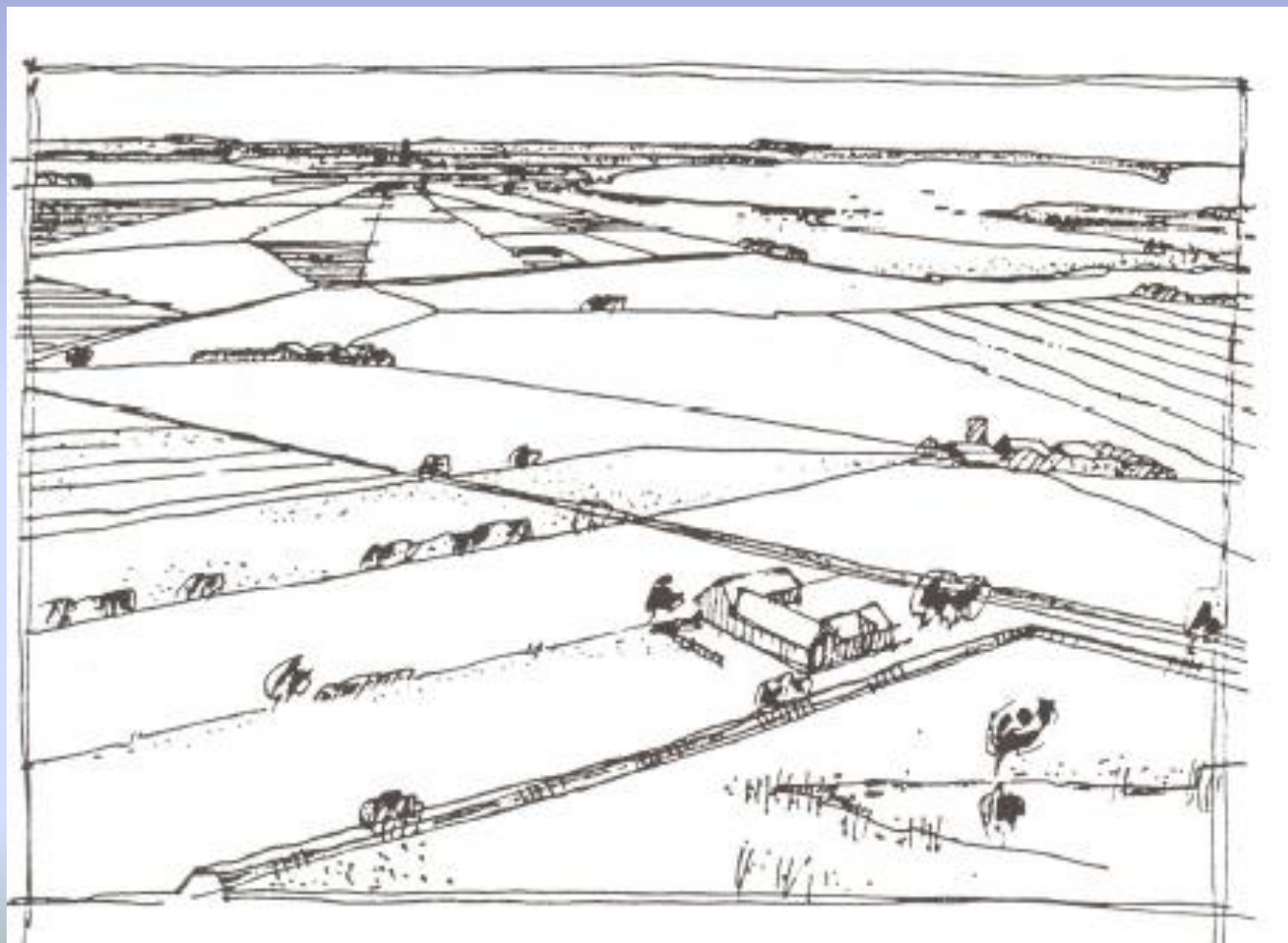
Kategória terénu 0

- More alebo pobrežia



Kategória terénu I

- Jazerá a ploché horizontálne plochy bez prekážok



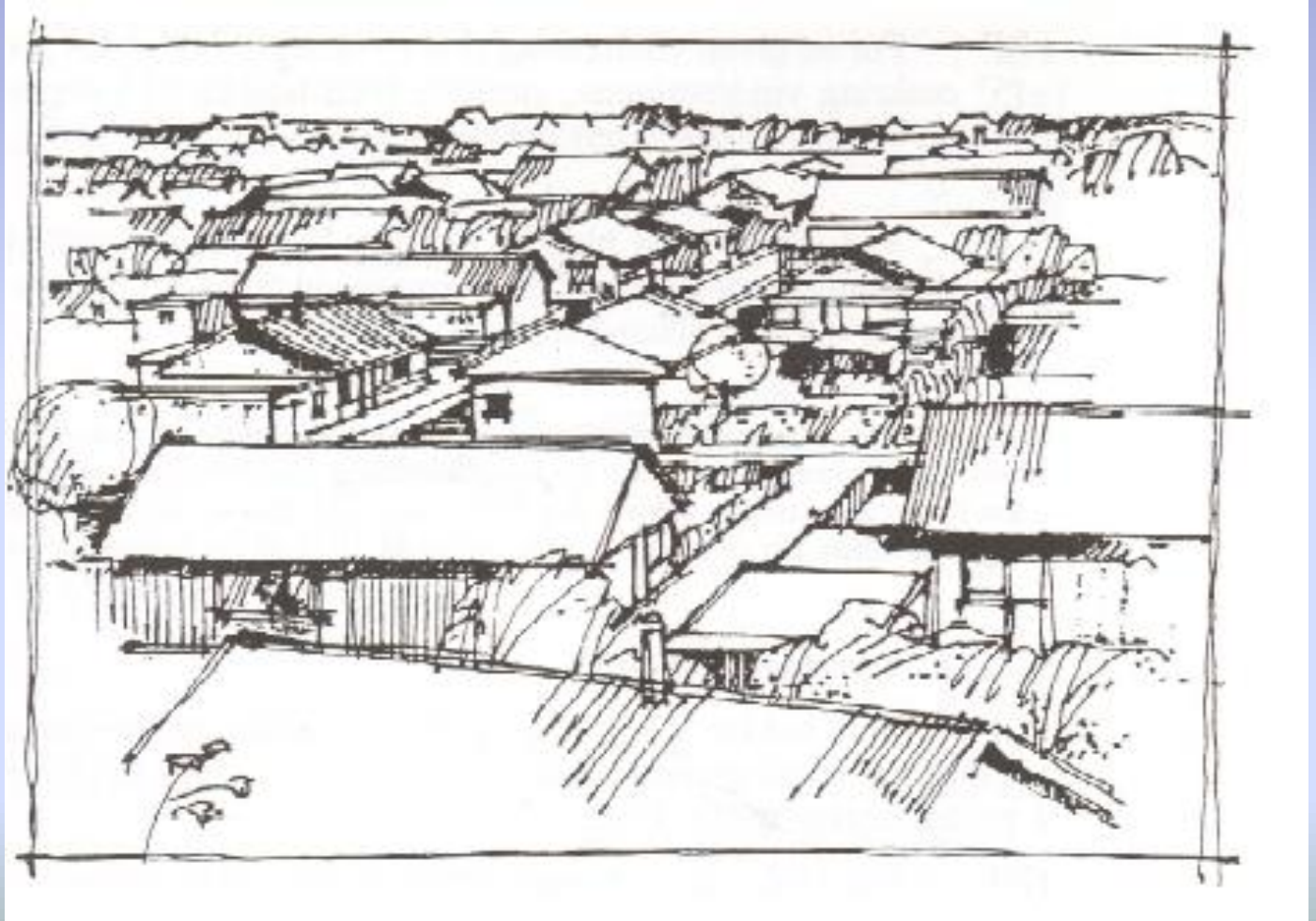
Kategória terénu II

- Plochy z nízkou vegetáciou a izolovanými prekážkami



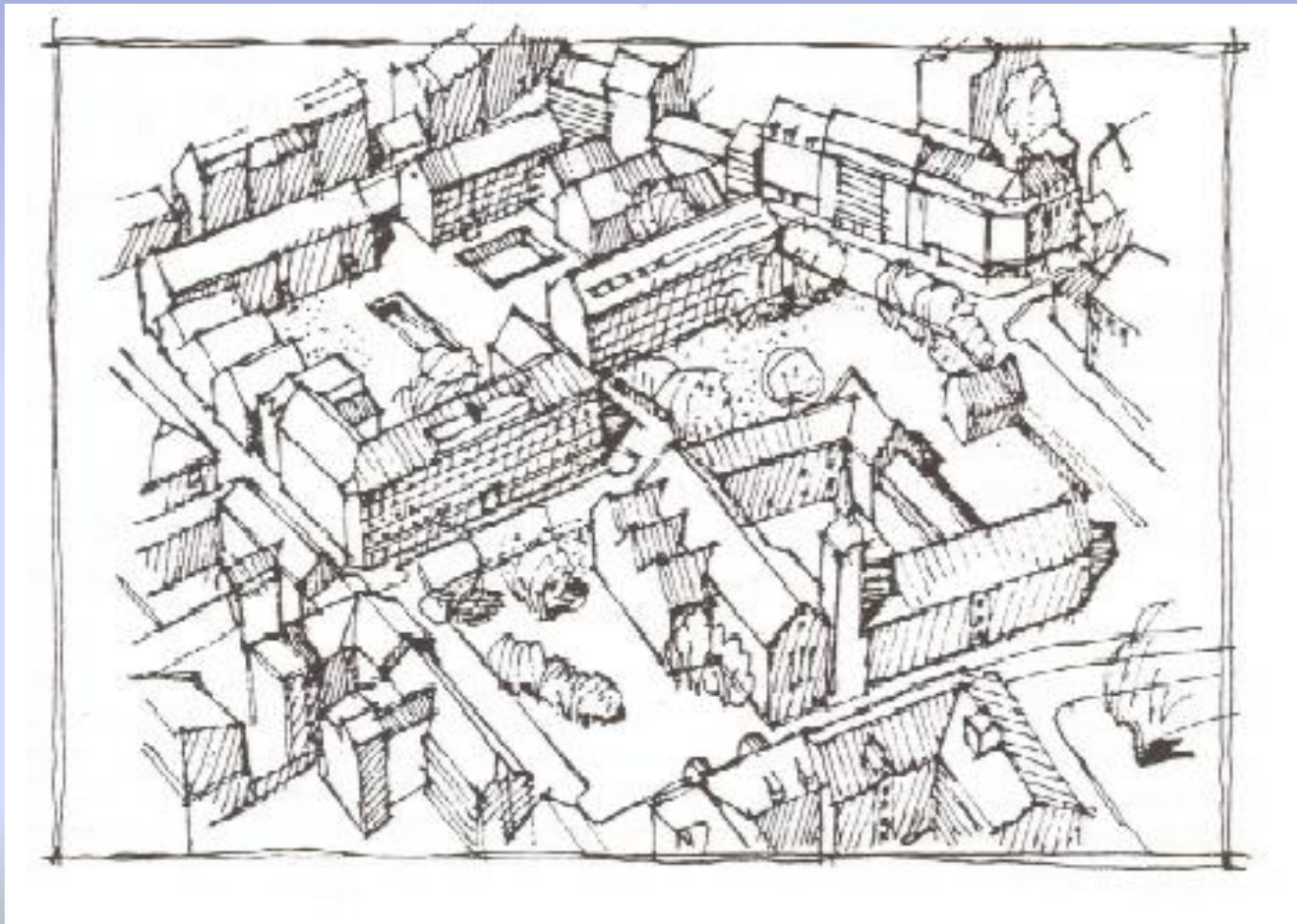
Kategória terénu III

- Plochy pokryté vegetáciou alebo budovami (dediny, les, predmestia,...)



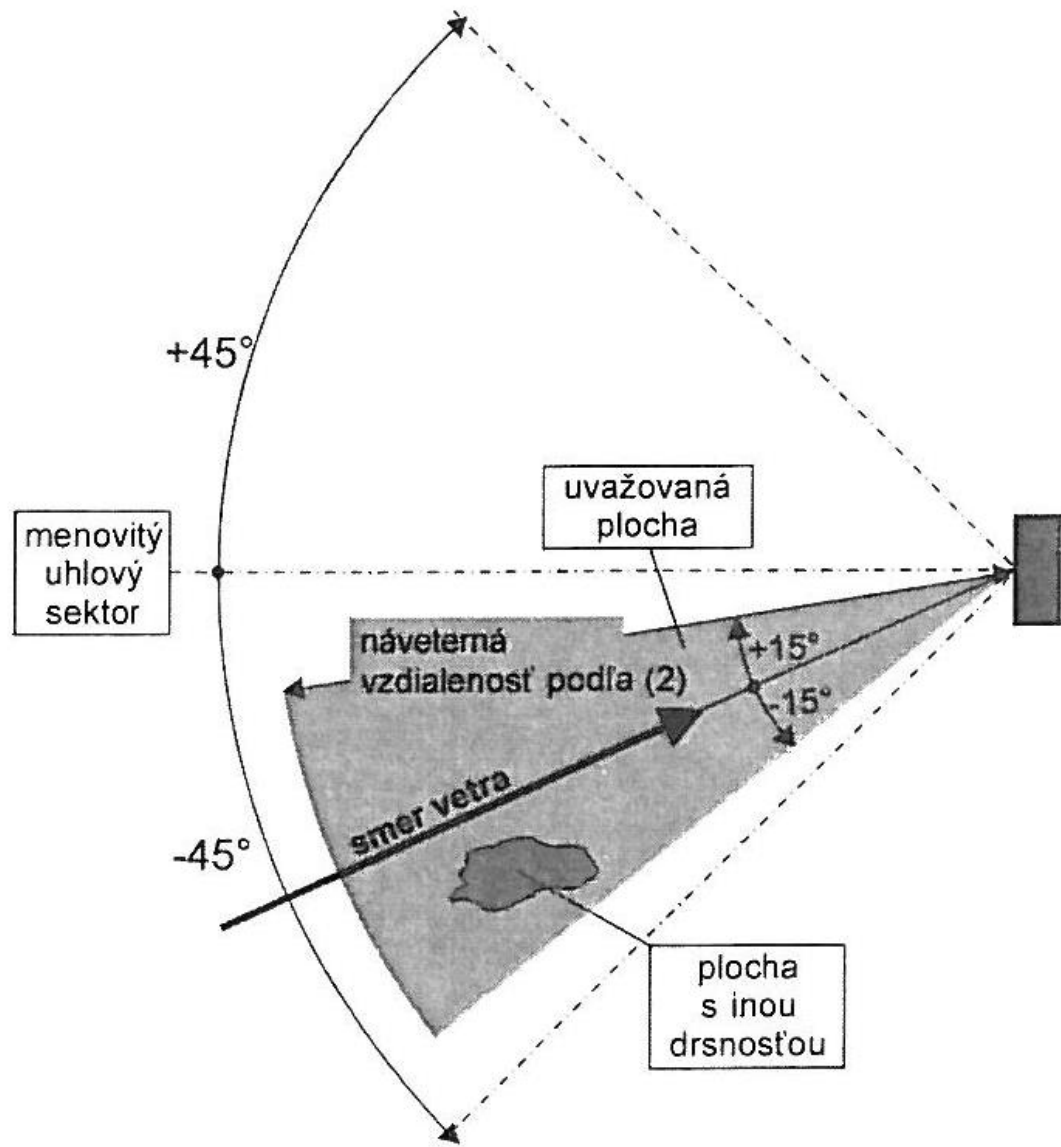
Kategória terénu IV

- Plochy s 15% zastavanosťou budovami vyššími ako 15 m



Kategória terénu	z_0 m	z_{min} m
0 More alebo pobrežia vystavené vetru od voľného mora	0,003	1
I Jazerá alebo ploché a horizontálne plochy so zanedbateľnou vegetáciou a bez prekážok	0,01	1
II Plochy s nízkou vegetáciou ako je tráva a izolované prekážky (stromy, budovy) vzdialené od seba aspoň 20-násobok ich výšky	0,05	2
III Plochy pravidelne pokryté vegetáciou alebo budovami alebo s prekážkami, ktoré sú od seba vzdialené najviac 20-násobok ich výšky (dediny, predmestia, súvislý les)	0,3	5
IV Plochy, kde aspoň 15 % je zastavané budovami a ich priemerná výška je viac ako 15 m	1,0	10

POZNÁMKA. – Zobrazenie kategórií terénu je v prílohe A.1.

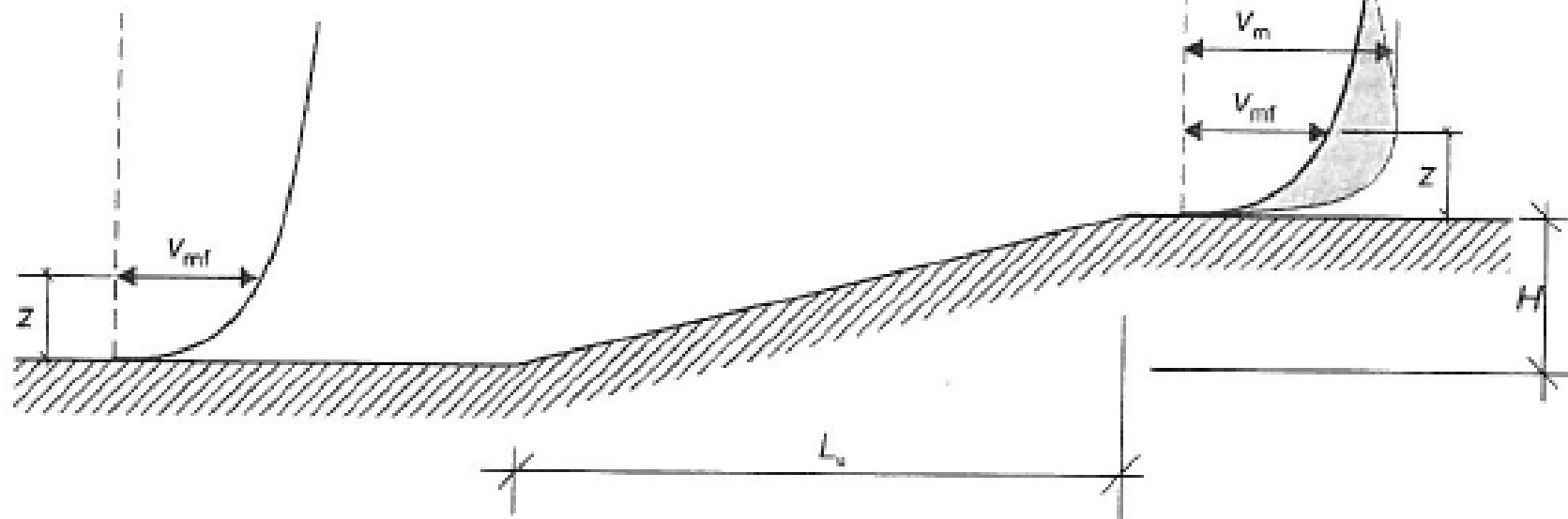


Nárast rýchlosti vetra vplyvom orografie

v_m : stredná rýchlosť vetra vo výške z nad terénom

v_{mf} : stredná rýchlosť vetra nad rovným terénom

$$C_D = v_m / v_{mf}$$



Turbulencia vetra

- intenzita turbulencie je smerodajná odchýlka turbulencie vydelená strednou rýchlosťou vetra:

$$l_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pre} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$l_v(z) = l_v(z_{\min}) \quad \text{pre} \quad z \leq z_{\min}$$

- súčiniteľ turbulencie $k_l = 1,0$

Špičkový tlak vetra

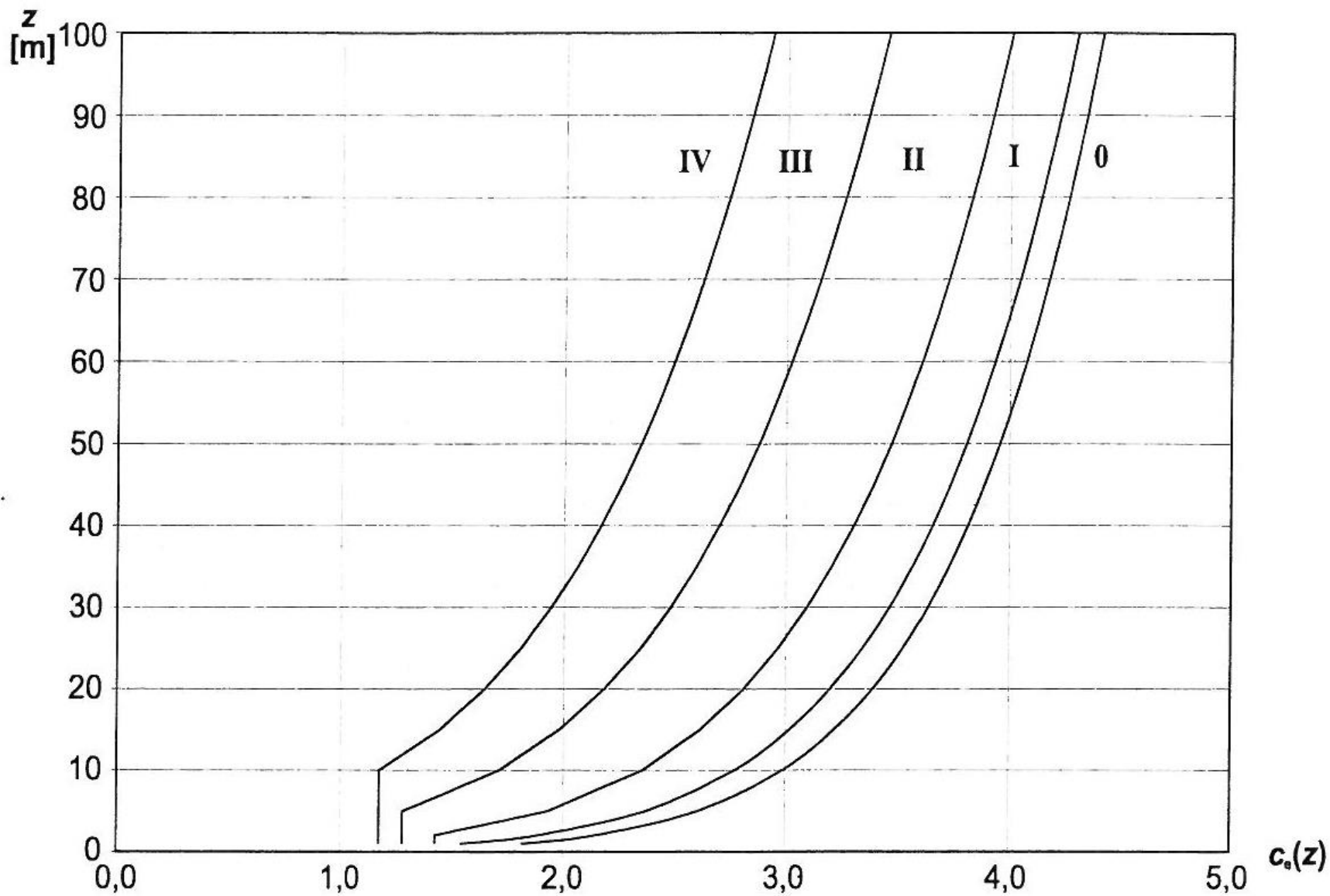
- obsahuje vplyv strednej rýchlosti vetra a krátkodobých fluktuácií rýchlosti vetra

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

– hustota vzduchu ρ

– súčiniteľ vystavenia vetru $c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b}$

– základný tlak vetra $q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$



Postup výpočtu

Parameter	Odkaz
Špičkový tlak vetra q_p	
základná rýchlosť vetra v_b	4.2 (2)P
referenčná výška z_e	kapitola 7
kategória terénu	tabuľka 4.1
charakteristický špičkový tlak vetra q_p	4.5 (1)
intenzita turbulencie I_v	4.4
stredná rýchlosť vetra v_m	4.3.1
súčiniteľ orografie $c_o(z)$	4.3.3
súčiniteľ drsnosti $c_r(z)$	4.3.2
Tlak vetra, napr. na obklady, upevnenia a časti konštrukcie	
súčiniteľ vnútorného tlaku vetra c_{pi}	kapitola 7
súčiniteľ vonkajšieho tlaku vetra c_{pe}	kapitola 7
vonkajší tlak vetra: $w_e = q_p c_{pe}$	5.2 (1)
vnútorný tlak vetra: $w_i = q_p c_{pi}$	5.2 (2)
Sily vetra na konštrukciu, napr. pre celkové účinky vetra	
súčiniteľ konštrukcie $c_s c_d$	6
sila vetra F_W vypočítaná zo súčiniteľov sily	5.3 (2)
sila vetra F_W vypočítaná zo súčiniteľov tlaku	5.3 (3)

Tlak vetra na povrchy

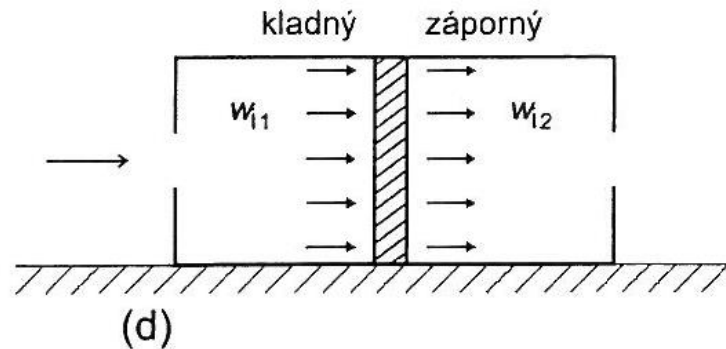
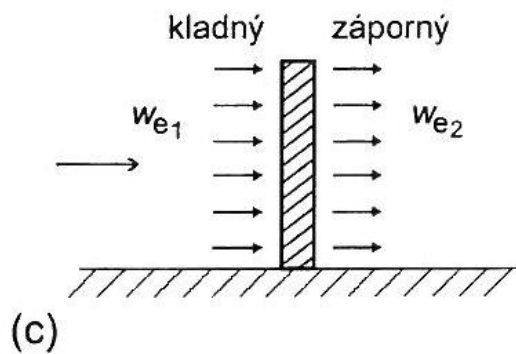
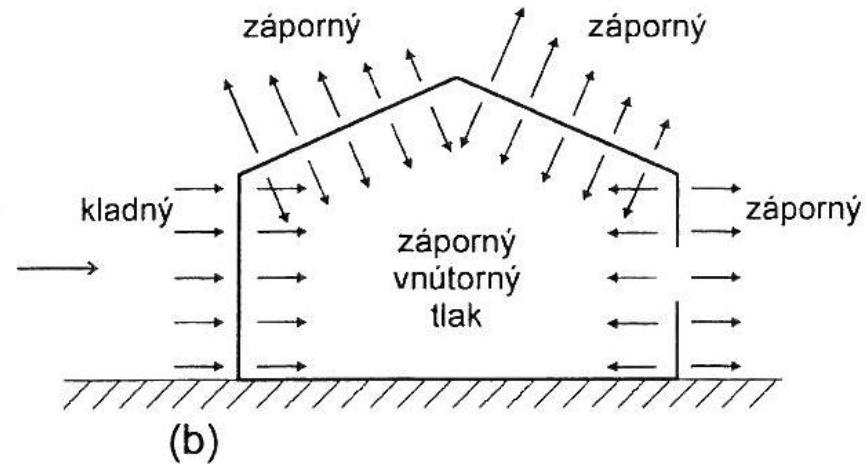
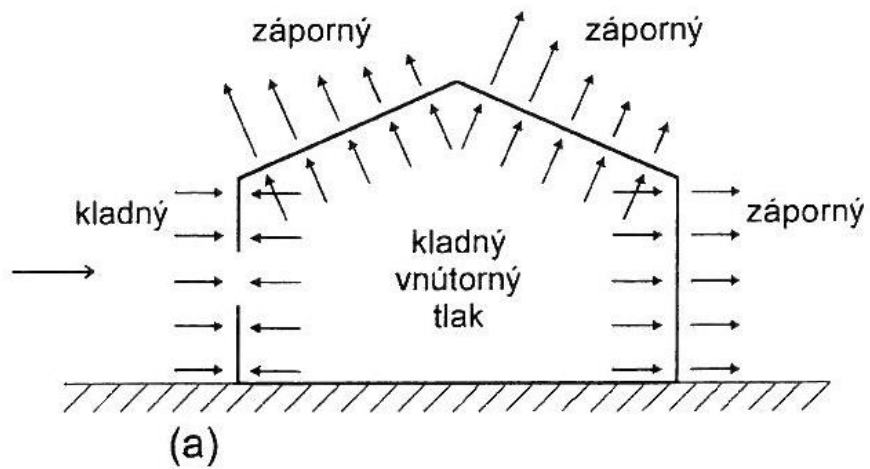
- vonkajšie povrchy

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

- vnútorné povrchy

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

– súčiniteľ tlaku c_{pe}, c_{pi}



Sily vetra

- výpočtom síl s použitím súčiniteľov sily:

$$F_w = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$$

$$F_w = c_s c_d \cdot \sum_{elements} c_f \cdot q_p(z_e) \cdot A_{ref}$$

- výpočtom síl z tlakov vetra na povrchy:

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

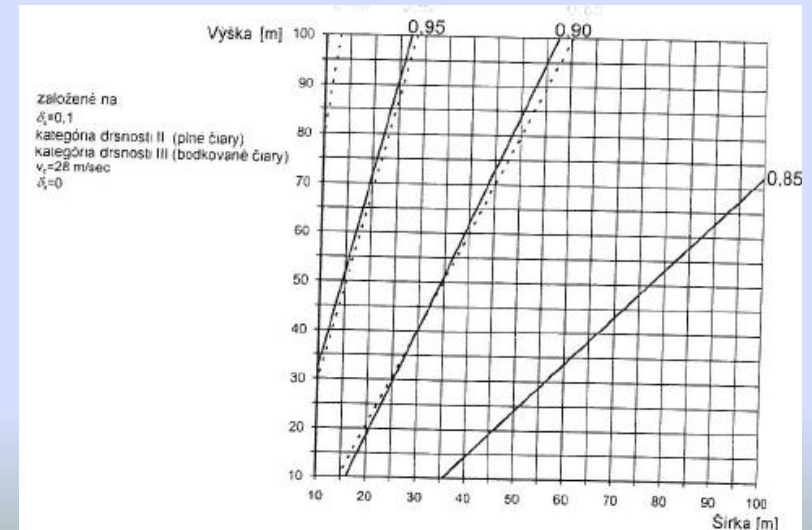
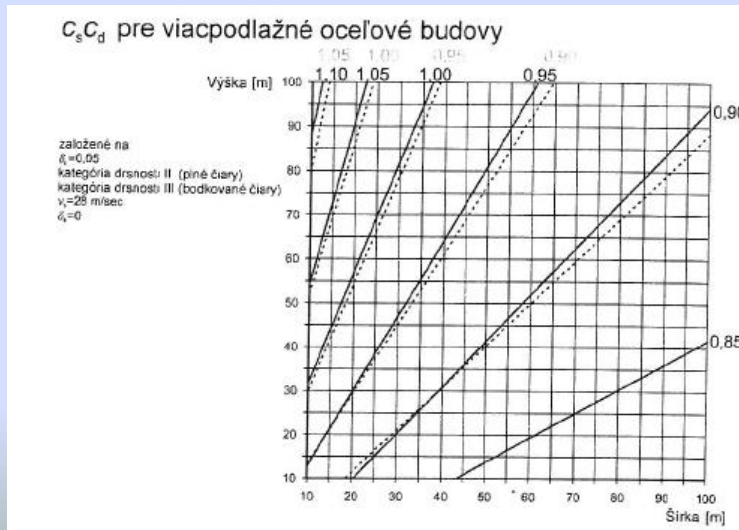
$$F_{w,i} = \sum_{surfaces} w_i \cdot A_{ref}$$

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

Súčinitele konštrukcie

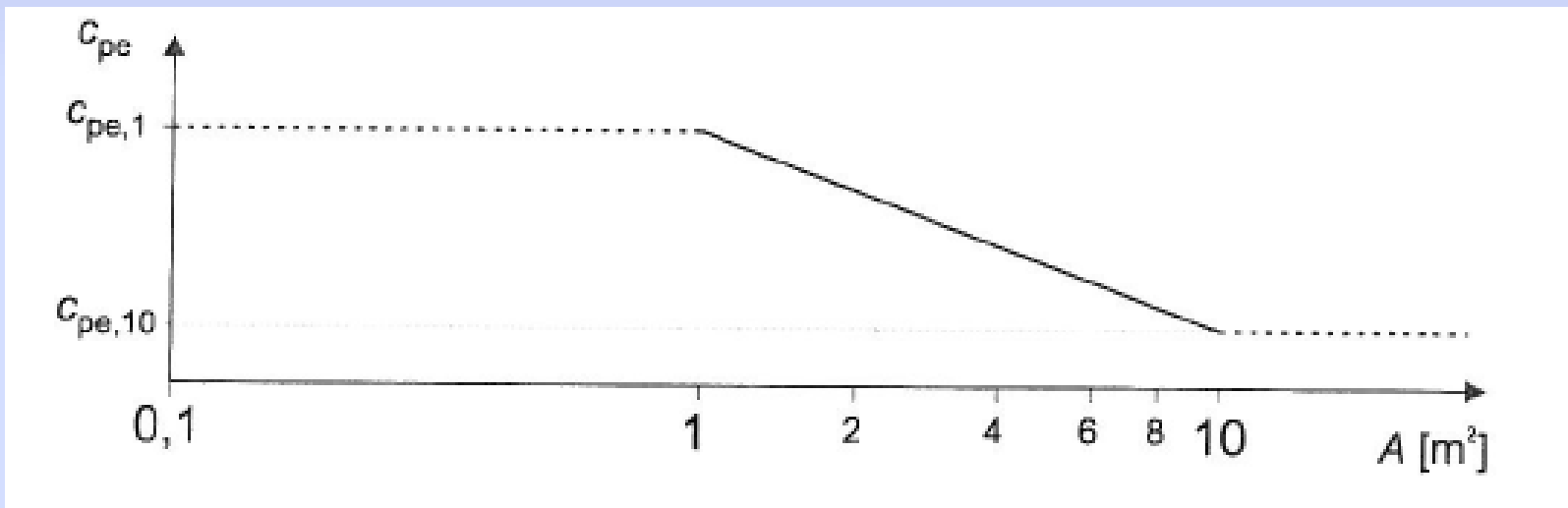
- zohľadňujú účinok toho, že špičkové tlaky vetra na povrchy nevznikajú súčasne s účinkami kmitania konštrukcie od turbulentného vetra.
- budovy do výšky 15 m
- fasádne a strešné prvky s vlastnou frekvenciou do 5 Hz
- rámové budovy s nosnými stenami do výšky 100 m
- pri komínoch s kruhovým prierezom a výškou do 60 m

$$c_s c_d = 1,0$$

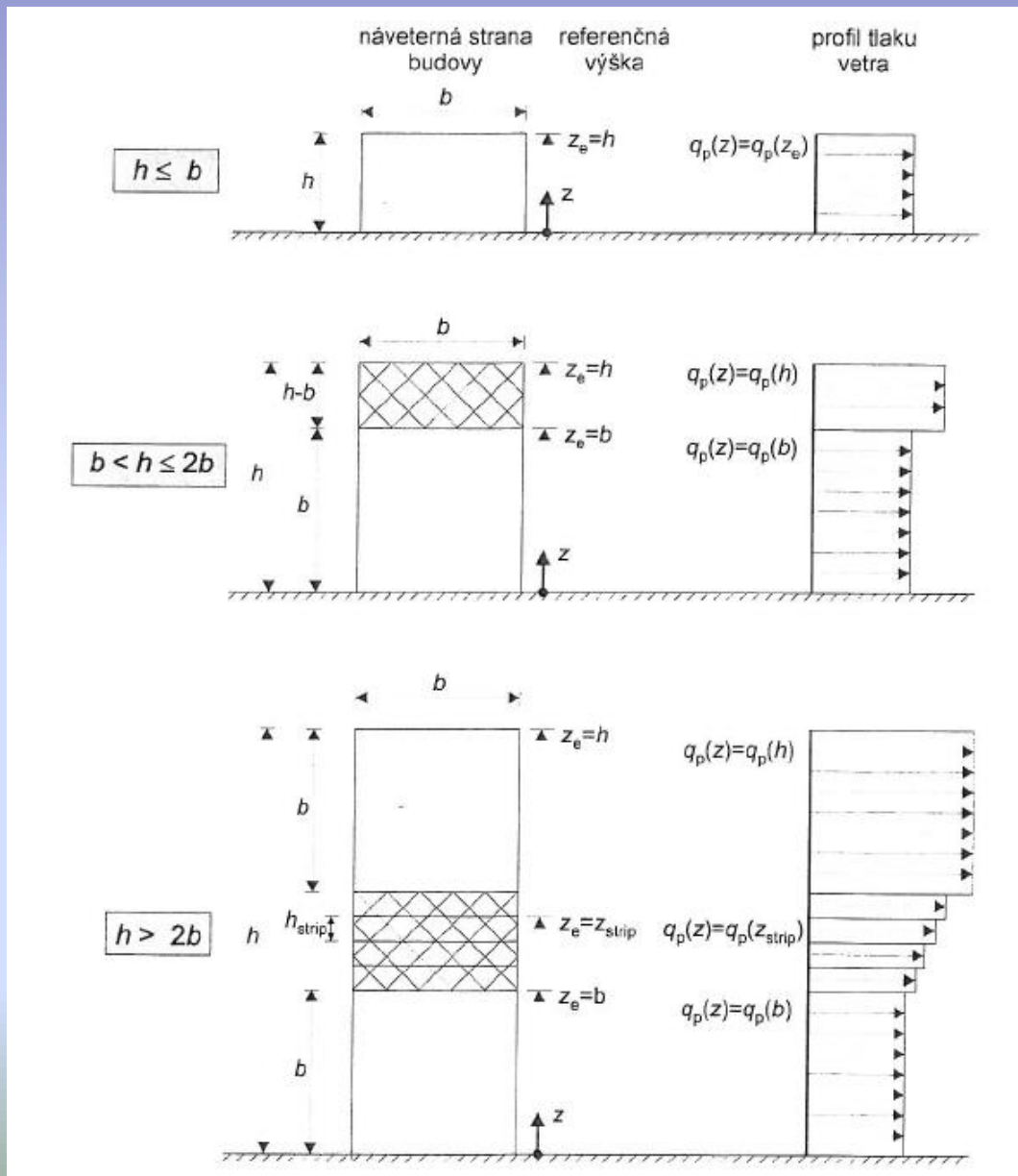


Súčinitele tlaku pri konštrukciách

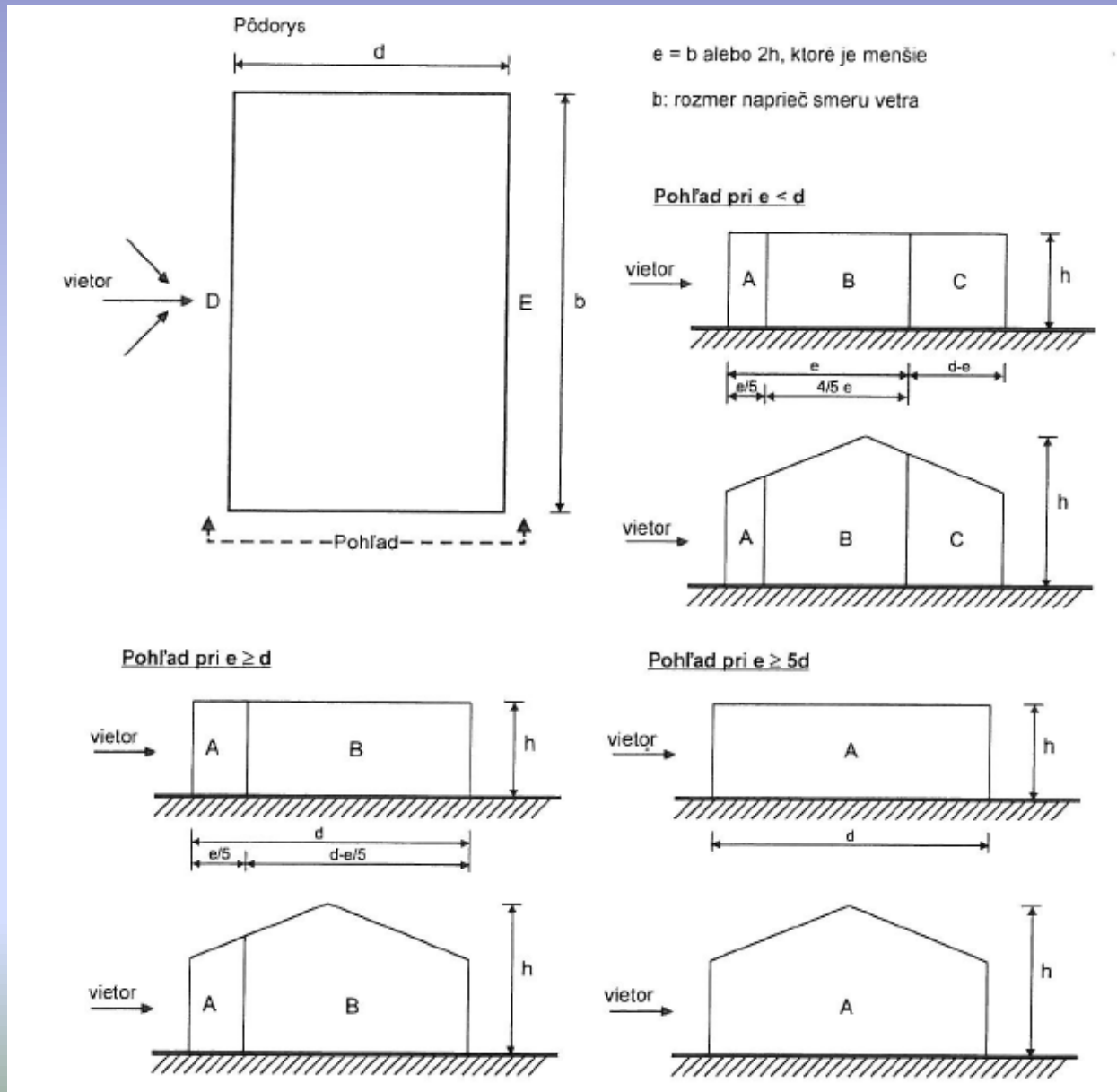
- závisia od veľkosti zat'aženej plochy
 - malé plochy $A \leq 1,0m^2 \Rightarrow c_{p,1}$
 - veľké plochy $A \geq 10,0m^2 \Rightarrow c_{p,10}$



Zvislé steny budov pravouhlého pôdorysu



Zvislé steny budov pravouhlého pôdorysu

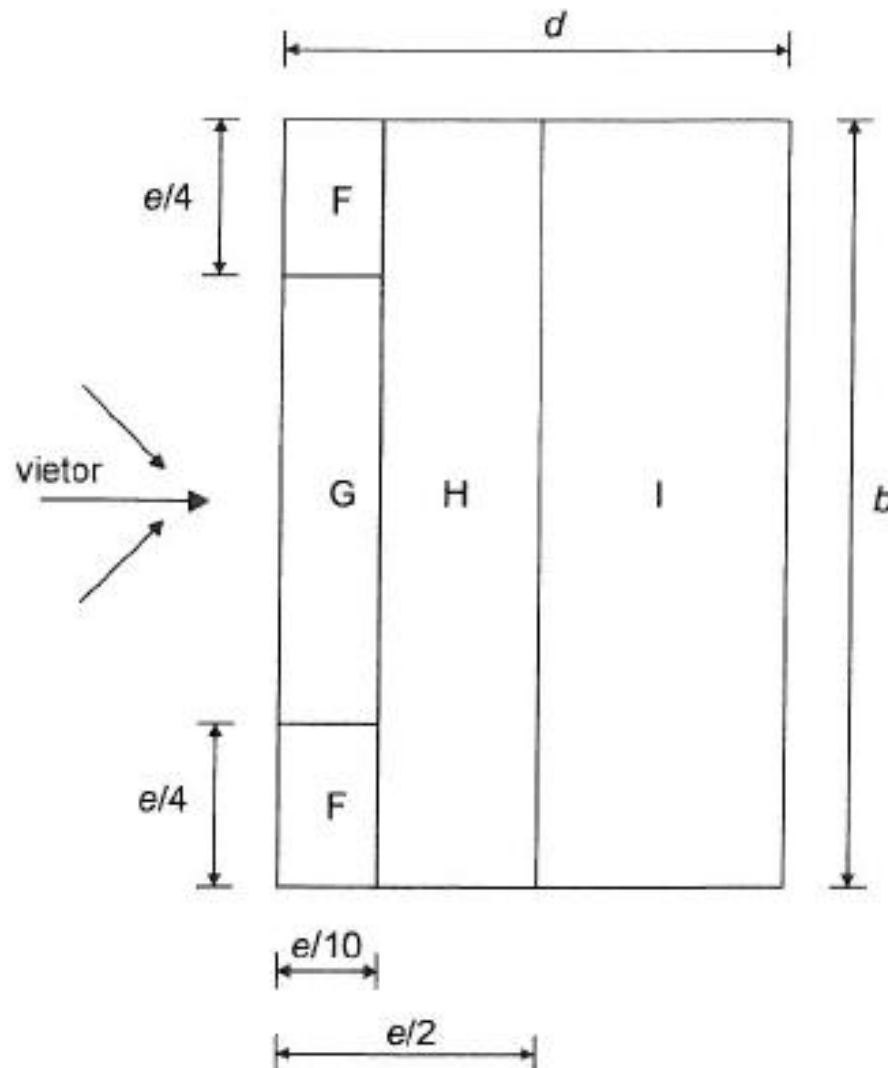


Zvislé steny budov pravouhlého pôdorysu

Tabuľka 7.1 — Odporúčané hodnoty súčiniteľov vonkajšieho tlaku pri zvislých stenách budov pravouhlého pôdorysu

Oblasť	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	-0,8	-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	

Ploché strechy (sklon do 5°)

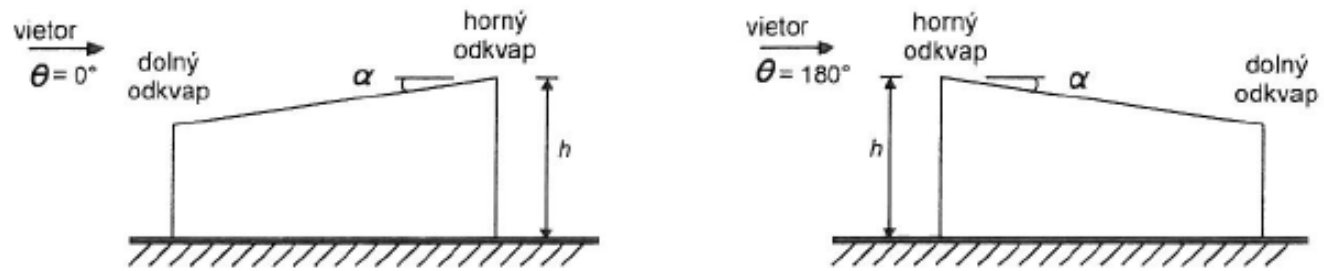


$e = b$ alebo $e = 2h$,
podľa toho, ktoré je menšie
 b – rozmer naprieč smeru vetra

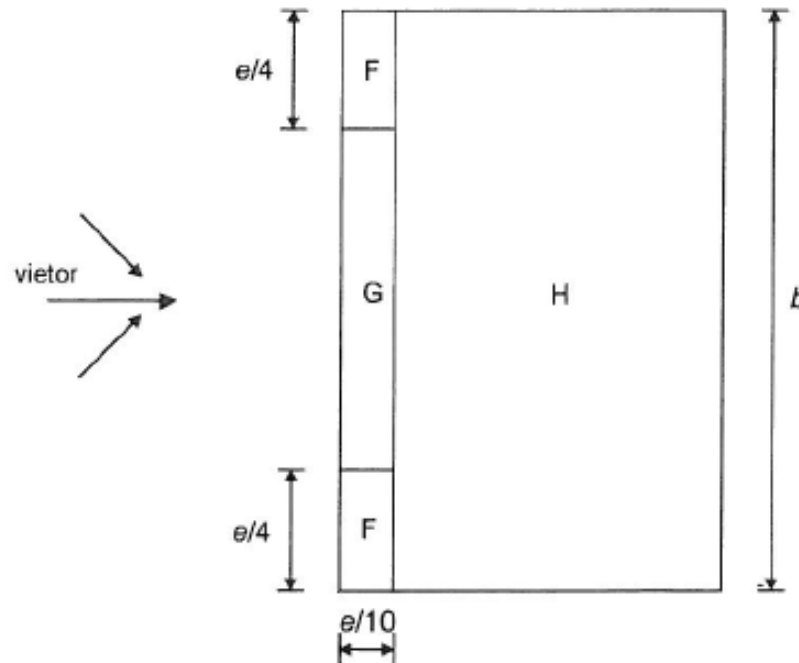
Ploché strechy (sklon do 5°)

Druh strechy		Oblast'								
		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 odkvapy		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
S atikami	$\frac{h_p}{h}=0,02$ 5	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
		-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	$\frac{h_p}{h}=0,05$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
		-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2	
	Zakrivené odkvapy	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
			-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
$r/h = 0,10$		-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2	
		-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2	
Manzardové odkvapy		$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
			-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2	
		-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2	
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2	
		-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2	

Pultové strechy



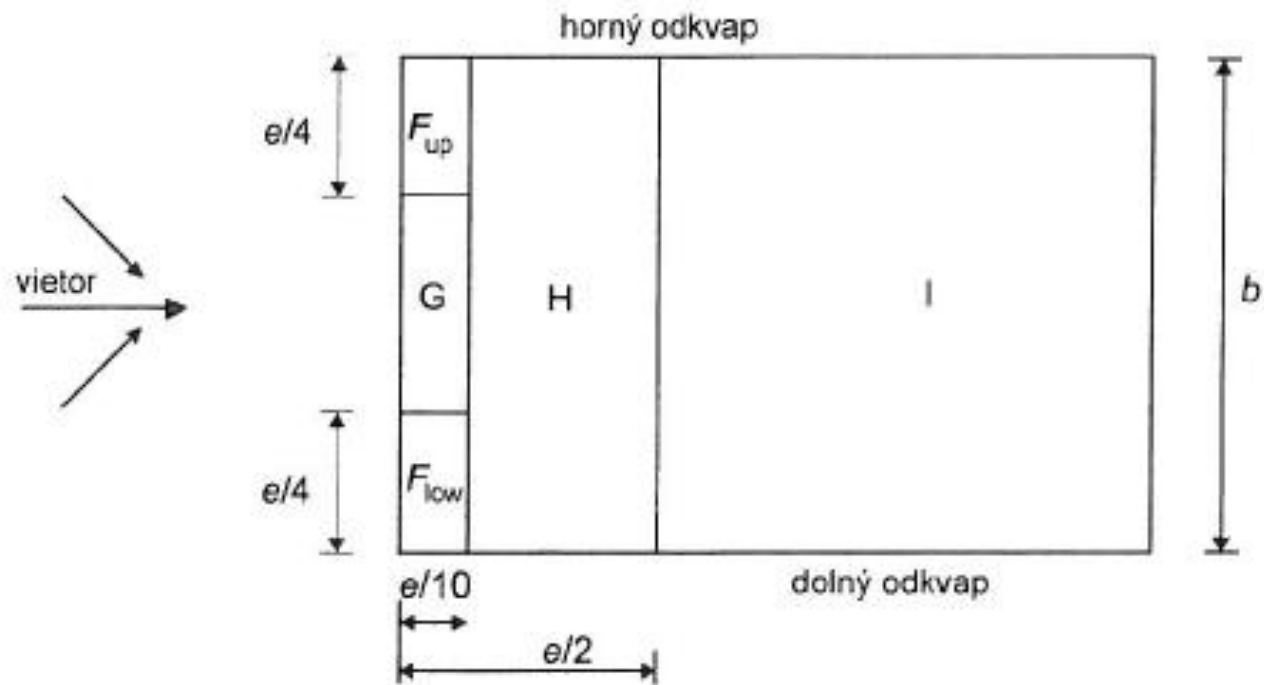
a) všeobecne



$e = b$ alebo $e = 2h$,
podľa toho, ktoré je menšie
 b – rozmer naprieč smeru vetra

b) smer vetra pre $\theta = 0^\circ$ a $\theta = 180^\circ$

Pultové strechy



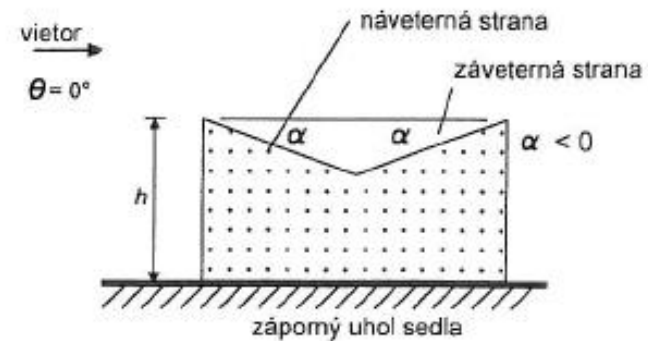
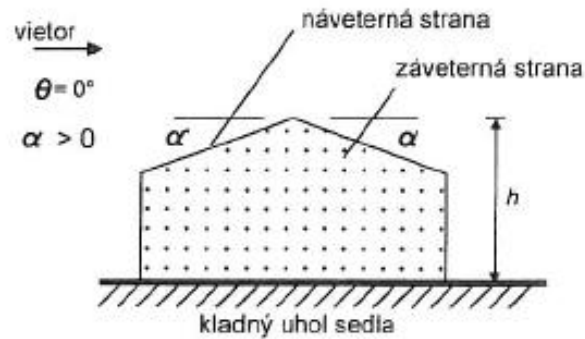
c) smer vetra $\theta = 90^\circ$

Pultové strechy

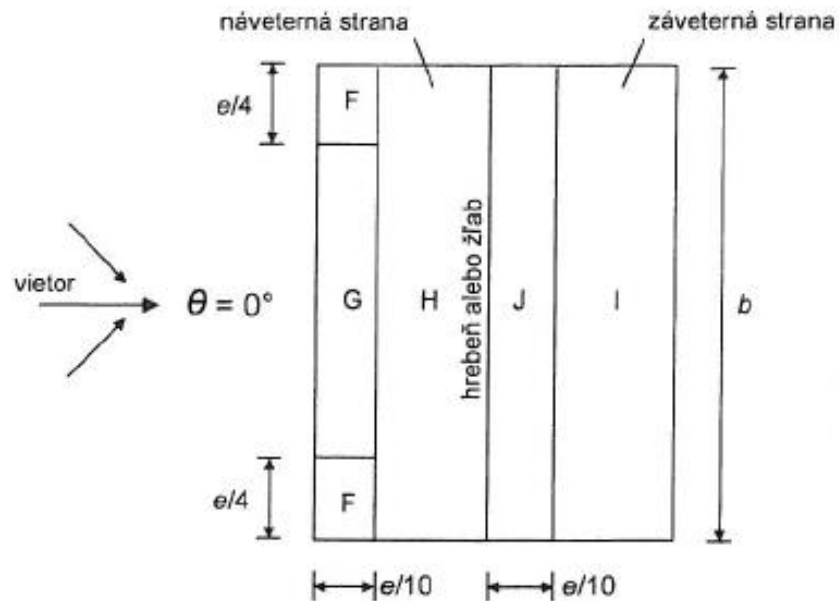
Uhol sklonu α	Oblasť pre smer vetra $\theta = 0^\circ$						Oblasť pre smer vetra $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Uhol sklonu α	Oblasť pre smer vetra $\theta = 90^\circ$									
	F_{up}		F_{low}		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

Sedlové strechy



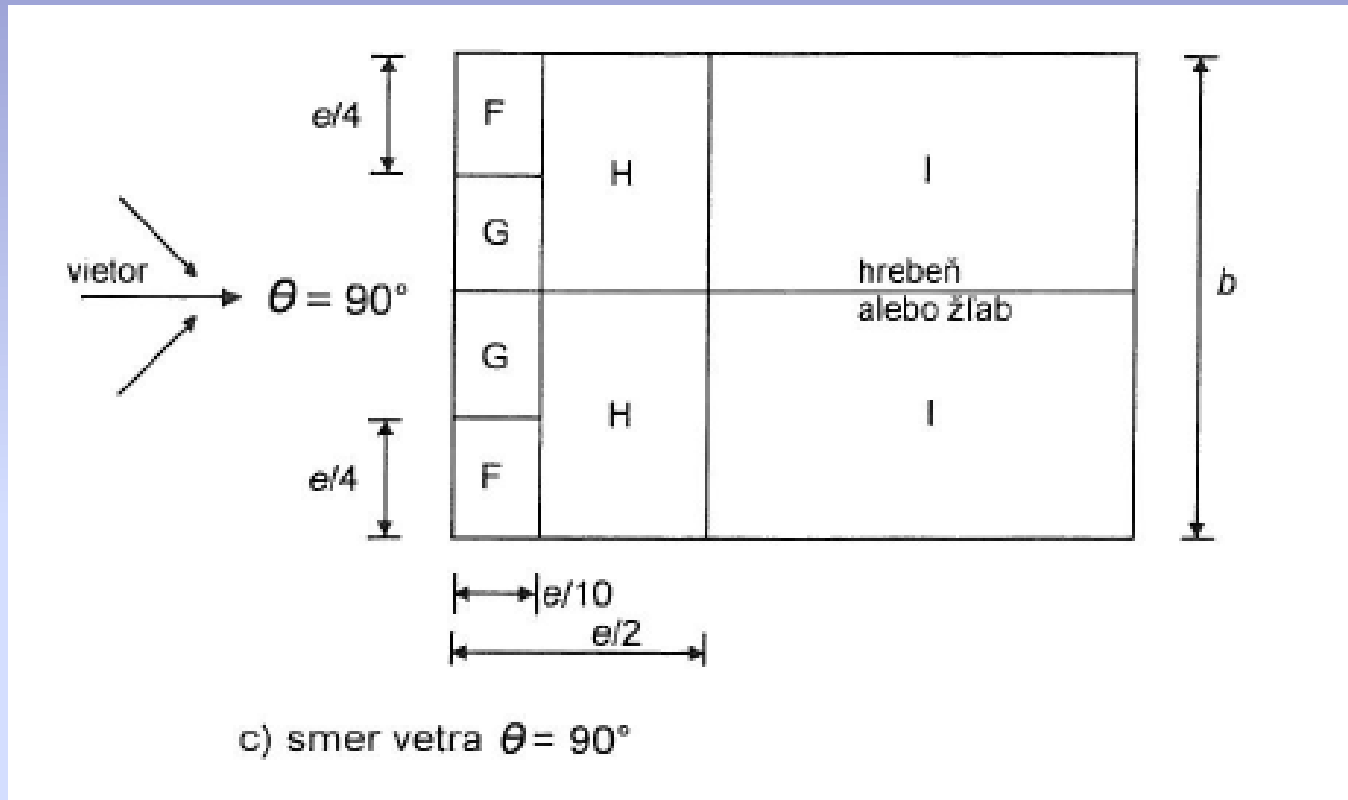
a) všeobecne



$e = b$ alebo $e = 2h$,
 podľa toho, ktoré je menšie
 b – rozmer naprieč smeru vetra

b) smer vetra $\theta = 0^\circ$

Sedlové strechy



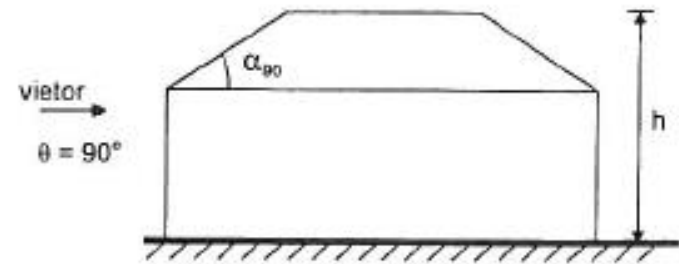
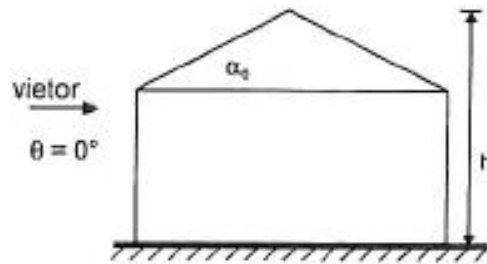
Sedlové strechy

Uhol sklonu α	Oblasť pre smer vetra $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Sedlové strechy

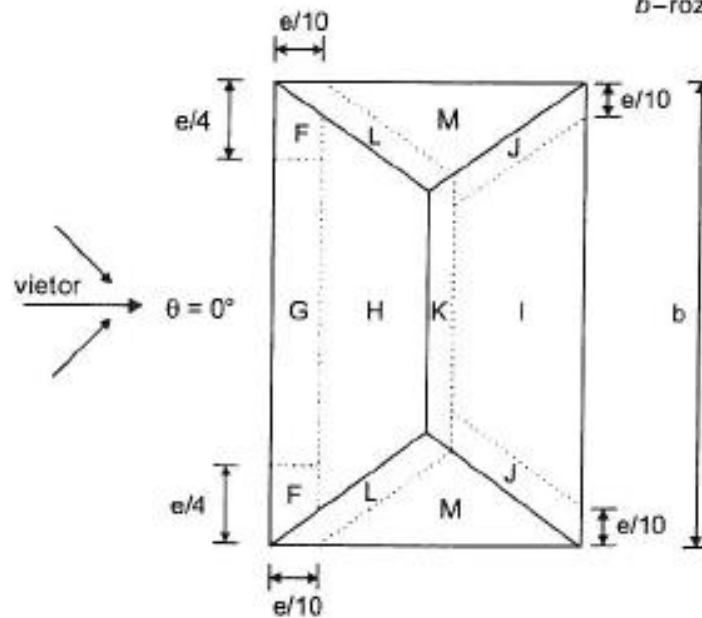
Uhol sklonu α	Oblasť pre smer vetra $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Valbové strechy

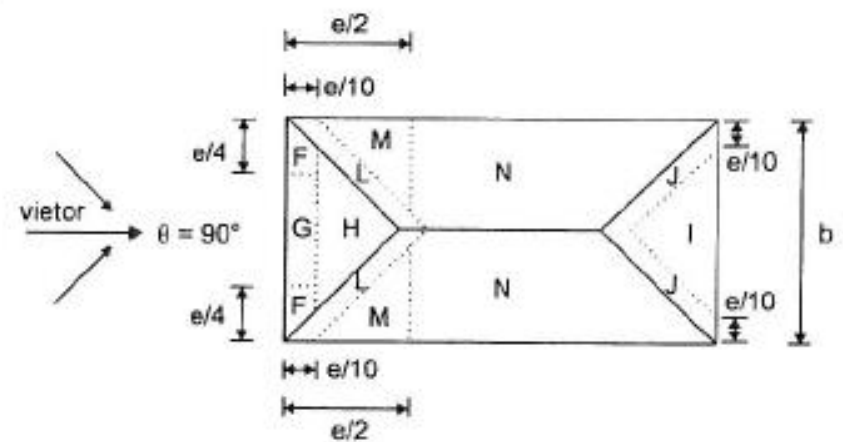


$e = b$ alebo $e = 2h$, podľa toho, ktoré je menšie

b – rozmer naprieč smeru vetra



a) smer vetra $\theta = 0^\circ$



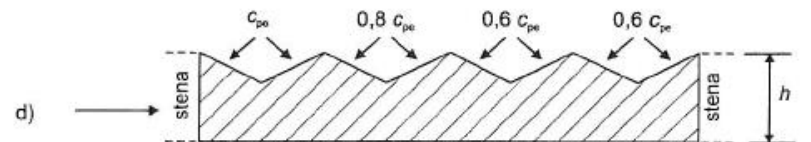
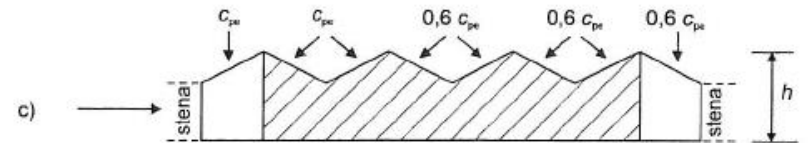
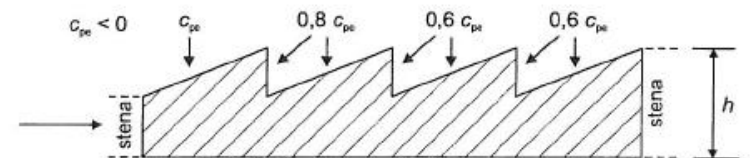
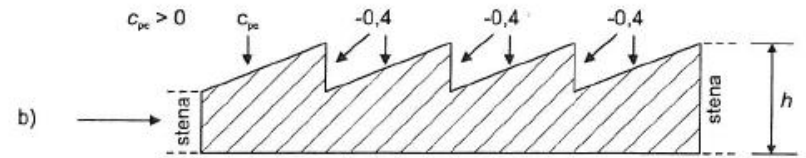
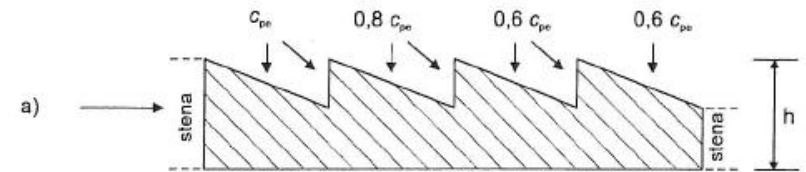
b) smer vetra $\theta = 90^\circ$

Valbové strechy

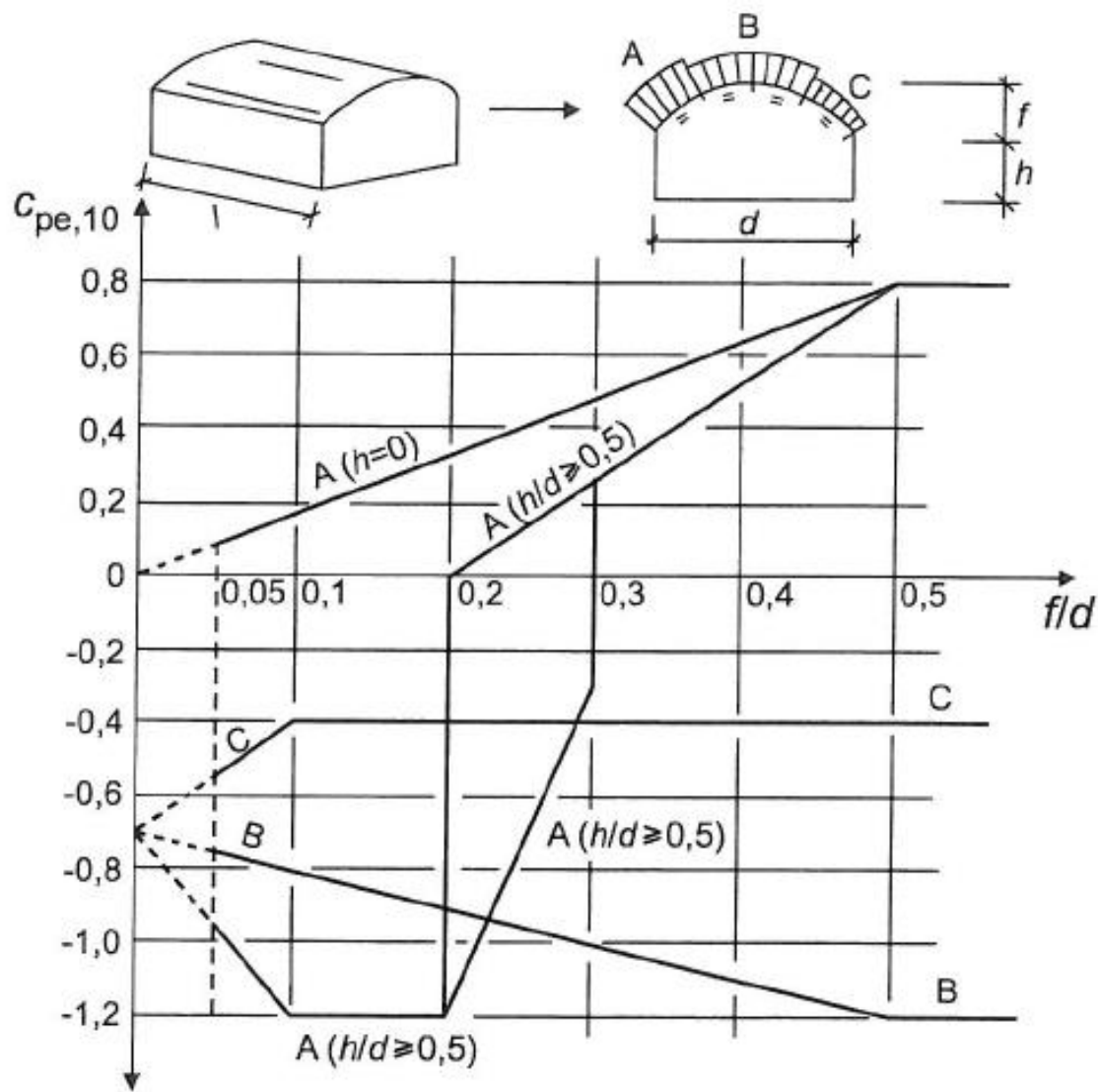
Uhol sklonu α_0 pre $\theta \in 0^\circ$ α_{90} pre $\theta \in 90^\circ$	Oblasť pre smer vetra $\theta \in 0^\circ$ a $\theta \in 90^\circ$																	
	F		G		H		I		J		K		L		M		N	
	$C_{pe,1}$ 0	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3		-0,6		-0,6		-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,4	
	+0,0		+0,0		+0,0													
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,5		-1,0	-1,5	-1,2	-2,0	-1,4	-2,0	-0,6	-1,2	-0,3	
	+0,2		+0,2		+0,2													
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,7	-1,2	-0,5		-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	
	+0,5		+0,7		+0,4													
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,3		-0,6		-0,3		-1,3	-2,0	-0,8	-1,2	-0,2	
	+0,7		+0,7		+0,6													
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,3		-0,6		-0,3		-1,2	-2,0	-0,4		-0,2	

Viacpoľové strechy

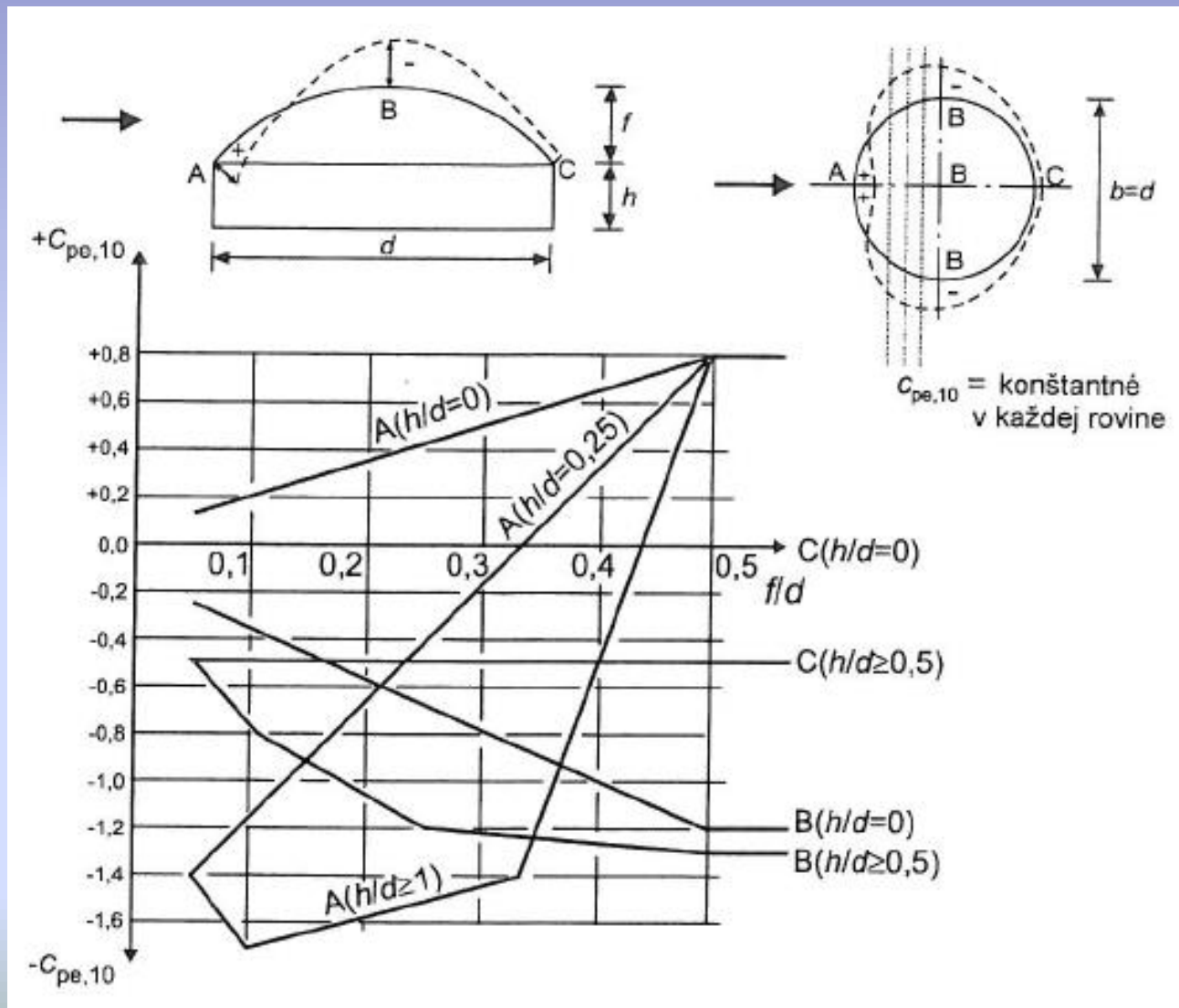
- pre každú plochu samostatne
- referenčná výška sa rovná výške budovy h



Valcové strechy a kupoly



Valcové střechy a kupoly



Súčinitele vnútorného tlaku

- vonkajšie a vnútorné tlaky pôsobia súčasne - treba uvažovať najnepriaznivejšiu kombináciu zaťaženia.
- závisia od veľkosti, počtu a rozmiestnenia otvorov
- dominantné líce budovy = plocha otvorov na dominantnom líci je aspoň dvojnásobok plochy otvorov na ostatných lícach
- Budova s dominantným lícom:
 - ak plocha otvorov na dominantnom líci je väčšia ako dvojnásobok plochy otvorov na ostatných lícach:

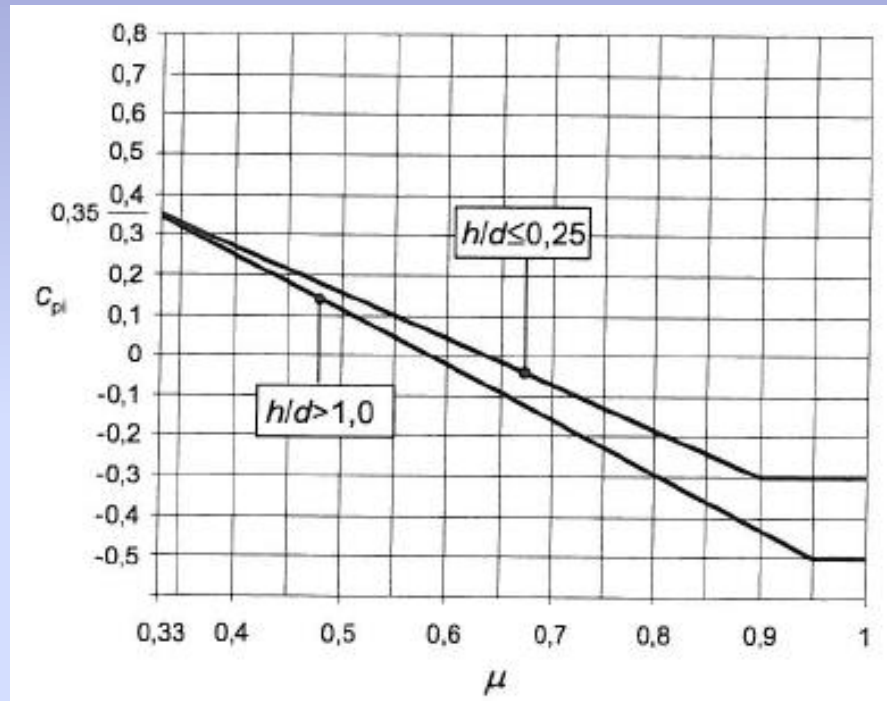
$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe}$$

- ak plocha otvorov na dominantnom líci je väčšia ako trojnásobok plochy otvorov na ostatných lícach:

$$c_{pi} = 0,90 \cdot c_{pe}$$

Súčinitele vnútorného tlaku

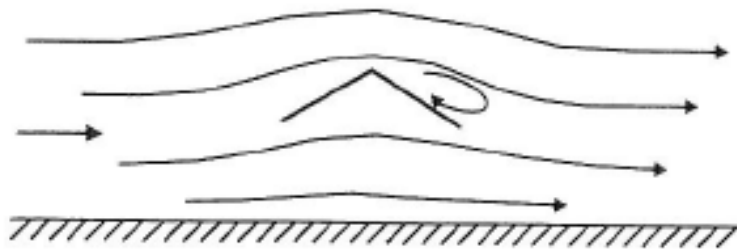
- Budova bez dominantného líca:



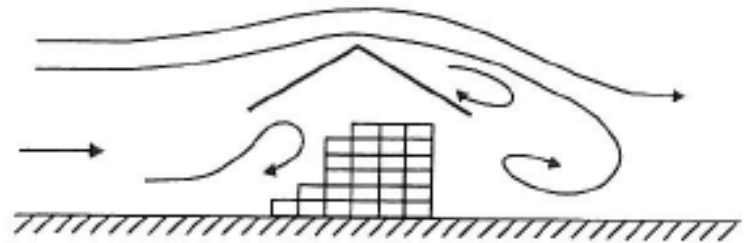
$$\mu = \frac{\sum \text{plocha otvorov, kde } c_{pe} \text{ je negatívne alebo } 0}{\sum \text{plocha všetkých otvorov}}$$

Voľne stojace strechy

- Strecha konštrukcie bez stien
- Stupeň blokovania prúdenia vetra φ
- treba zohľadniť trenie



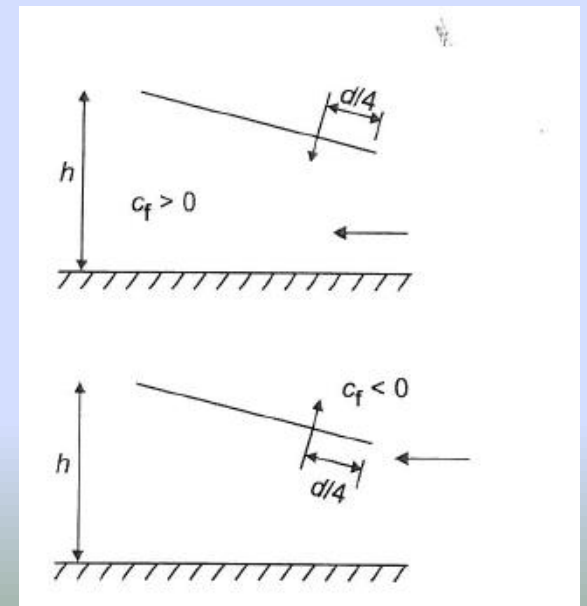
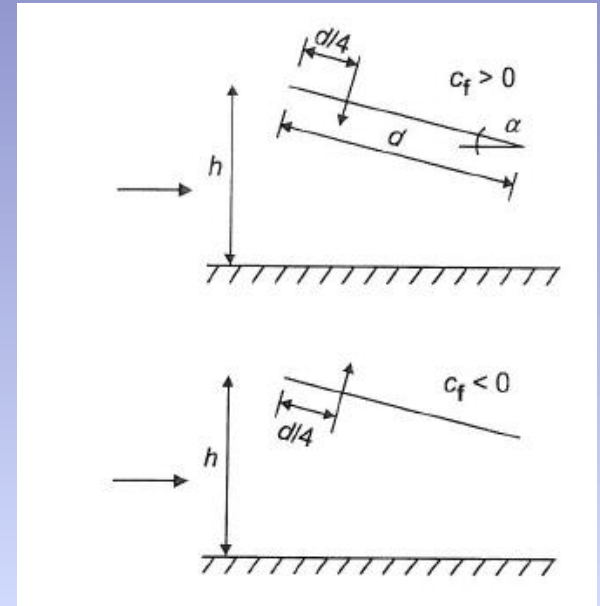
Prázdna, voľne stojaca strecha ($\varphi = 0$)



Voľne stojace strechy - blokovanie prúdenia uskladneným tovarom ($\varphi = 1$)

Voľne stojace pultové strechy

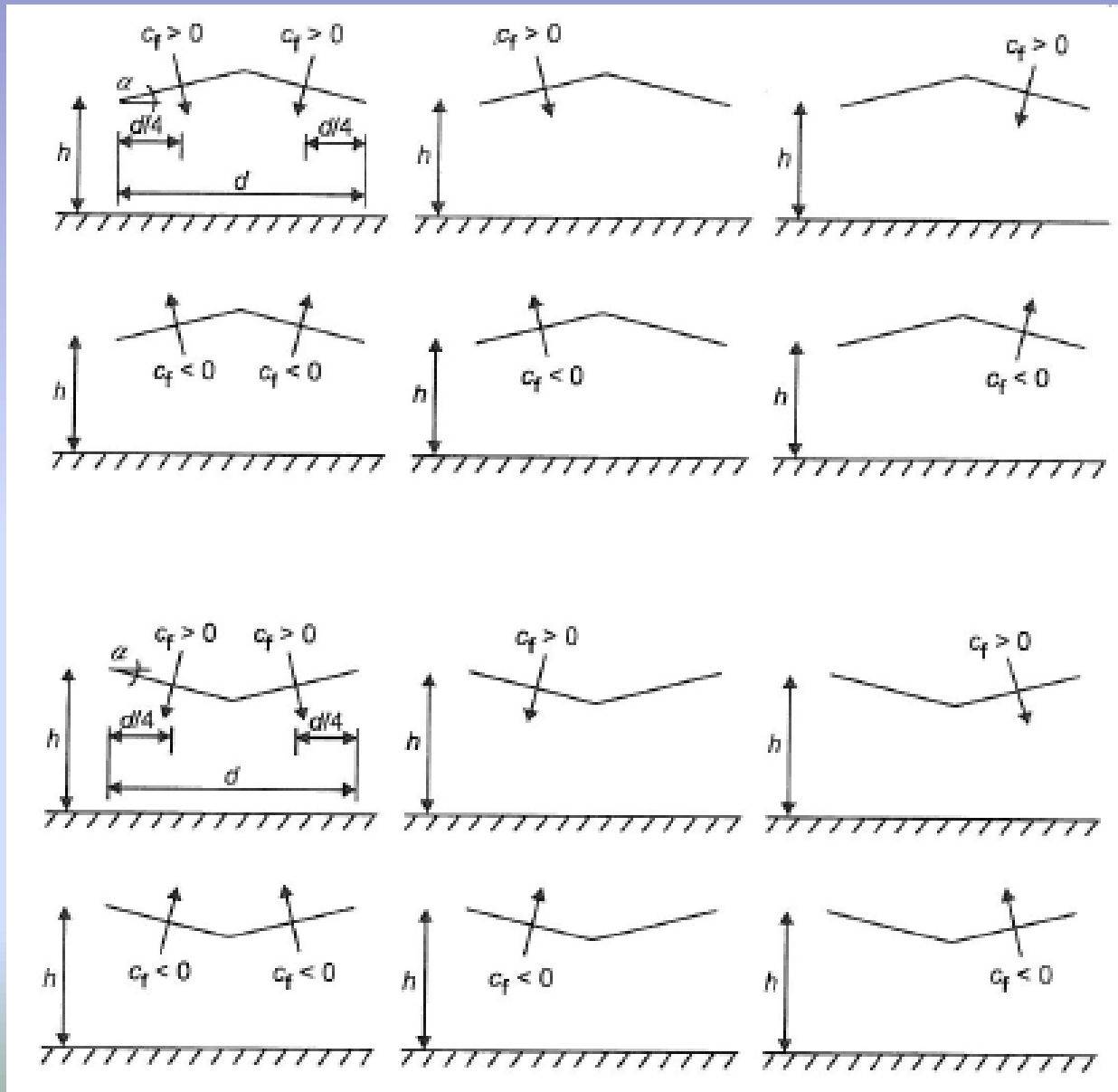
Súčinitele čistého tlaku $c_{p,net}$					
Pôdorysné členenie					
Uhol sklonu strechy α [°]	Blokovanie φ	Súčiniteľ celkovej sily c_f	Oblasť A	Oblasť B	Oblasť C
0°	Maximum všetky φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum všetky φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum všetky φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum všetky φ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum všetky φ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum všetky φ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum všetky φ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7



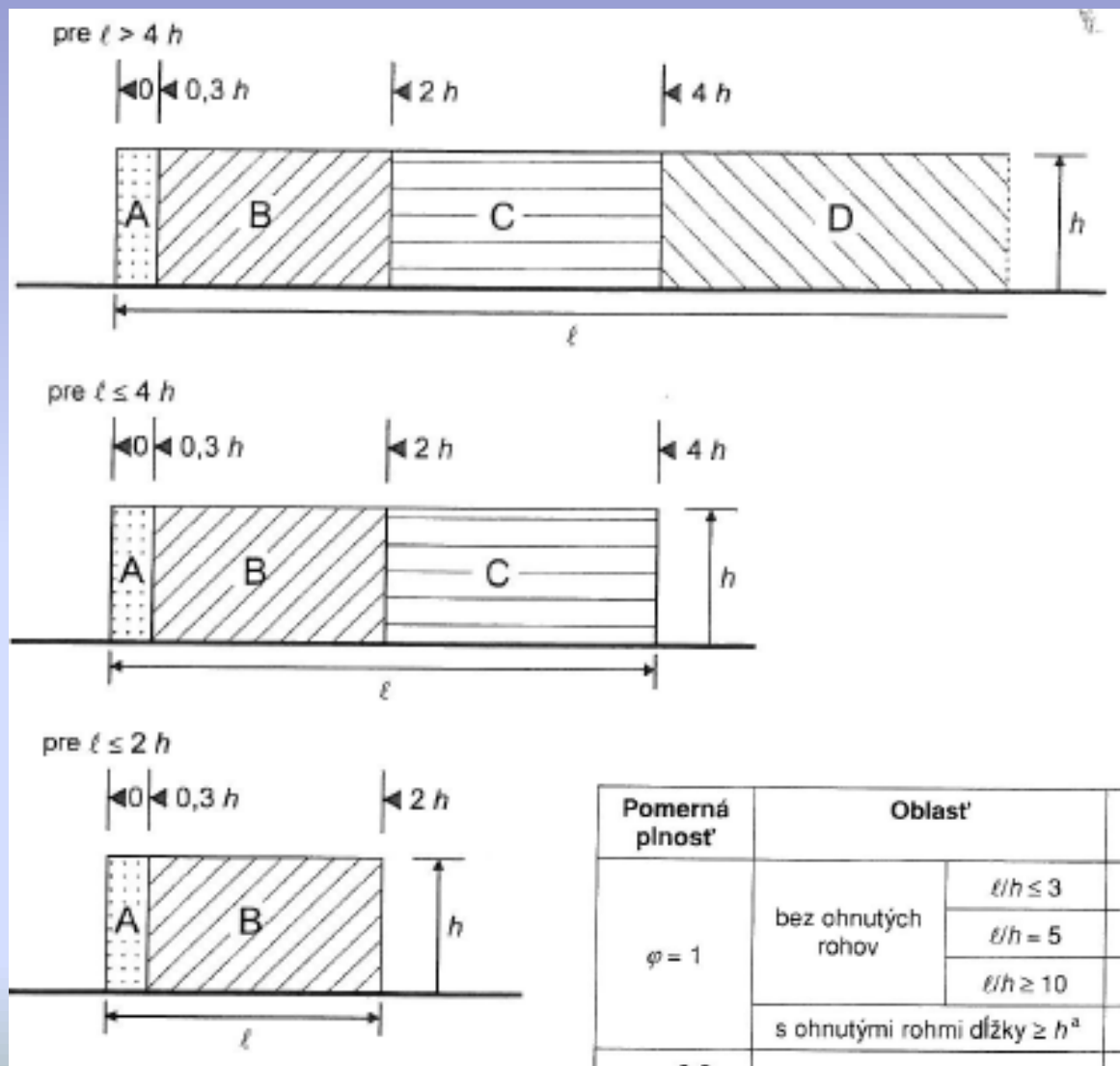
Voľne stojace sedlové strechy

			Súčinitele čistého tlaku $c_{p,net}$ Pôdorysné členenie			
Uhol sklonu strechy α [°]	Blokovanie φ	Súčiniteľ celkovej sily c_t	Oblasť A	Oblasť B	Oblasť C	Oblasť D
- 20	Maximum všetky φ	+ 0,7	+ 0,8	+ 1,6	+ 0,6	+ 1,7
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 0,9	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 0,6
- 15	Maximum všetky φ	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,5	+ 0,7	+ 1,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,7	- 2,6	- 0,6
- 10	Maximum všetky φ	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,4	+ 0,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,5	- 0,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,7	- 2,6	- 0,6
- 5	Maximum všetky φ	+ 0,3	+ 0,5	+ 1,5	+ 0,8	+ 0,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,7	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 0,6
+ 5	Maximum všetky φ	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,8	+ 1,3	+ 0,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,6	- 0,6	- 1,4	- 1,4	- 1,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,0	- 1,8	- 1,5
+ 10	Maximum všetky φ	+ 0,4	+ 0,7	+ 1,8	+ 1,4	+ 0,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 0,7	- 1,5	- 1,4	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,0	- 1,8	- 1,8
+ 15	Maximum všetky φ	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,9	+ 1,4	+ 0,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,8	- 0,9	- 1,7	- 1,4	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,3	- 2,2	- 1,6	- 2,1
+ 20	Maximum všetky φ	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,9	+ 1,5	+ 0,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,2	- 1,8	- 1,4	- 2,0
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,4	- 2,2	- 1,6	- 2,1
+ 25	Maximum všetky φ	+ 0,7	+ 1,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,5
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,4	- 2,0	- 1,5	- 2,0
+ 30	Maximum všetky φ	+ 0,9	+ 1,3	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,7
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,4	- 1,8	- 1,4	- 2,0

Voľne stojace sedlové strechy

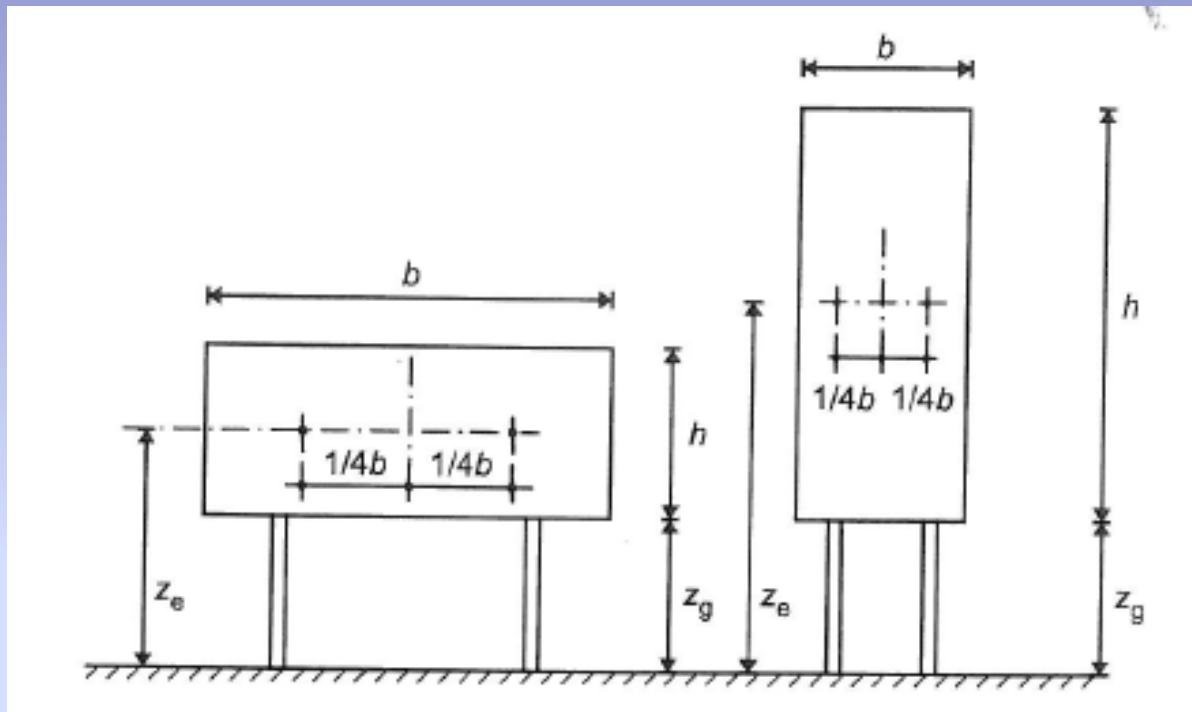


Volně stojace steny a parapety



Poměrná plnosť	Oblasť	A	B	C	D	
$\varphi = 1$	bez ohnutých rohov	$\ell/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$\ell/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$\ell/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	s ohnutými rohmi dĺžky $\geq h^2$	$\pm 2,1$	$\pm 1,8$	$\pm 1,4$	$\pm 1,2$	
$\varphi = 0,8$		$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	

Reklamné tabule

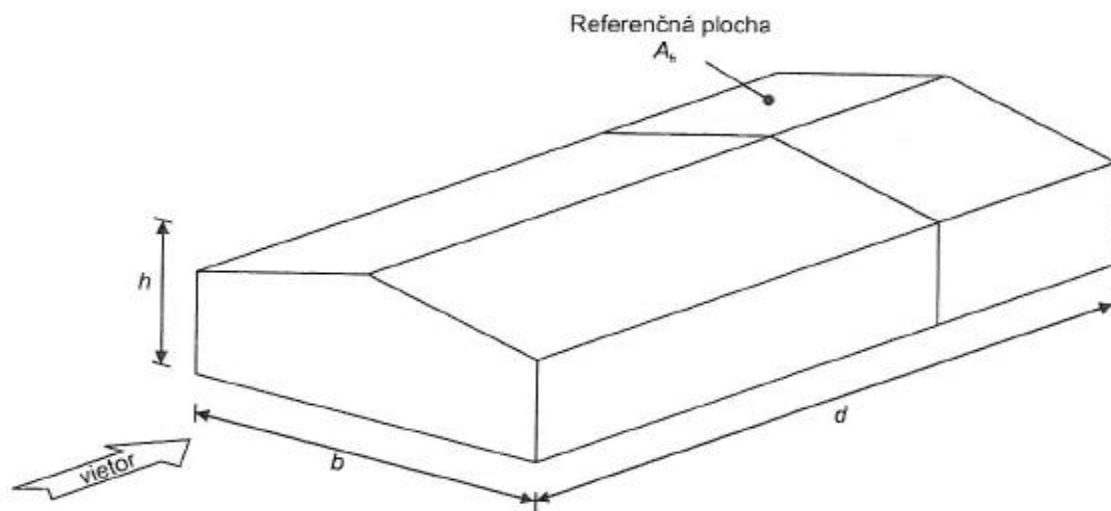
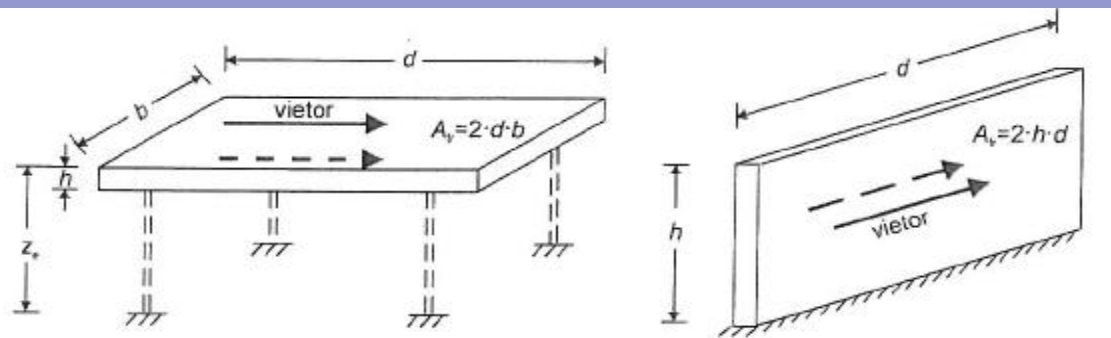


$$ak z_g > h/4 \Rightarrow c_f = 1,80$$

$$ak b/h \leq 1,0 \Rightarrow c_f = 1,80$$

Výslednica pôsobí na vodorovnej
excentricite 0,25.b

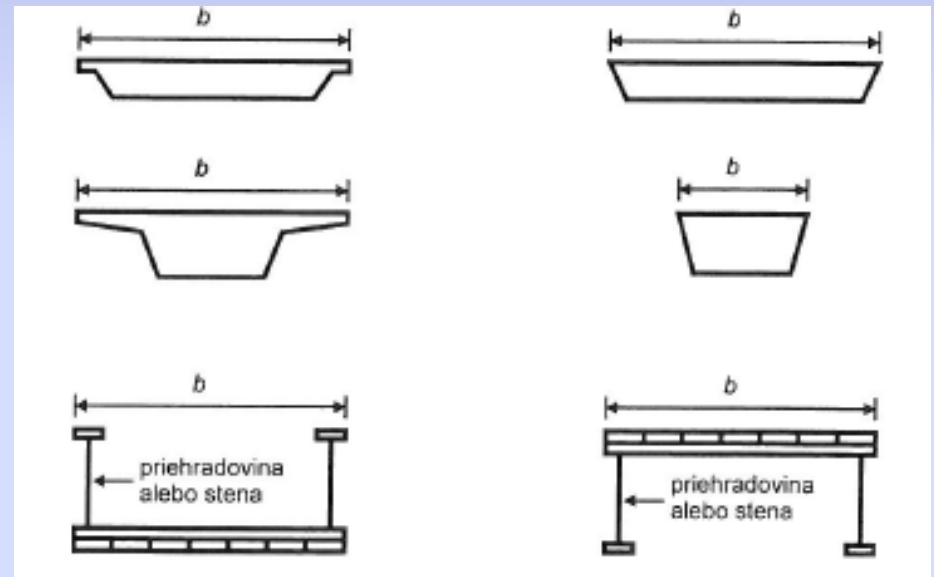
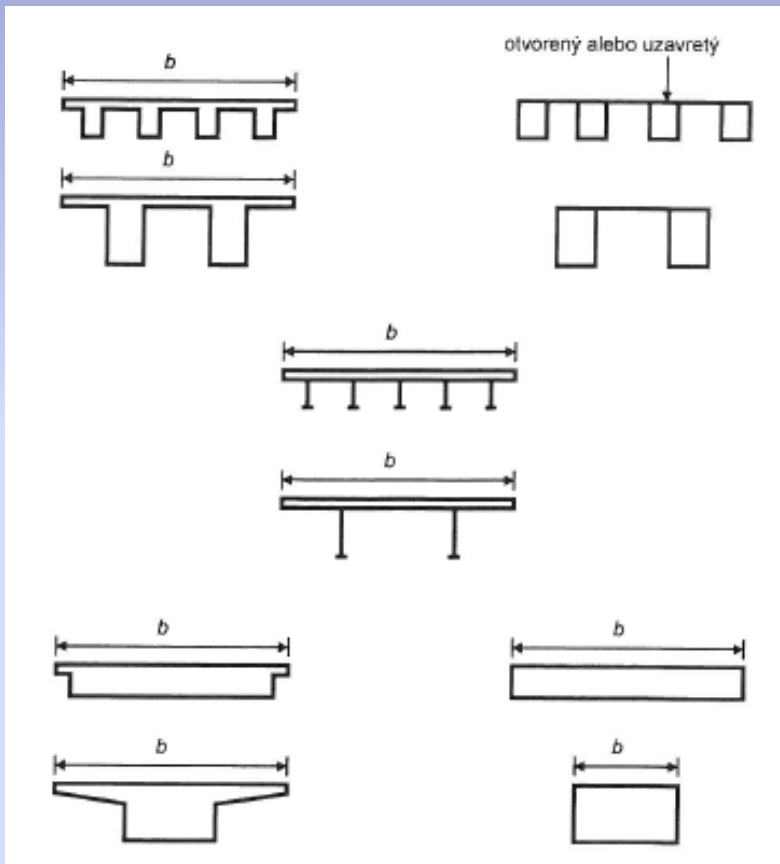
Súčinitele trenia



Povrch	Súčiniteľ trenia c_{tr}
hladký (t. j. oceľ, hladký betón)	0,01
drsňý (t. j. drsný betón, asfaltové lepenky)	0,02
veľmi drsný (t. j. vlnovky, rebrá, ohyby)	0,04

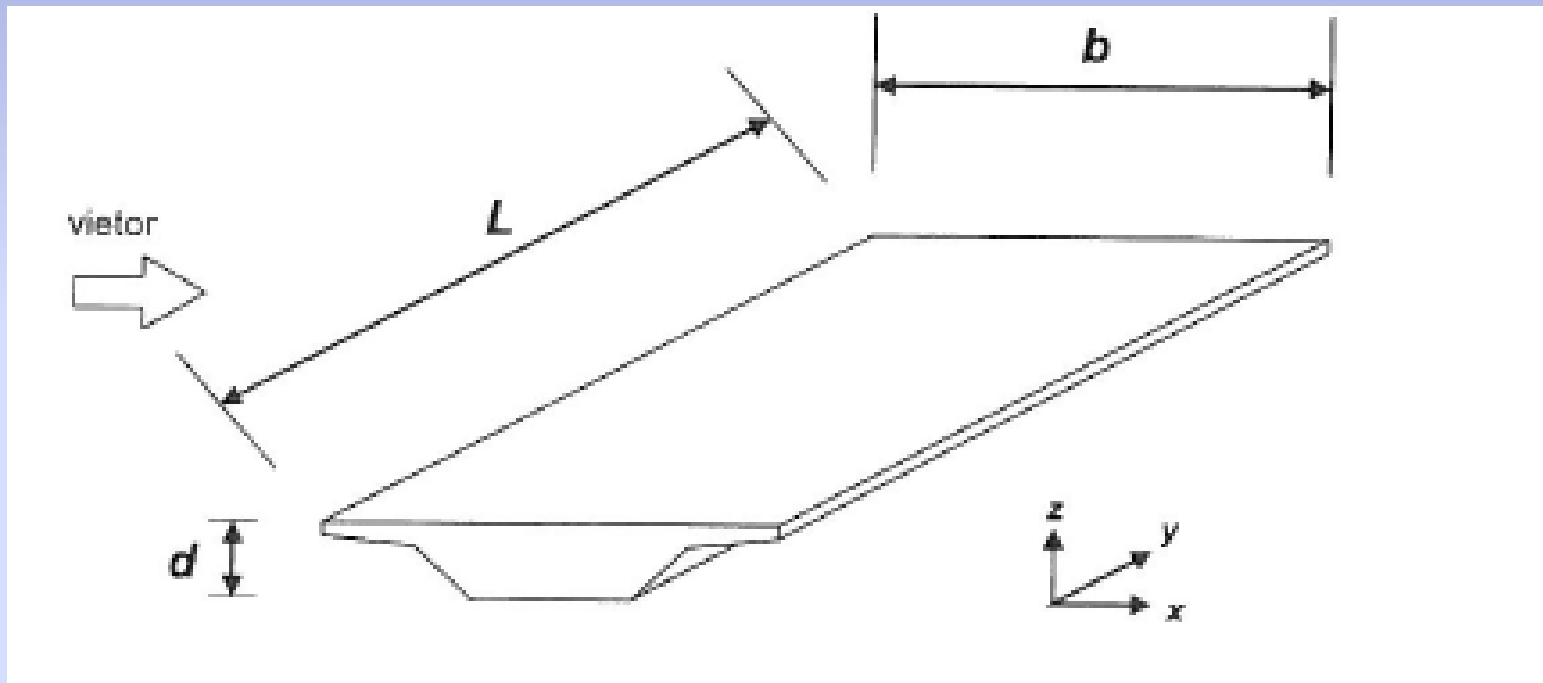
Zat'azenie mostov vetrom

- priečne rezy mostov:



Zat'azenie mostov vetrom

- smerová orientácia zat'azenie mostov vetrom:



Zat'azenie mostov vetrom

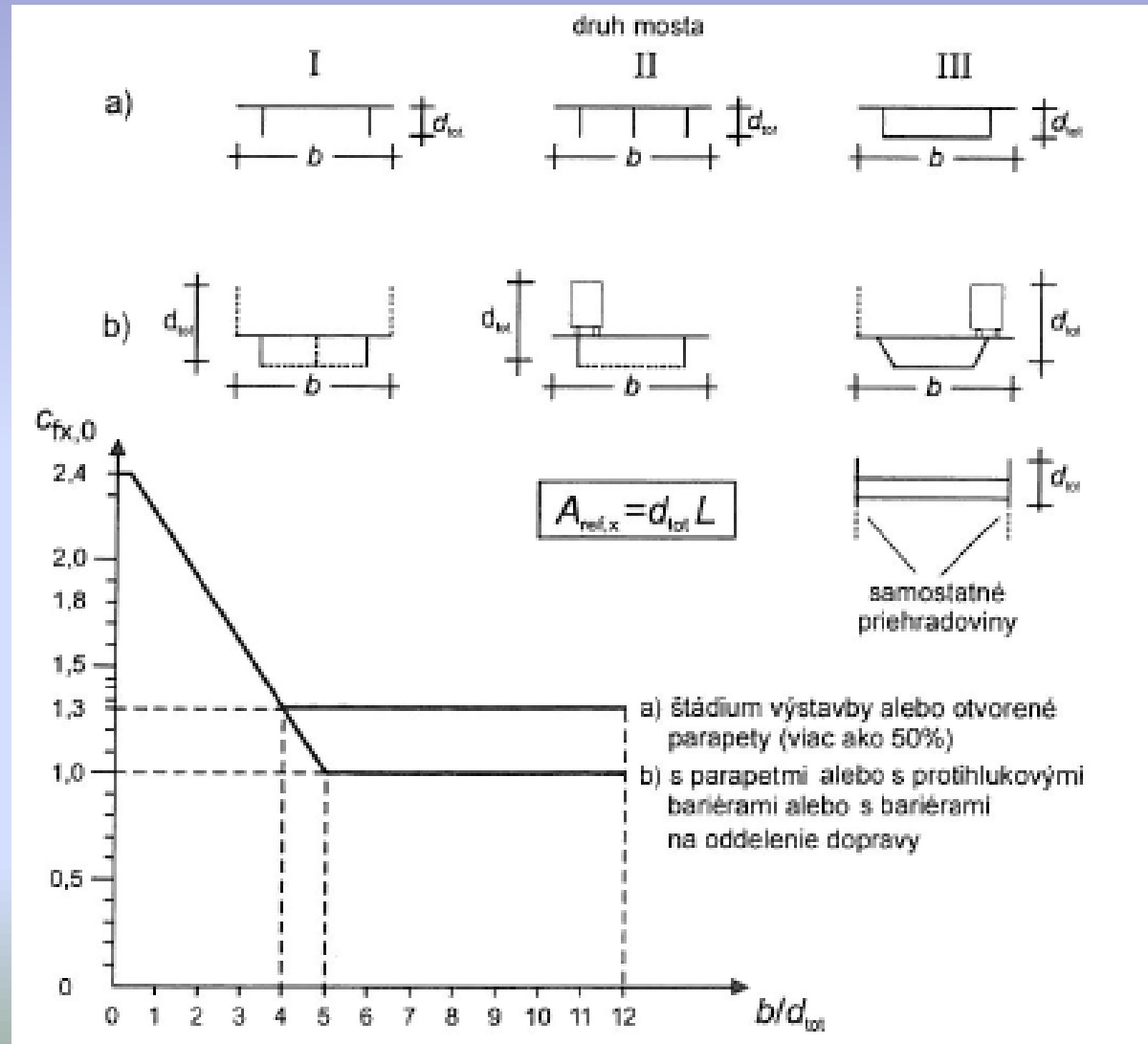
- súčiniteľ sily v smere x:

$$C_{f,x} = C_{f,x0}$$

- výška d_{TOT} :
- nezat'azený most a,
- zat'azený most b,
- výška dopr. pásu:
- cesty = 2,0 m
- železnice = 4,0 m

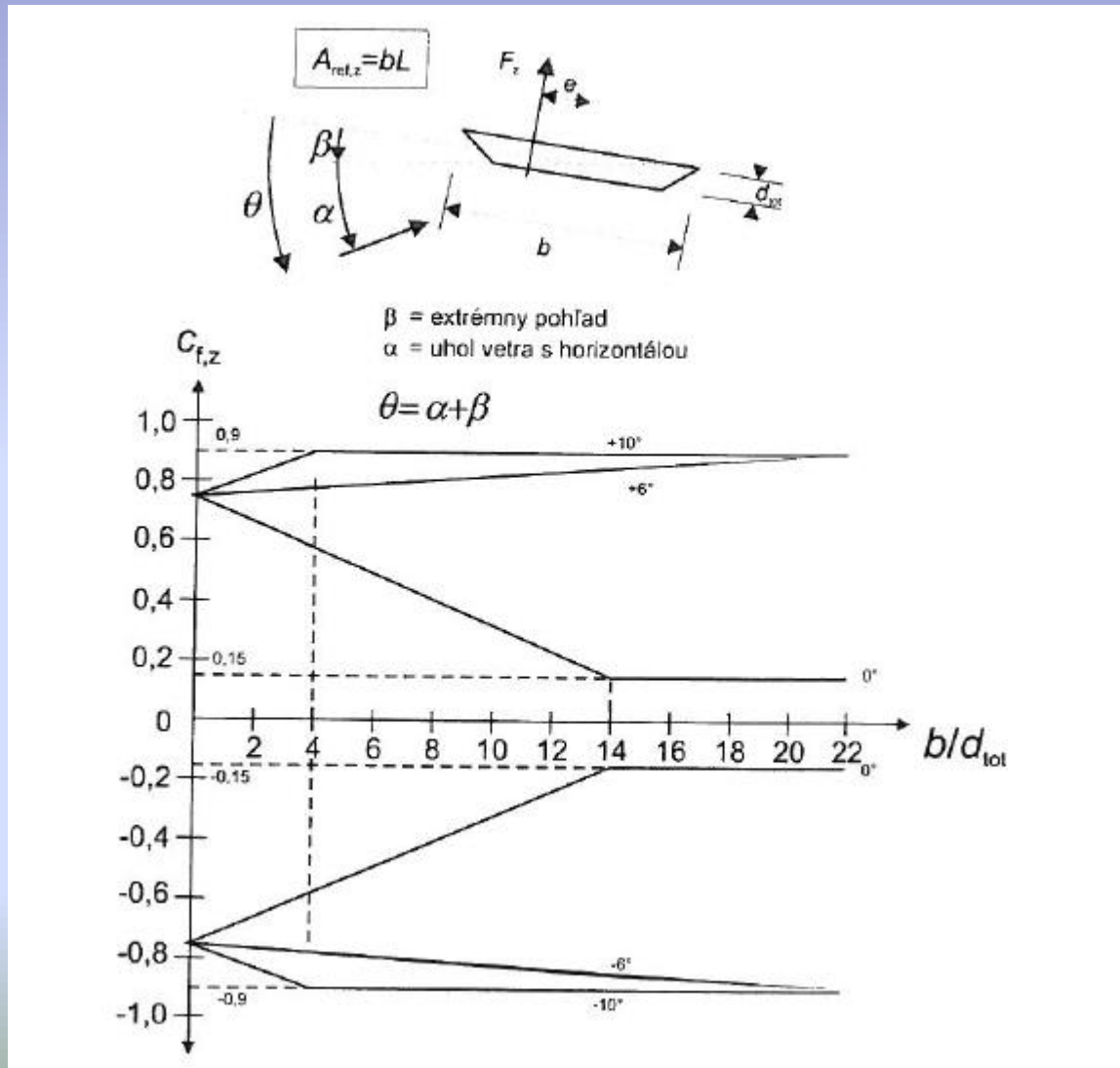
$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x}$$

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



Zat'azenie mostov vetrom

- súčiniteľ sily v smere z:



Zat'azenie mostov vetrom

- sily vetra v smere y:
- pri plnostenných mostoch = 25% zo sily vetra v smere osi x
- pri priehradových mostoch = 50% zo sily vetra v smere osi x