Zatížení větrem

- pravidla pro zatížení větrem pro pozemní stavby výšky ≤ 200m, pro mosty o rozpětí ≤ 200m
- uvádí se pro celou konstrukci nebo její části (např. obvod. plášť a jeho kotvení)
- klasifikace: zatížení větrem – proměnné pevné zatížení (nejsou přítomná stále, v každém směru mají pevně stanovené rozdělení zatížení na konstr.)
- může být přímé (na vnější a vnitřní povrchy otevřených konstr.) a nepřímé () na vnitřní povrchy uzavřených konstr.)
- odezva konstrukce na zatížení větrem:
    - kvazistatická (rezonanční kmitání je možno zanedbat, musí se počítat pro všechny konstrukce)
    - dynamická
    - aerostatická

Rychlost a tlak větru

Povětrnostní podmínky různých oblastí se popisují hodnotami ***charakteristické desetiminutové střední rychlosti větru*** $v_{b,o}$ ve výšce 10m nad zemí v terénu s nízkou vegetací (terén kategorie II). Tyto char. hodnoty odpovídají roční pravděpodobnosti překročení 0,02.

Mapa větrových oblastí pro ČR

oblast	1	2
$v_{b,o}$	24 m/s	26 m/s

Úprava $v_{b,o}$ součinitelem nadmořské výšky c_{alt} (altitude)

oblast			1	2
c_{alt}	Nadmořská výška	≤ 700	1,0	1,0
		700 - 1300	1,25	1,16
		>1300	-	1,27

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

$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$

kde $c_0(z)$ je součinitel orografie – horopisu (vliv osamělých kopců, hřebenů,útesů a příkrých stěn), pro většinu návrhových situací $c_0(z)$ =1(rychlost větru není zvětšena o více jak 5% vlivem orografie)

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

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

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

kde z_0 je délka nerovnosti, viz tab. kategorie terénu

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

z_{max} je 200m

k_r je součinitel terénu $k_r = 0{,}19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ kde $z_{o,II}$ = 0,05m (terén kat. II)

Kategorie terénu a parametry terénu

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0- moře a přímořské oblasti	0,003	1
I – jezera nebo vodorovná plochá krajina bez překážek	0,01	1
II – krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky	0,05	2
III – oblast pravidelně pokrytá vegetací, budovami nebo překážkami	0,3	5
IV – alespoň 15% povrchu je pokryto budovami, průměrná výška přesahuje 15m	1	10

Maximální charakteristický tlak $q_p(z)$

$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] 0{,}5 \cdot \rho \cdot v_m{}^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$

kde $q_b = 0{,}5 \cdot \rho \cdot v_b^2(z)$ představuje základní tlak větru

ρ značí měrnou hmotnost vzduchu, která závisí na nadmořské výšce, teplotě a tlaku vzduchu (většinou ρ=1,25 kg/m^3)

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

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad pro \quad z_{\min} \le z \le z_{\max}$$

k_I je součinitel turbulence (většinou roven 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 m^2) – povrchy přímo zatížené větrem (obvodový plášť, upevňovací prvky)

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

Tlak větru

- na povrchy, na které působí tlak (přímo nebo nepřímo)

w_e tl.větru působící na vnější povrchy $w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$,

kde c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku (závisí na velikosti plochy vystavené větru a zejména na tvaru konstrukce)

w_i tlak větru působící na vnitřní povrchy $w_i = q_p(z) \cdot c_{pi}$,

kde c_{pi} je součinitel vnitřního tlaku

Součinitel c_{pe} je uveden v EN podle typů střech (viz. přiložené tabulky).

Součinitel vnitřního tlaku c_{pi}

- závisí na velikosti a rozmístění otvorů v obvodovém plášti, poměrů otvorů a na propustnosti obvod. pláště
- budovy s rovnoměrně rozloženou propustností viz EN

- tam, kde není možné stanovit poměr otvorů μ , nebo to není požadováno, bereme jako nepříznivější z
  +0,2 a -0,3 pro d/h ≥ 4
  +0,3 a -0,4 pro d/h ≤ 1
  kde d je hloubka budovy, h je výška budovy

Síly od větru

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

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

$F_{w,e} = c_s \cdot c_d \cdot w_e(z) \cdot A_{ref}(z)$

$F_{w,i} = \sum w_i(z) \cdot A_{ref}(z)$

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

kde c_s je součinitel velikosti
c_d je dynamický součinitel (EN uvádí součin c_s c_d)
c_p součinitel síly..můžeme vzít = c_{pe}
c_{fr} součinitel tření 0,01 (hladký povrch), 0,02 (beton), 0,04 (velmi drsný)
A_{fr} plocha obtékaná větrem
A_{ref} referenční plocha konstrukce

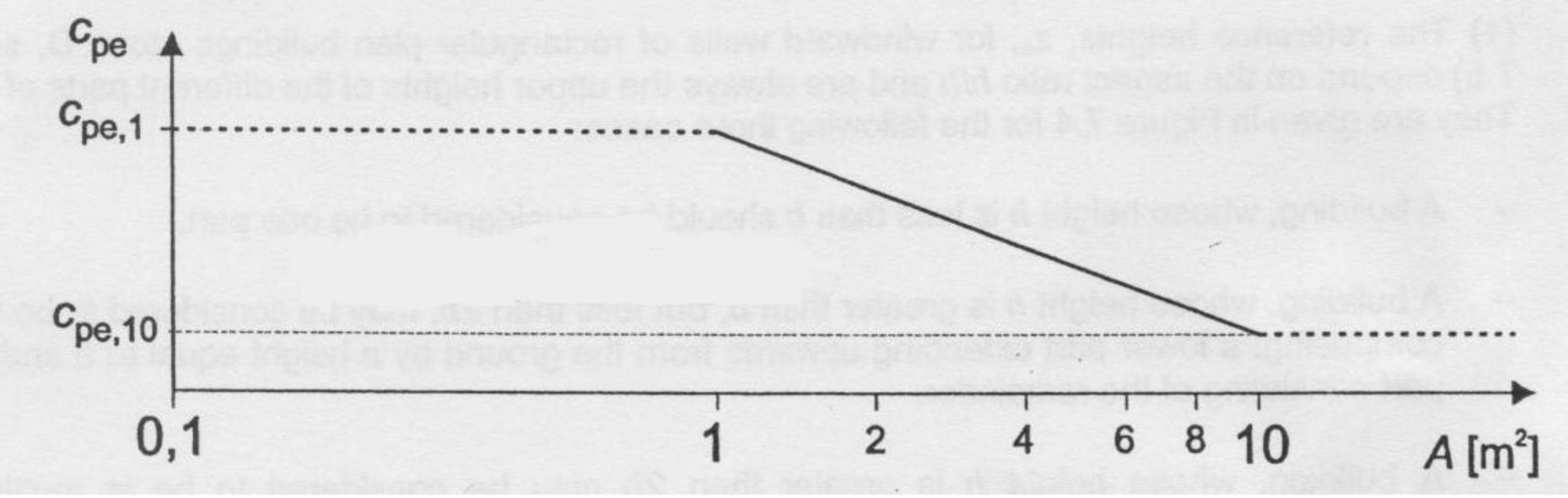
Součinitel c_s, c_d lze uvažovat hodnotou 1,0 v případech:

- u staveb nižších než 15 m
- pro fasádní a střešní prvky s vlastní frekvencí větší jak 5 Hz
- pro vyztužené budovy nižší než 100 m, jejichž výška je menší než čtyřnásobek půdorysného rozměru ve směru větru.
- Kruhových komínů nižších než 60 m, jejichž výška je menší než 6,5 násobek průměru komína.

Pro konstrukce mimo tento rámec je postup stanovení součinitele uveden v normě.
Pro patrové budovy leze hodnotu c_s, c_d odečíst na obrázcích 6.4 a 6.5 v normě.
Podrobné obrázky jsou v normě i pro jiné konstrukce.

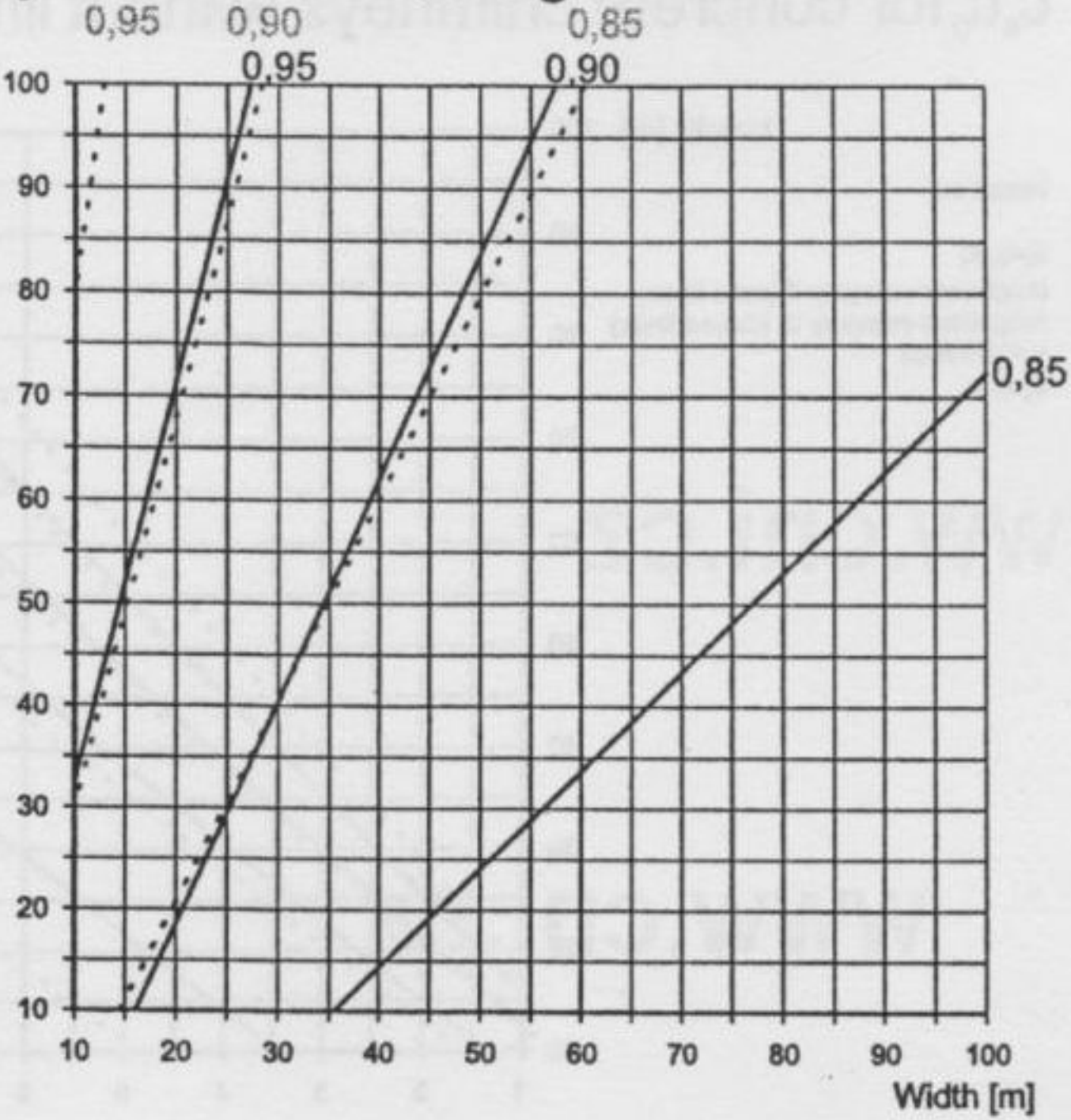
Doporučené hodnoty součinitelů $C_{pe,10}$ a $C_{pe,1}$

Zóna	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
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	
≤0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

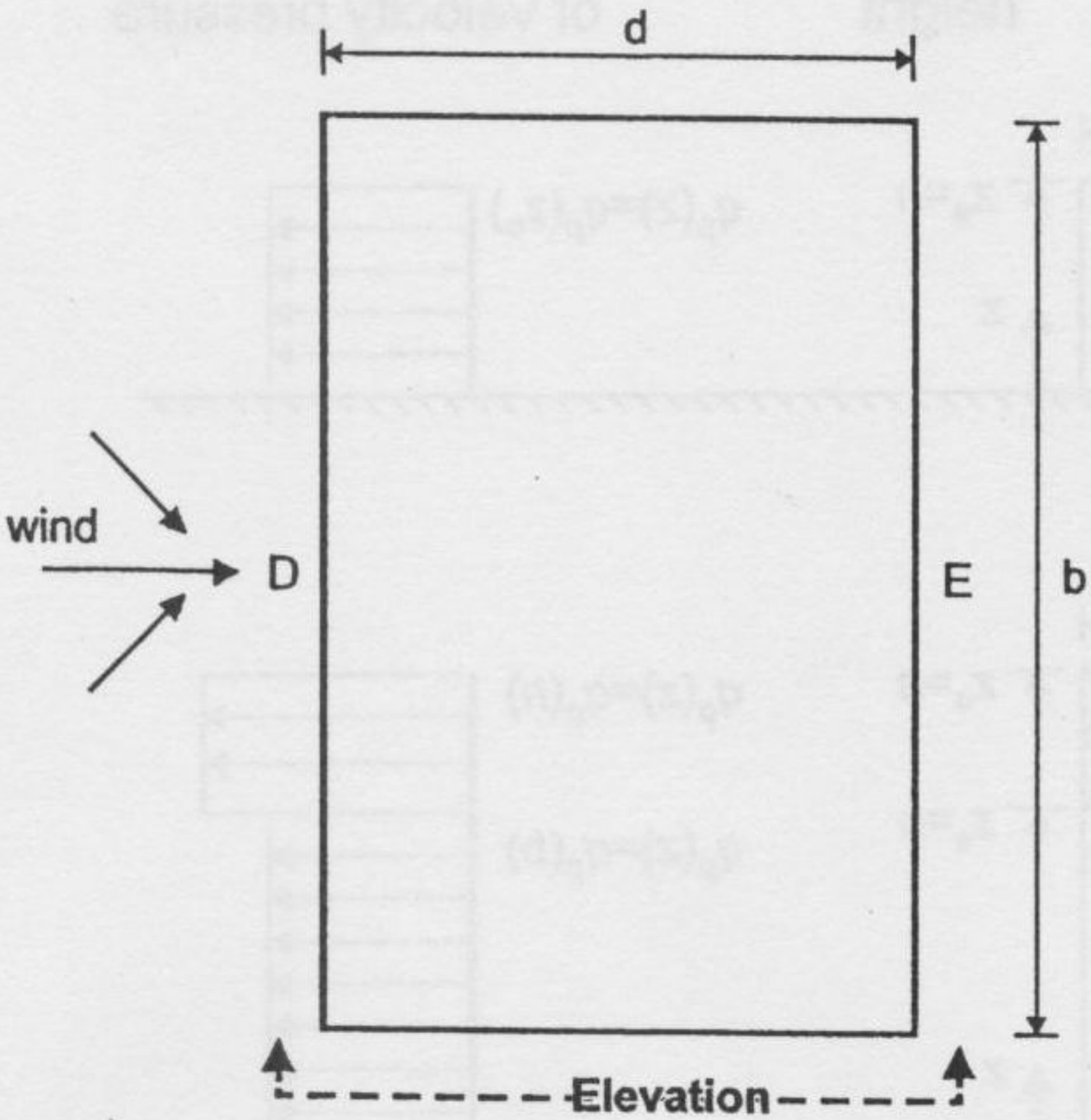

c_{pe}
$c_{pe,1}$
$c_{pe,10}$
0,1
1
2
4
6
8
10
A [m²]

$c_s c_d$ for multistorey concrete buildings

based on:
δ_s=0,1
roughness category II (solid lines)
roughness category III (dotted lines)
v_b=28 m/sec
δ_s=0



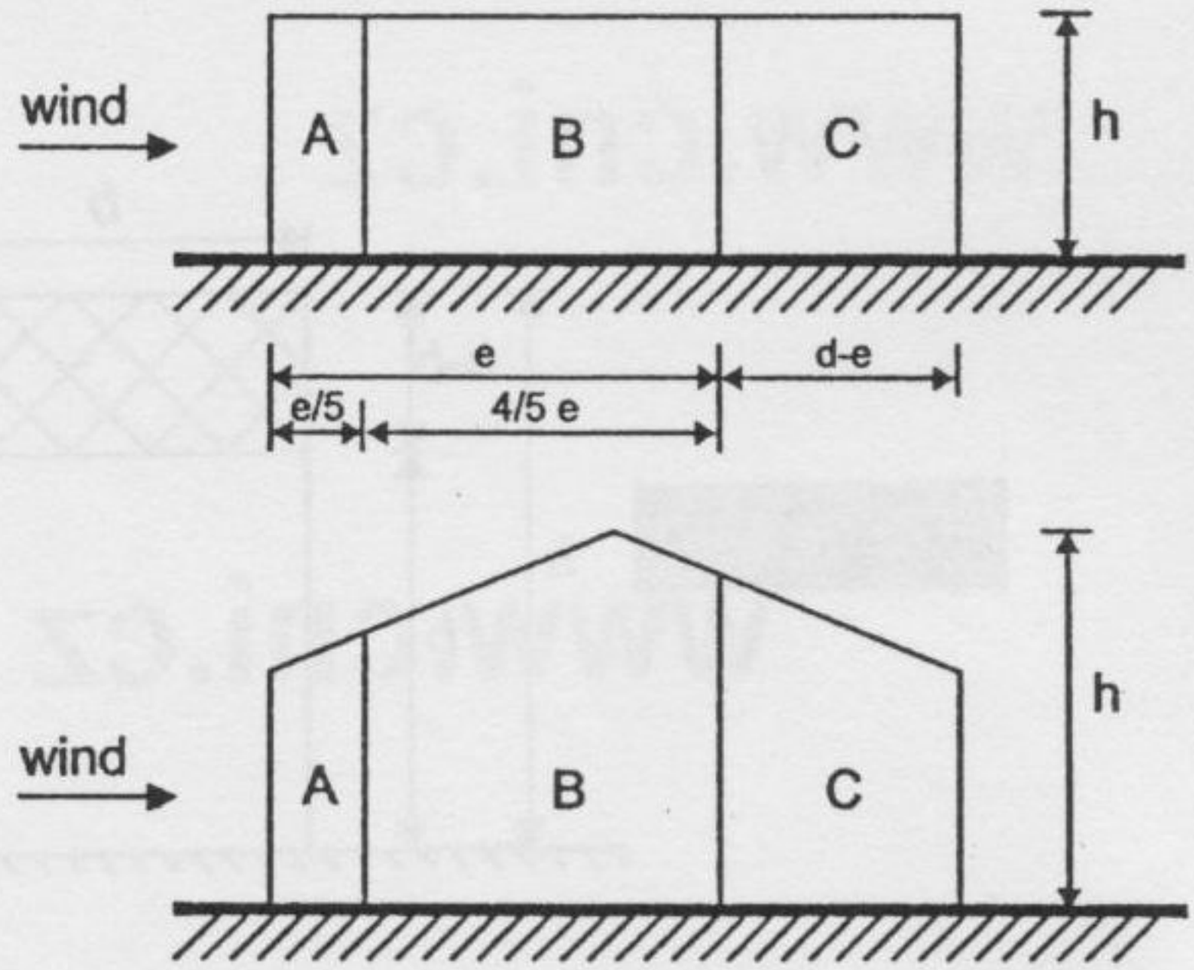
Plan



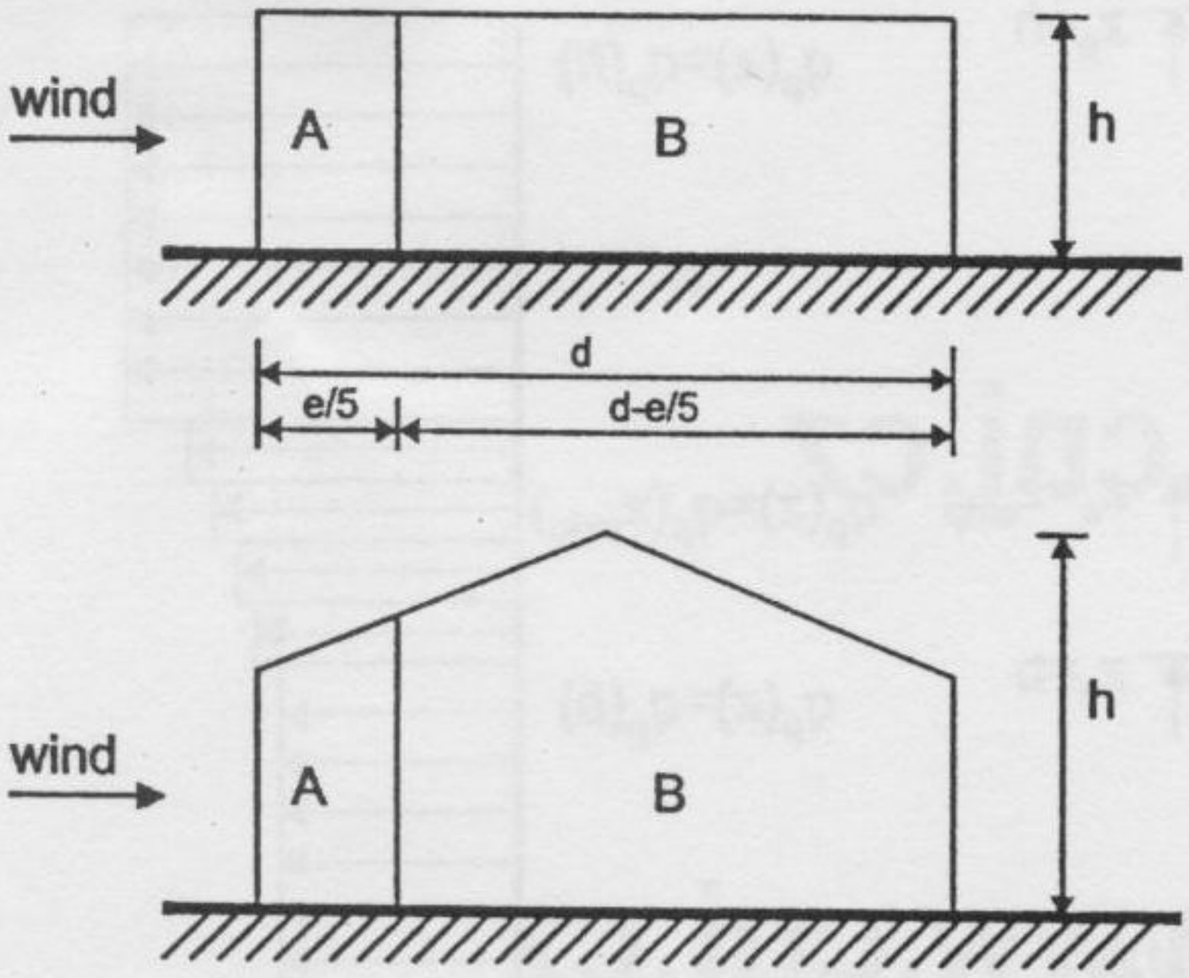
e=b or 2h,
whichever is smaller

b: crosswind dimension

Elevation for e < d



Elevation for e ≥ d



Elevation for e ≥ 5d

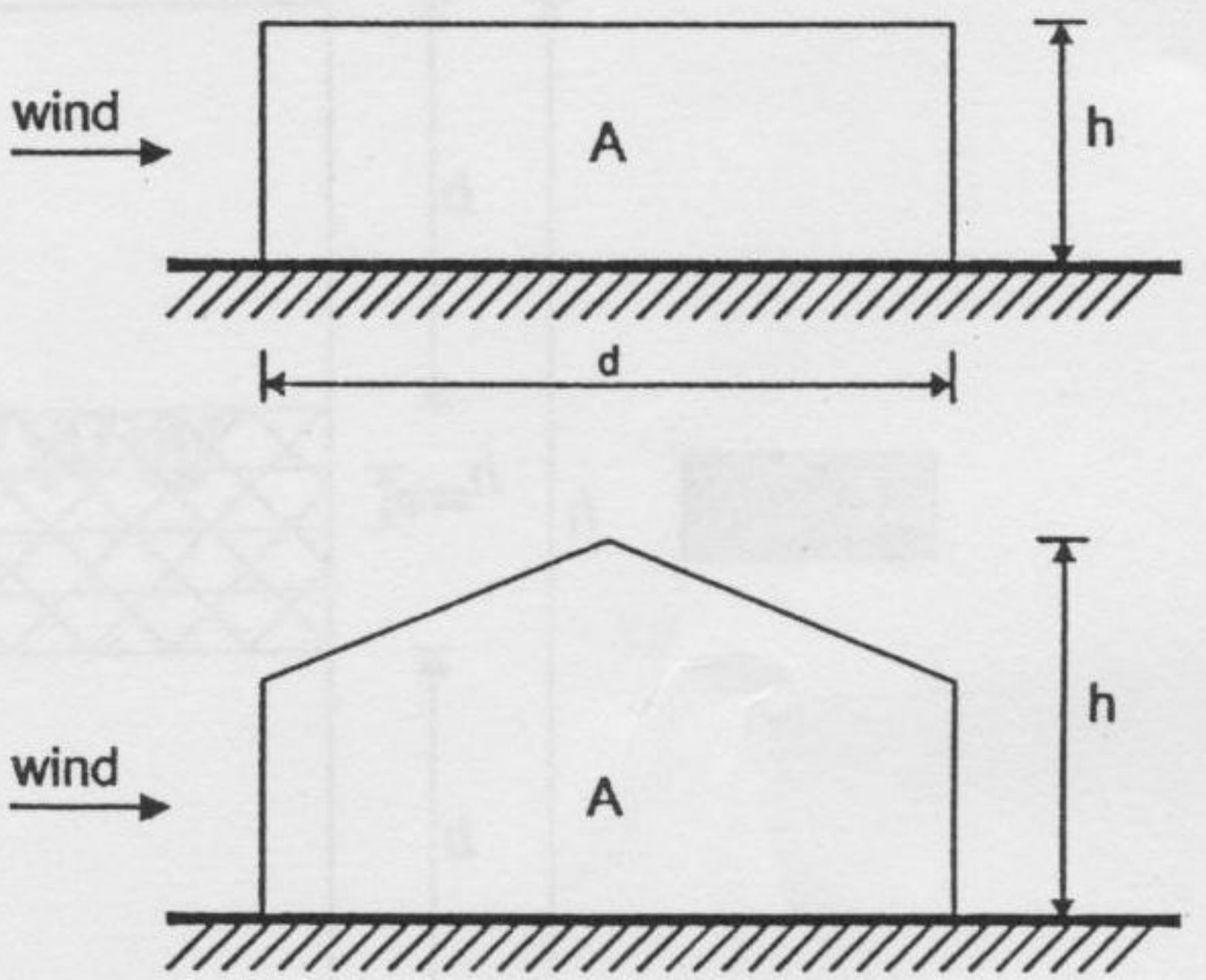


Figure 7.5 — Key for vertical walls

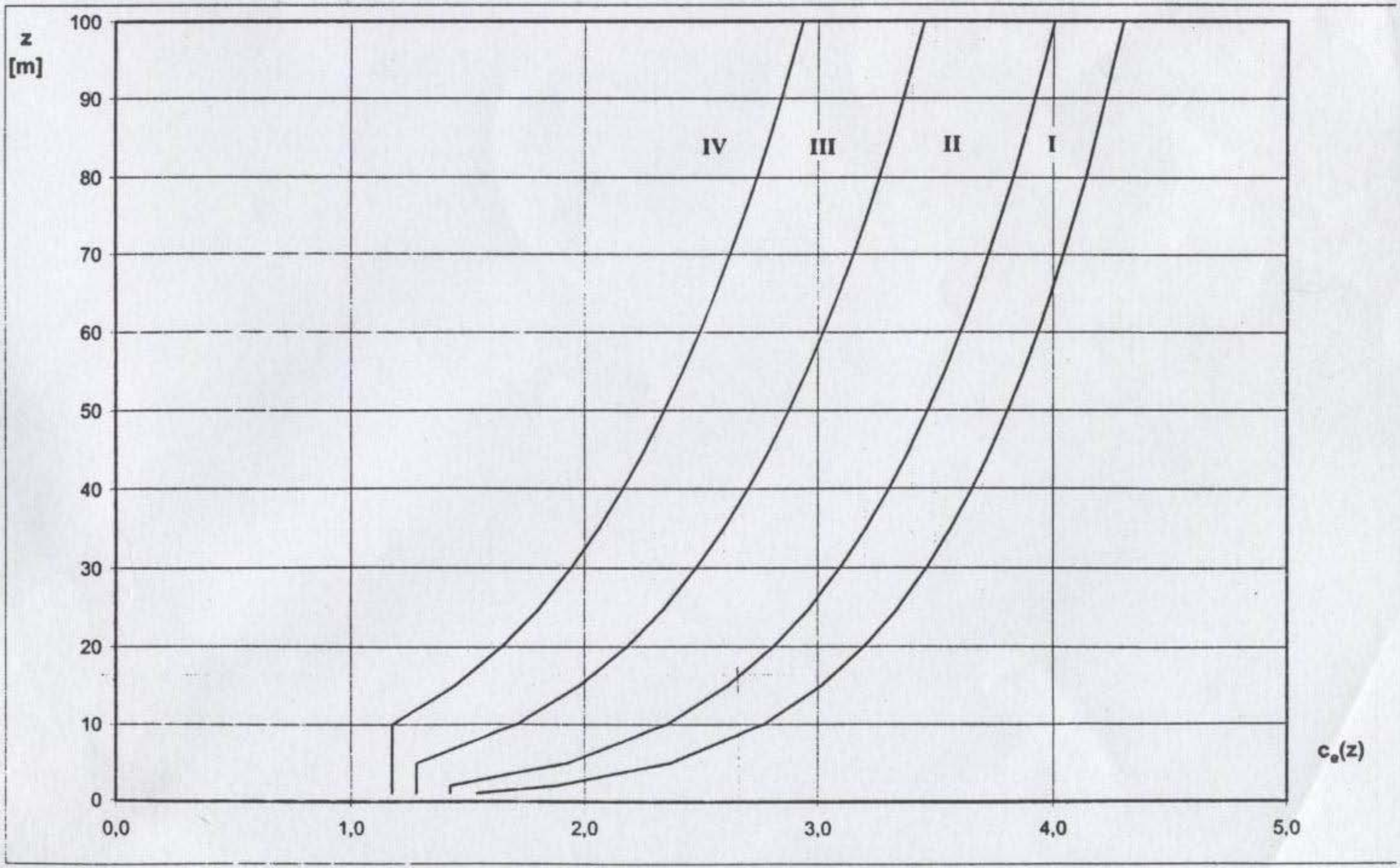


Figure 4.2 Illustrations of the exposure factor $c_e(z)$ for c_O=1,0