

Csarnokszerkezetek terhei

A csarnokszerkezet terheit az angol nyelvű **EN 1991** szabvány tartalmazza. A szabvány egyes fejezeteinek magyar nyelvű leírása, illetve magyarázata megtaláljuk a Springer Média Magyarország „**Statikai Kisokos: Terhek és hatások**” című kiadványában.

A keret elkülönített geometriai modelljének terheit a teljes épület geometriai paramétereinek ismeretében tudjuk felvenni. Ezért először a teljes épületre ható terhek felvételét mutatjuk be, majd azok ismeretében meghatározzuk az elkülönített keretre ható tervezési terheket.

T.1 Az egyszerű nyeregtetős csarnokra ható terhek fajtái

Az egyszerű daruzatlan nyeregtetős csarnokra az alábbi szabványos teherfajták hatnak:

- a tartószerkezet önsúlya
- a tető- és a falburkolat súlya
- állandó jellegű hasznos terhek (pl. gépészeti teher)
- hóteher
- szélteher

T.1.1 A tartószerkezet önsúlya

A tartószerkezet önsúlyát súlyelemzéssel kell meghatározni (az acélsúly: $77-78,5 \text{ kN/m}^3$). Elegendő a vázlattervi adatok alapján meghatározott súlyterhet figyelembe venni, amit nem kell újra számolni, ha a kiindulási keresztmetszetek a tervezés során megváltoznak. A tartószerkezet elméleti **önsúlyát a tervezést támogató programok automatikusan figyelembe veszik.**

T.1.2 A tető és a falburkolatok súlya

A burkolatok súlyát a rétegek súlyának elemzésével kell meghatározni. A trapézlemez m^2 súlyát, illetve a Z szelemen folyóméter súlyát a gyártók által kiadott katalógusok tartalmazzák. A szelvények önsúlyát a keresztmetszeti programmodulok által adott névleges keresztmetszeti területből is kiszámolhatjuk. Ha a vázlattervben szereplő szelvények a tervezés során megváltoznak, a súlyváltozás miatt nem kell új analízist végezni.

T.1.3 Az állandó jellegű hasznos teher

Az állandó jellegű hasznos teher olyan teherfajta, amelyet általában az építészmérnök és/vagy a gépészmérnök határoz meg, és a szerkezetre állandó jelleggel hat. Ilyen teher lehet az egyre gyakoribb „zöld” tető súlya (pl. adott vastagságú földréteg), vagy a villamossági, illetve a gépészeti berendezések súlyai (pl. speciális világítási berendezések, esetleg klímaberendezések, stb. súlyai). A teher intenzitását, megoszlásnak jellegét, illetve a hatáspontját egyedileg kell meghatározni.

T.1.4 A hóteher

A szerkezetek hóterheit az **EN 1991-1-3** szabvány kötet tartalmazza. A szabvány magyarországi bevezetéséhez elkészült a nemzeti melléklet (NA), aminek értelmében a hóterhet mint rendkívüli hatást is számításba kell venni. Ennek megfelelően az **EN 1990** szabvány rendkívüli teherkombinációkra vonatkozó előírásai is érvényesek a hóteher esetén. A hóteher értéke tartós és ideiglenes tervezési állapotokra:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

ahol

- s a tető hóterhe vízszintes vetületre vonatkoztatva [kN/m^2];
 μ_i az alaki tényező;
 C_e a szélhatás tényező;
 C_t a hőmérsékleti tényező;
 s_k a felszíni hóteher karakterisztikus értéke a vizsgált helyen [kN/m^2].

A felszíni hóteher karakterisztikus értékét Magyarország területén a következőképpen kell felvenni (NA1.5 szerint):

$$s_k = 0,25 \left(1 + \frac{A}{100} \right) \cdot \left[\frac{kN}{m^2} \right]$$

$$s_k \geq 1,25 \frac{kN}{m^2}$$

ahol A [m] az építési terület talajfelszínének adriai tengerszint feletti magassága. A C_e **szélhatás tényező** értéke a terepviszonyok függvényében:

- szeles terep esetén: $C_e = 0,8$
- szokásos terep esetén: $C_e = 1,0$
- védett terep esetén: $C_e = 1,2$

Szeles terep

olyan sík, akadálymentes terület, ahol az épület valamennyi oldalán legfeljebb a terep magasabb építményei vagy a fák nyújtanak elhanyagolható mértékű védelmet;

Szokásos terep

olyan terület, ahol a terepviszonyok, a szomszédos építmények vagy a fák miatt a szél nem hordja el jelentős mértékben a havat az épület tetőszerkezetéről;

Védett terep

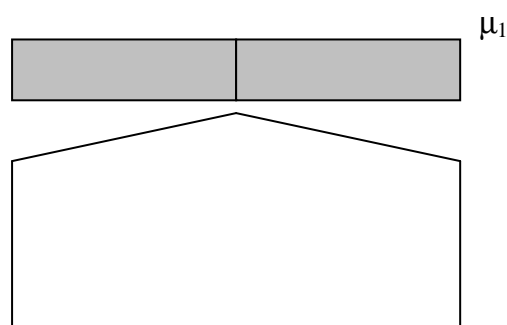
olyan terület, amelyen a vizsgált épület sokkal alacsonyabban helyezkedik el a környező terepnél, illetőleg ahol magas fák és/vagy magasabb építmények fogják közre az épületet;

Amennyiben a hó lecsúszását a tetőről semmi sem akadályozza meg, akkor a μ_i **alaki tényező** nyeregtető esetén az alábbi táblázat alapján határozható meg:

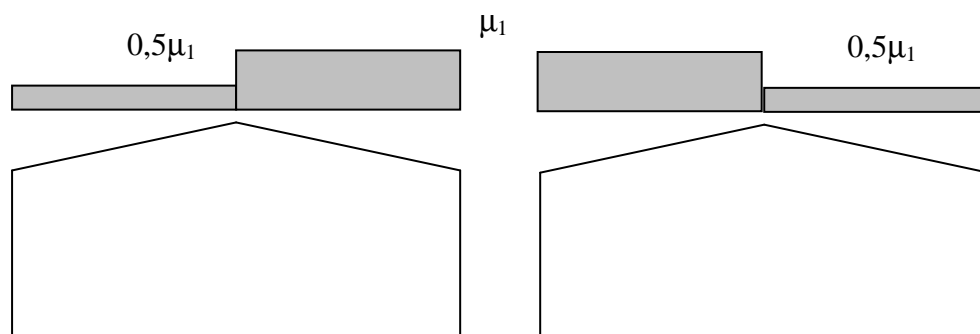
A tető hajlásszöge (α)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0,0

A hóteher eloszlása szerint az alábbi három eset lehetséges:

- totálisan megoszló hóteher:



- féloldalas hóteher:



Ha a tetőn hófogó vagy más, a hó mozgását akadályozó elem található, illetőleg ha a tető alsó szélét fal zárja le, akkor a hóteher alaki tényezője legalább 0,8. Más esetekben (pl. csatlakozó tetőknél) a **hó felmalmozódás hatását rendkívül gondosan elemzés alapján kell figyelembe venni!**

A C_t **hőmérsékleti tényezőt** a nagy ($> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$) hő átbecsátási tényezőjű tetők, különösen egyes üvegtetők hő vesztesége miatt bekövetkező hóolvadás figyelembevételére alkalmazzuk. Minden más esetben $C_t = 1,0$.

A hóteher függetlennek kell feltételezni (gravitációs teher), és a tetőfelület vízszintes vetületére kell vonatkoztatni. Ahol a hó eső hullhat, és annak következtében a hó megolvadhat, majd megfagyhat, ott a tető hóteherét célszerű növelni, különösen akkor, ha a hó és a jég eltorlaszolja a tető csapadékvíz-elvezető rendszerét. A hó átlagos halmazsűrűsége - kizárólag tájékoztató adatként - a következő:

A hó típusa	A hó halmazsűrűsége [kN/m ³]
friss hó	1,0
megüledett hó (a havazás után több órával vagy nappal)	2,0
régi hó (a havazás után több héttel vagy hónappal)	2,5 - 3,5
nedves hó	4,0

Magyarország területén a rendkívüli felszíni hóterhet az **EN 1991-1-3:2005 NA 1.2** paragrafusa szerint **rendkívüli hatásnak is kell tekinteni, azonban a tervezési feladat kapcsán ezt az esetet nem vizsgáljuk.** A következő bekezdésben csak a teljesség kedvéért írjuk le a rendkívüli hóteher meghatározását.

A rendkívüli felszíni hóteher az a teher, amelyet a rendkívül kis valószínűséggel előforduló hóesés következtében a felületen kialakuló hóréteg okoz. A rendkívüli felszíni hóteher képlete:

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

ahol $s_{Ad} = C_{esl} s_k$ a rendkívüli felszíni hóteher tervezési értéke az adott helyen [kN/m²] mértékegységben, és ahol C_{esl} a **rendkívüli hóteher tényezője** (a magyar nemzeti melléklet szerint 2,0). A terhek és hatások kombinációja rendkívüli tervezési állapotokban az MSz **EN 1990 6.4.3.3 pontja** (6.11.b képlete) alapján:

$$\sum G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ vagy } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

$G_{k,j}$ az állandó teher;

P a feszítésből származó teher (acélszerkezetek esetén általában zérus);

A_d a rendkívüli teher;

$(\psi_{1,1} \text{ vagy } \psi_{2,1})$ a Ψ tényezők közül (a szabvány szerint) a rendkívüli tervezési állapot jellegétől függően kell kiválasztani a tervező mérlegelése alapján; jelen feladatban a Ψ_2 alkalmazását javasoljuk;

$Q_{k,1}$ a kiemelt esetleges teher;

$Q_{k,i}$ a többi esetleges teher.

Összehasonlítás képpen megadjuk a terhek és hatások kombinációját tartós és ideiglenes tervezési állapotokra az **EN 1990 6.4.3.2 pontja** (6.10 képlete) alapján (alapkombinációk):

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

γ_G az állandó teher parciális tényezője (acélszerkezet esetén: **1,35**);

γ_p a feszítésből származó teher parciális tényezője;

$\gamma_{Q,i}$ az i -edik esetleges teher parciális tényezője (szél és hóteher esetén: **1,5**);

$\Psi_{0,i}$ a kombinációs tényező (hóteher esetén: **0,5** ; szélteher esetén: **0,6**).

Épületek hóterhének számításánál Magyarországon az alábbi Ψ tényezőket kell figyelembe venni (NA 1.6. szakasza):

Ψ_0 az esetleges hatás kombinációs értékét megadó tényező (**0,5**)

Ψ_1 az esetleges hatás gyakori értékét megadó tényező (**0,2**)

Ψ_2 az esetleges hatás kvázi állandó értékét megadó tényező (**0,0**)

T.1.5 A szélteher

A szélteher a szerkezet, illetve a szerkezeti elem felületére merőlegesen ható nyomó, illetve szívó hatás. A hatás a felület **külső** és **belső** felületén is jelentkezhet. A normálirányú hatás mellett létrejöhet az érintőleges súrlódó hatás is. A szélhatást egyszerűsített teherelrendezéssel vesszük figyelembe, amely egyenértékű a turbulens szél szélsőséges hatásával. A szélteher esetleges tehernek számít. A szélhatásból származó teher karakterisztikus értékét az MSz **EN 1993-1-4 szabványkötet** szerint a szélesebbég alapértékéből kell meghatározni. A szél hatása egy adott épületen általánosságban az alábbi paramétereiktől függ:

- az épület mérete;
- az épület alakja;
- az épület dinamikai tulajdonsága.

A **külső** illetve a **belső** felületre ható szélnyomást az alábbi képletekkel kell kiszámítani:

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

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

ahol

$q_p(z)$ - a szélső értékű szélesebbéghez tartozó nyomás;

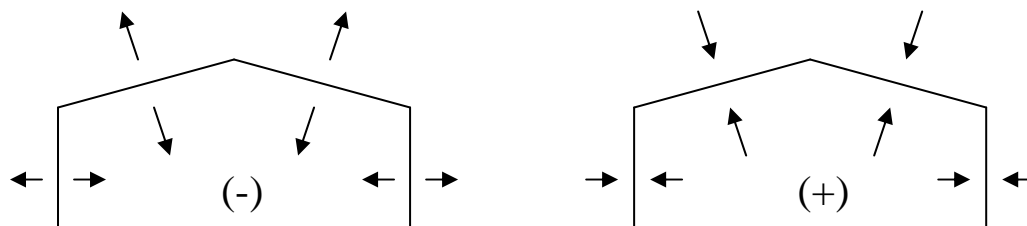
z_e - a külső referencia magasság;

z_i - a belső referencia magasság;

c_{pe} - a külső nyomási tényező;

c_{pi} - a belső nyomási tényező.

Az alábbi ábrák szerint a pozitív előjelű szélnyomás a felület irányába hat, a negatív attól elfele (szélszívás):



A szélnyomás kifejezéseiben szereplő paraméterek számítását az alábbiakban foglaljuk össze.

A *referencia magasságok* felvételénél a következő szabályokat kell alkalmazni:

- amennyiben az épület **magassága** (h) nem nagyobb, mint a szél támadta felület **oldalhossza** (b):

$$\frac{h}{b} \leq 1 \text{ esetén teljes magasságban } z_e = h \text{ és } z_i = z_e;$$

- amennyiben az épület magassága (h) nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b), de kisebb, mint annak kétszerese:

$$1 < \frac{h}{b} < 2 \text{ esetén } b \text{ magasságig } z_e = b \text{ és } z_i = z_e; (b-h) \text{ sávban } z_e = h \text{ és } z_i = z_e$$

Ebben az esetben az 1-3. számú mellékletek helyett más táblázatokat kell használni! **A feladat kapcsán ezzel az esettel nem foglalkozunk.**

T.1.5.1 A szélső értékű szélesebességhez tartozó szélnyomás

A szélső értékű szélesebességhez tartozó nyomás számítása az alábbiak szerint történik:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

ahol

$c_e(z)$ - a **helyszíntényező**;

q_b - az **alap értékű szélesebességhez tartozó nyomás**.

A kifejezésben szereplő paraméterek számítását a következők szakaszokban írjuk le.

T.1.5.1.1 Az alap értékű szélesebességhez tartozó nyomás

A szélesebesség alapértékéből keletkező nyomást az alábbiak szerint kell meghatározni:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_m^2(z)$$

ahol a levegő sűrűsége:

$$\rho = 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

és a szélesség átlagos értéke

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

ahol

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \quad \text{az alap értékű szélesség;}$$

$$c_r(z) \quad \text{az érdességi tényező;}$$

$$c_0(z) \quad \text{a hegyrajzi tényező.}$$

A hazai szabályozás szerint (Magyar NA) az alap értékű szélesség az ország egész területén $v_{b,0} = 23,6 \frac{m}{s}$, illetve $C_{dir}=0,85$ és $C_{season}=1,0$ alkalmazható. Amennyiben az építési terület sík vidéken fekszik (a lejtés nem nagyobb, mint 5%), a hegyrajzi (topográfiai) tényező $c_0(z) = 1,0$ lehet.

Az **érdességi** tényező a referencia magasság függvényében a következő:

$$- \text{ ha } z < z_{min} \text{ akkor } c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)$$

$$- \text{ ha } z \geq z_{min} \text{ akkor } c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

ahol a **tereptényező**:

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

és ahol $z_{0,II} = 0,05[m]$, lásd az alábbi helyszínek kategória táblázatban a II. kategóriát.

A fenti kifejezésekben a z_0 az érdességi hossz és z_{min} a minimális magasság, melyek a helyszínek kategória függvényében az alábbi táblázat szerint megadott állandók:

helyszínek kategória		z_0 (m)	z_{min} (m)
I	tavak és sík vidékek elhanyagolható növényzettel	0,01	1
II	kevés növényzet, elszórtan fák és épületek	0,05	2
III	összefüggő növényzettel takart vidék (falu, előváros, erdőség)	0,3	5
IV	a terület min. 15%-a fedett épületekkel, amelyek átlagos magassága több, mint 15 m	1,0	10

T.1.5.1.2 A helyszíntényező

A **helyszíntényező** azt mutatja meg, hogy a szélső értékéhez tartozó nyomás (q_p) hányszorosa az alap szélső értékéhez tartozó nyomásnak (q_b). A tényező a következő képlettel számítható:

$$c_e(z) = (1 + 7 \cdot I_v(z)) \cdot c_r^2(z) \cdot c_0^2(z)$$

ahol a **turbulencia intenzitása**:

$$\text{- ha } z < z_{min} \text{ akkor } I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right)}$$

$$\text{- ha } z \geq z_{min} \text{ akkor } I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}$$

A turbulencia tényező más előírás hiányában $k_I = 1,0$.

T.1.5.2 A külső nyomási tényező

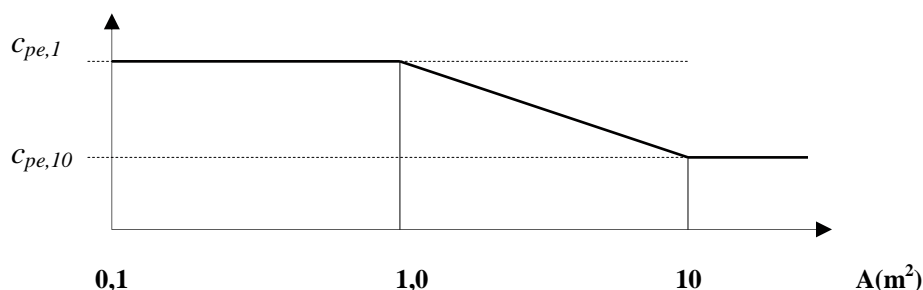
A külső nyomási tényező a referencia magasság függvénye, és függ a referencia területtől is. Az utóbbi vonatkozásában a szabvány két értéket határoz meg a **külső nyomási tényezőre**:

$c_{pe,1}$ - az **1m²** referencia területhez tartozó érték (a szélhatásnak közvetlenül kitett szerkezeti elemek tervezéséhez használjuk, pl. a tető héjszerkezete esetén);

$c_{pe,10}$ - a **10 m²** referencia területhez tartozó érték (pl. a főtartó keret tervezésénél).

A két érték közötti **A m²** referencia területre logaritmus alapú interpolációt kell alkalmazni:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \cdot \lg_{10} A$$



A külső nyomási tényezőt a szabvány táblázatok formájában adja meg. Az alábbiakban az egyszerű szimmetrikus nyeregtetős épületre vonatkozó táblázatokat ismertetjük:

- [szélhatás a függőleges helyzetű falakon](#) (1. Melléklet)
- [\$\theta=0^\circ\$ keresztirányú szélhatás a tető felületén](#) (2. Melléklet)
- [\$\theta=90^\circ\$ hosszirányú szélhatás a tető felületén](#) (3. Melléklet)

Elsősorban a keresztirányú szélteher tetőre vonatkozó nyomási tényező táblázatában találunk olyan esetet, amikor egy sorban két (egy + és egy -) érték szerepel. Fontos szabály, hogy egy összefüggő tetősíkon (jelen esetben a fél tetőn) a sorokat vegyesen nem lehet alkalmazni. Nézzünk egy példát a táblázat értelmezésére. Az 5^0 -os tetőhajlás esetén a táblázat megfelelő sora négy kombinációt határoz meg:

α	zónák									
	F		G		H		I		J	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5/1	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
5/2	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
5/3	0	0	0	0	0	0	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
5/4	0	0	0	0	0	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6

A táblázat mechanikus alkalmazása a kombinációk nagy száma miatt csak a gépi (automatikus) kombinálás esetén javasolt. Egyszerű csarnokok esetén a mérnöki megfontoláson alapuló teherfelvételnél például a fenti táblázatból nagy valószínűséggel csak az 5/2 jelű - a szélszívásra mértékadó - esettel célszerű foglalkoznunk. Természetesen különleges esetekben (például egy igen könnyű szerkezet esetén) az 5/4 jelű aszimmetrikus szélteher is mértékadó lehet.

T.1.5.3 A belső nyomási tényező

Alapszabály, hogy **a belső nyomás a külső nyomással egy időben hat**. A c_{pi} belső nyomási tényező az épületen található nyílások (elsősorban ablakok és ajtók, illetve kapuk) méretétől és eloszlásától függ. Az alább ismertetett szabályok **nem vonatkoznak** arra az esetre, amikor legalább két felületen (oldalfal és/vagy tetősík) a nyílások aránya külön-külön meghaladja a 30%-ot.

Amennyiben domináns felülete van az épületnek (domináns egy felület, ha a rajta található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének kétszeresét; pl. bizonyosan domináns felület egy hangár bejárati oldala), akkor rendkívüli tervezési körülményként kell kezelni az esetet, amikor a belső szélnyomás felvételét az alábbi szabályok határozzák meg:

- a domináns felületen található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének **kétszeresét**:

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

- a domináns felületen található nyílások összes felülete meghaladja a többi felületen található nyílások összes felületének **háromszorosát**:

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

Amennyiben a c_{pe} külső nyomási tényező változik a felületen, akkor az átlagértékkel lehet számolni.

Amennyiben **az építmény nem tartalmaz domináns felületet**, és a **nyílások eloszlása egyenletes**, akkor a belső nyomási tényező számítása az alábbiak szerint történik:

- $h/d \leq 0,25$ esetén:
 - ha $\mu \leq 0,33$ akkor $c_{pi} = 0,35$
 - ha $\mu > 0,9$ akkor $c_{pi} = -0,3$
 - ha $0,33 < \mu \leq 0,9$ akkor $c_{pi} = 0,726 - 1,14\mu$
- $h/d \geq 1,0$ esetén:
 - ha $\mu \leq 0,33$ akkor $c_{pi} = 0,35$
 - ha $\mu > 0,95$ akkor $c_{pi} = -0,5$
 - ha $0,33 < \mu \leq 0,95$ akkor $c_{pi} = 0,802 - 1,37\mu$

A kifejezésekben található μ **nyíláshányadot** az alábbi képlettel kell kiszámítani,

$$\mu = \frac{\sum A_{negatív}}{\sum A}$$

ahol $\sum A_{negatív}$ azon nyílások felületének összege, amelyek negatív vagy zérus c_{pe} értékkel rendelkező felületen található, és ahol $\sum A$ az összes nyílás felülete.

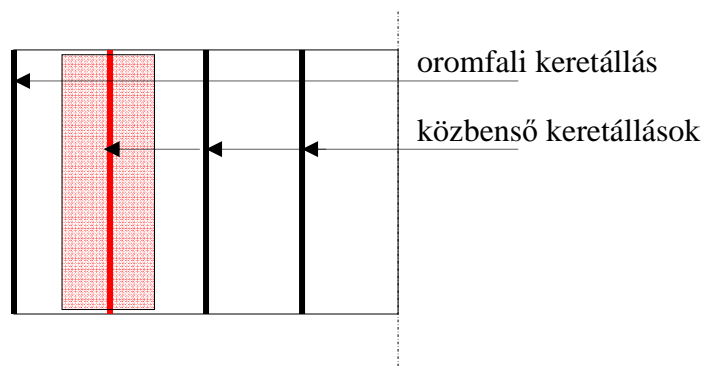
A **referencia magasságok** felvételénél a következő szabályokat kell alkalmazni:

- amennyiben az épület magassága (h) nem nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b):
 $\frac{h}{b} \leq 1$ esetén: teljes magasságban $z_e = h$ és $z_i = z_e$;
- amennyiben az épület magassága (h) nagyobb, mint a szél támadta felület oldalhossza (b), de kisebb, mint annak kétszerese:
 $1 < \frac{h}{b} < 2$ esetén: b magasságig $z_e = b$ és $z_i = z_e$; a (b-h) sávban $z_e = h$ és $z_i = z_e$

T.1.5.4 A tervezési szélteher eseteinek felvétele a gyakorlatban

A tetőre vonatkozó külső nyomási tényező helyfüggősége miatt a csarnokon belüli egyes keretekre különböző nagyságú szélteher hathat. Általában a biztonságos, illetve a gazdaságos

tervezés javára döntünk, ha az összes keretet az alábbi ábrán jelzett oromfaltól számított második keretálláshoz tartozó tervezési szélteherre méretezzük:



A méretezésre kijelölt keretállásra az alábbi főbb szélteher eseteket kell figyelembe venni (az ábrák a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10m^2$ esethez tartoznak, és csak **tájékoztató** jellegűek):

- [keresztirányú \(\$\theta=0^\circ\$ \) szélhatásból külső szélnyomás](#) (4. Melléklet)
- [keresztirányú \(\$\theta=0^\circ\$ \) szélhatásból külső + belső szélnyomás](#) (5. Melléklet)
- [hosszirányú \(\$\theta=90^\circ\$ \) szélhatásból külső szélnyomás](#) (6. Melléklet)
- [hosszirányú \(\$\theta=90^\circ\$ \) szélhatásból külső + belső szélnyomás](#) (7. Melléklet)

A fenti fő eseteken belül további esetek is lehetségesek. Például a fenti alapadatok esetén a szélteher 10 különböző teheresetet jelent, amennyiben a szimmetriát is kihasználjuk (azaz a két fő szélirányon belül csak egy-egy irányt veszünk számításba).

A keretszerkezetre, vagy annak szerkezeti elemére ható szélerő a felületre ható szélnyomás ismeretében az alábbi összefüggések alapján számítható:

- külső szélerő:
$$F_{w,e} = c_s c_d \sum_{felület} w_e \cdot A_{ref}$$

- belső szélerő:
$$F_{w,i} = \sum_{felület} w_i \cdot A_{ref}$$

- súrlódási szélerő:
$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr}$$

ahol A_{ref} a felület referencia értéke, A_{fr} a széliránnyal párhuzamos külső felület (csarnokot érő hosszirányú szélhatás esetén a $2b$ és a $4h$ közül a kisebbik, ahol b a csarnok szélessége, h a tetőtárcsá magassága). A $c_s c_d$ szerkezeti tényező a **15 m-nél** alacsonyabb épületek esetén **1,0**. A c_{fr} súrlódási tényező a felületi kiképzéstől függően $0,1-0,4$ között vehető fel. A feladat kapcsán a $0,3$ érték felvételét javasoljuk. A teher értelemszerűen a **szerkezeti elem tengelye mentén megoszló teherként** is felvehető. A feladat kapcsán szelemenés tetőszerkezeti kialakítás esetén is az egyszerűség érdekében a megoszló teher alkalmazását javasoljuk.

T.2 A terhek számítógépes modellezése

T.2.1 A tervezési teherkombinációk összeállítása

A terhek és hatások kombinációja tartós és ideiglenes tervezési állapotokban (alapkombinációk) az **EN 1990 6.4.3.2.** pontja (6.10 képlete) alapján az alábbi formulával írható le:

$$\sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,l} \cdot Q_{k,l} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

ahol

- γ_G az állandó teher parciális tényezője (acélszerkezet esetén: **1,35**)
- γ_p a feszítésből származó teher parciális tényezője
- $\gamma_{Q,i}$ az i -edik esetleges teher parciális tényezője (szél és hóteher esetén: **1,5**)
- $\psi_{0,i}$ a kombinációs tényező (hóteher esetén: **0,5** ; szélteher esetén: **0,6**)

A kombinációk száma függ az egyes teherfajtákon belül figyelembe veendő teheresetek számától. A tervezési gyakorlatban a kombinációk felvételére két módszert alkalmazunk:

- teherkombinációk **automatikus** összeállítása;
- teherkombinációk összeállítása **mérnöki megfontolás** alapján.

Az első **automatikus** módszer tipikusan számítógépi eljárás, mivel egyszerű szimmetrikus nyeregtetős keret esetén a kombinációk száma meghaladhatja a százat is. A módszer gépi megvalósítása egyszerű, de több hátránya lehet: (1) minden kombinációra külön-külön el kell végezni a másodrendű (ugyanis ekkor nem érvényes a szuperpozíció elve); (2) a sok adat miatt az eredmények áttekintése nehéz lehet a mérnök számára. A második „**mérnöki**” módszert a vezető tervezők többsége előnyben részesíteni, mivel egyszerű megfontolások után – a nem mértékadó kombinációk megérzésen alapuló kizárásával - jelentősen csökkenthető a kombinációk száma, és a feladat áttekinthetővé válik. A módszer alapján az egyszerű csarnokszerkezetnél a következő teherkombinációk lehetnek mértékadóak:

1. állandó + hó
2. állandó + hó (kiemelt) + szél_1
3. állandó + hó (kiemelt) + szél_2
4. állandó + hó (kiemelt) + szél_3
5. állandó + hó (kiemelt) + szél_4
6. állandó + szél_5
7. állandó + szél_6

ahol a hóteher mindig totális, és a hat szélteher eset a következő:

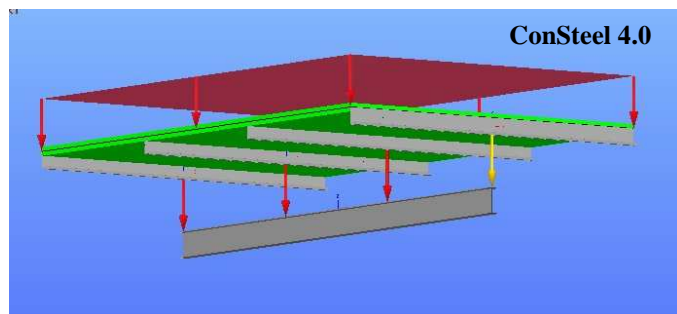
- **szél_1**: keresztirányú szélhatásból a külső szélnyomás (A) esetei közül a hó hatását legkevésbé csökkentő eset;
- **szél_2**: keresztirányú szélhatásból a külső+belső szélnyomás (B) esetei közül a hó hatását legkevésbé csökkentő eset;

- **szél_3:** hosszirányú szélhatásból a külső szélnyomás (C) esetei közül a hó hatását legkevésbé csökkentő eset;
- **szél_4:** keresztirányú szélhatásból a külső+belső szélnyomás (D) esetei közül a hó hatását legkevésbé csökkentő eset;
- **szél_5:** keresztirányú szélhatásból a külső (A) vagy a külső+belső (B) szélnyomás esetei közül az állandó teher hatását leginkább semlegesítő eset (a mértékadó szélszívás esete);
- **szél_6:** hosszirányú szélhatásból a külső (C) vagy a külső+belső (D) szélnyomás esetei közül az állandó teher hatását leginkább semlegesítő eset (a mértékadó szélszívás esete);

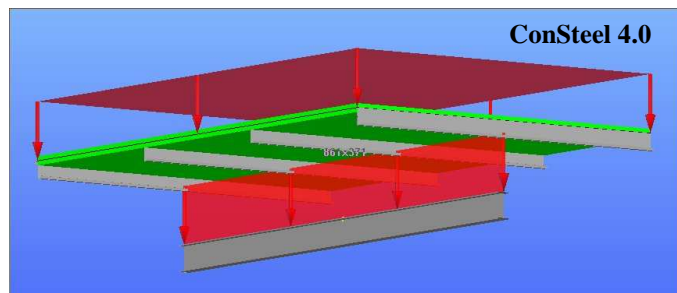
A fenti leírás csak tájékoztató jellegű, alkalmazása a felelős tervező felelőssége (ugyanis felelős döntést csak konkrét esetben lehet hozni). Ugyanakkor az eddigi gyakorlati tapasztalatunk alapján állíthatjuk, hogy a szokásos méretű hazai csarnokok esetén a fenti kombinációk lefedik a szerkezet tervezését meghatározó kombinációkat.

T.2.2 A terhek felvétele

A keret szerkezeti modelljén a szabványos terheket pontban koncentrált erőkként, vagy vonal menti megoszló erőkként lehet felvenni. Szelemenese, illetve falváz gerendás héjszerkezet esetén a felületen ható hatásokból származó terhek (héjszerkezet súlya, hőteher, szélteher) a keret szerkezeti elemein (oszlopon, gerendán) a valóságban pontban ható koncentrált erők formájában adódnak át:



Viszonylag sűrű szelemenezés esetén megengedhető közelítés, hogy a terheket az elem mentén **megoszló teherrel** vegyük fel:



A terhek felvétele az egymástól független teheresetek felvételével kezdődik. A T.2.1 pontban feltételezett egyszerű keret- és tehermodell esetén a következő **tehereseteket** kell felvenni:

1. állandó (+automatikusan számított önsúly)
2. hó
3. szél_1
4. szél_2
5. szél_3
6. szél_4
7. szél_5
8. szél_6

A fenti teheresetből a teherbírási határállapotok ellenőrzéséhez a **teherkombinációk** (ld. T.2.1 pontot) a megfelelő parciális és kombinációs tényezőkkel hozhatók létre:

1. $1,35 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{hó}$
2. $1,35 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{hó} + 0,6 \times 1,5 \times \text{szél}_1$
3. $1,35 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{hó} + 0,6 \times 1,5 \times \text{szél}_2$
4. $1,35 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{hó} + 0,6 \times 1,5 \times \text{szél}_3$
5. $1,35 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{hó} + 0,6 \times 1,5 \times \text{szél}_4$
6. $1,0 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{szél}_5$
7. $1,0 \times \text{állandó} + 1,5 \times \text{szél}_6$

A másodrendű számítás esetén a szuperpozíció elve nem alkalmazható, ezért a fenti kombinációkra külön-külön el kell végezni a másodrendű számítást.

Kapcsolódó segédanyag:

www.hsz.bme.hu

(Építő_2000/magasépítési acélszerkezetek/Gyakorlat)

Csarnokszerkezet szélteher esetei: Számpélda

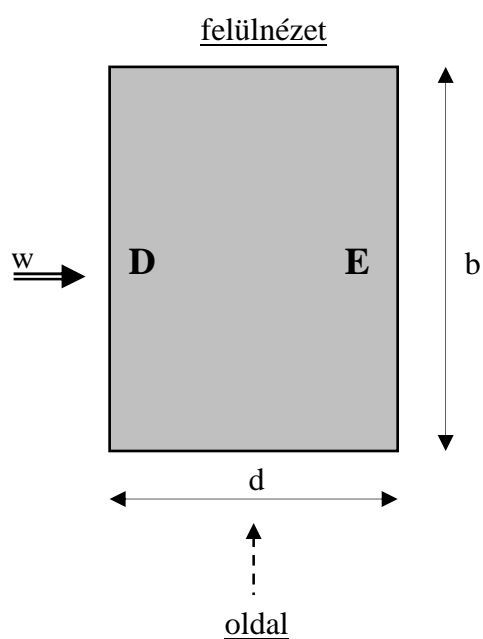
Kapcsolódó Web-alapú segédanyag:

www.earecon.com/eLearning

(Tudásbázis/Keret illetve Segédlet/Keret)

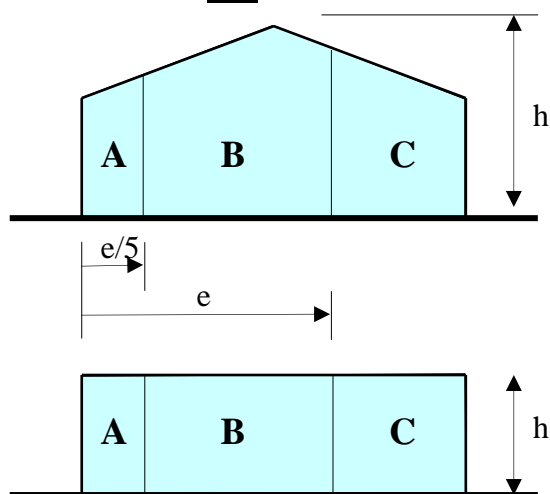
1. melléklet: Külső nyomási tényező a függőleges helyzetű falakon (csak $h < b$ esetén érvényes!)

h/d	zónák									
	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
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	

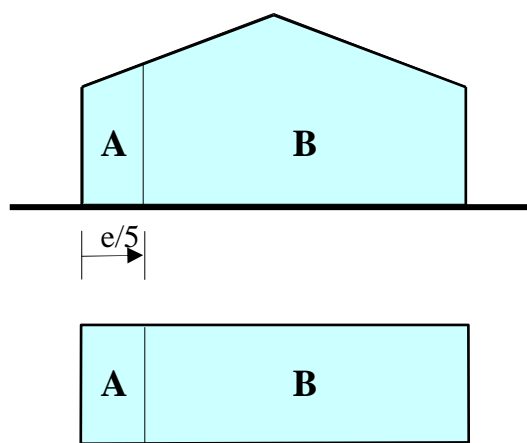


$$e = \min(b; 2h)$$

Oldal zónák $e \leq d$ esetén:



Oldal zónák $e \geq d$ esetén:

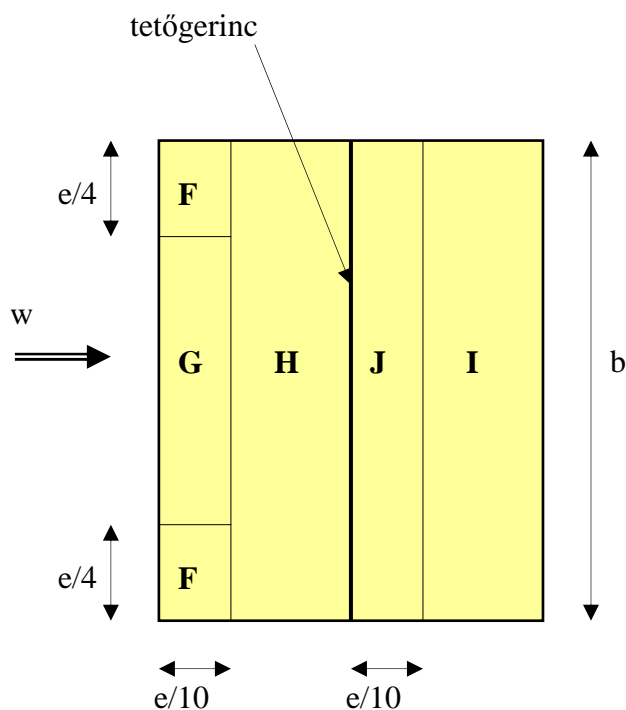
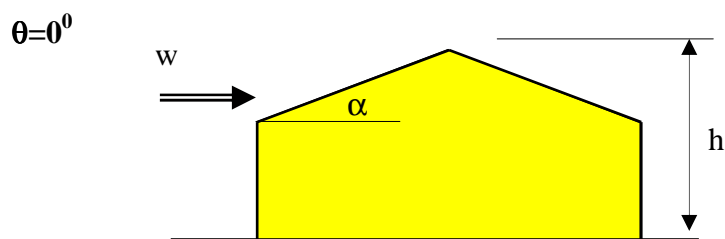


2. Melléklet: Külső nyomási tényező a tető felületén a $\theta=0^0$ keresztirányú szélhatásból (csak $h < b$ esetén érvényes!)

α	zónák									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
0^*	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2
							-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
5	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6	-0,6	+0,2	+0,2
	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0			-0,6	-0,6
10^{**}	-1,3	-2,25	-1,0	-1,75	-0,45	-0,75	-0,5	-0,5	-0,4	-0,65
	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1			-0,3	-0,3
15	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-1,0	-1,5
	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0

* az éles párkánnyal rendelkező (parapet vagy lekerekítés nélküli) lapos tető esete ($\alpha=5^0$ -ig)

** lineáris interpoláció az $\alpha=5^0$ és az $\alpha=15^0$ tetőhajláshoz adott értékek között



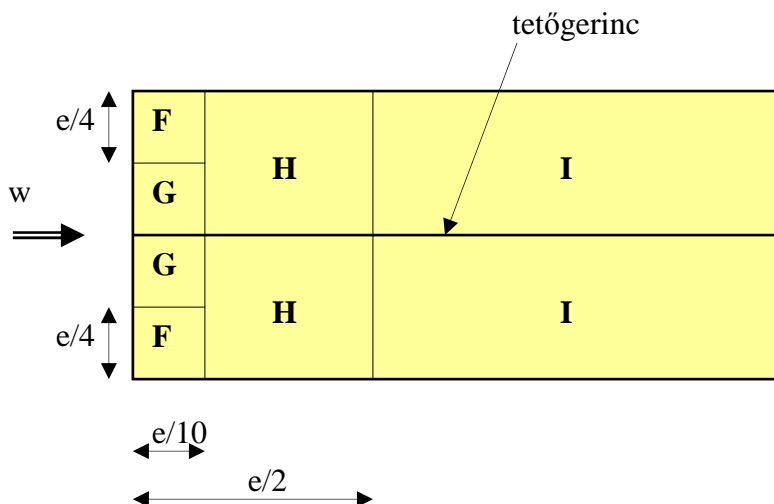
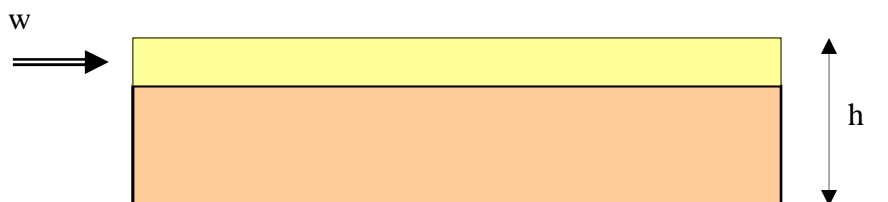
3. Melléklet: Külső nyomási tényező a tető felületén a $\theta=90^\circ$ hosszirányú szélhatásból (csak $h < b$ esetén érvényes!)

α	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
0*	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	+0,2
							-0,2	-0,2
5*	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-0,6
10**	-1,45	-2,1	-1,3	-2,0	-0,65	-1,2	-0,55	-0,55
15	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-0,5

* az éles párkánnyal rendelkező (parapet vagy lekerekítés nélküli) lapos tető esete

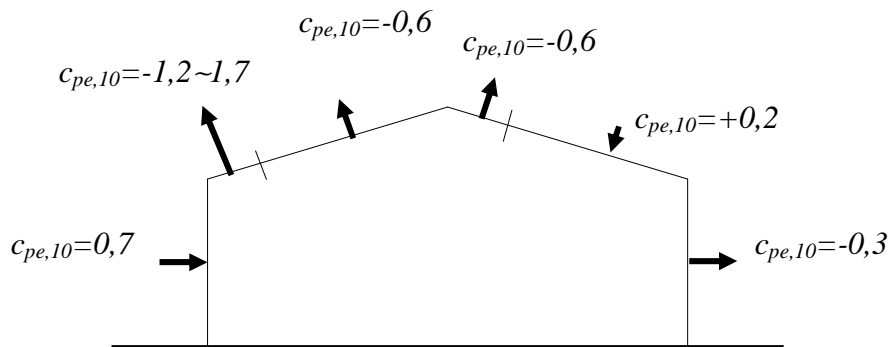
** lineáris interpoláció az $\alpha=5^\circ$ és az $\alpha=15^\circ$ tetőhajláshoz adott értékek között

$\theta=90^\circ$

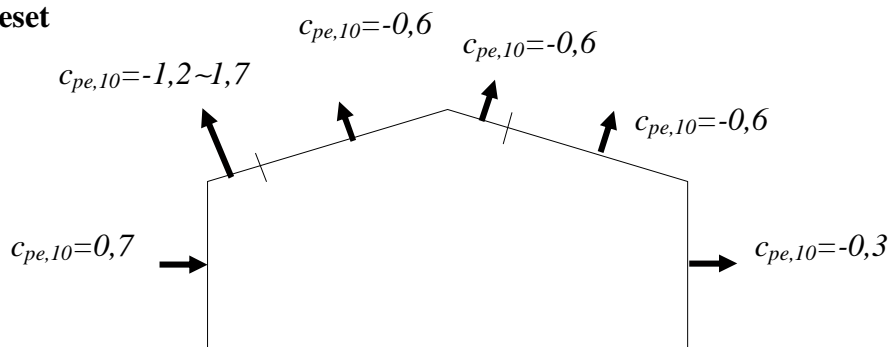


4. Melléklet: Keresztirányú szélhatásból külső szélnyomás a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10\text{m}^2$ esetben

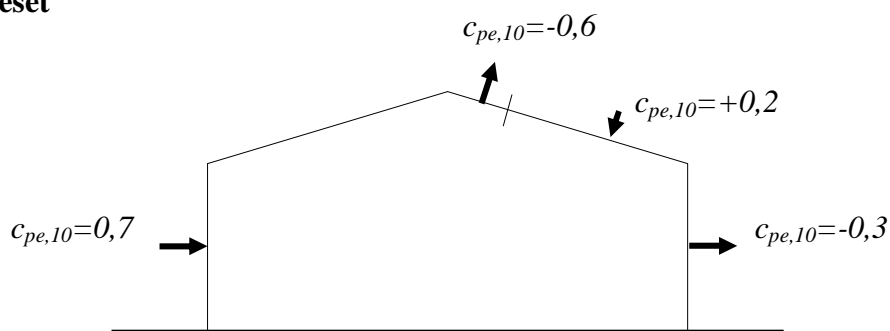
1. eset



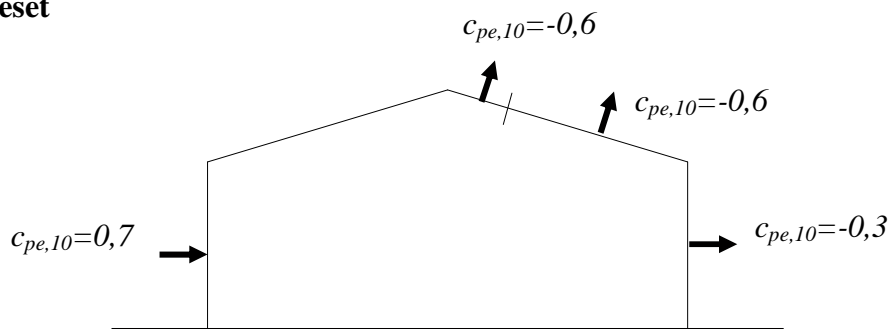
2. eset



3. eset

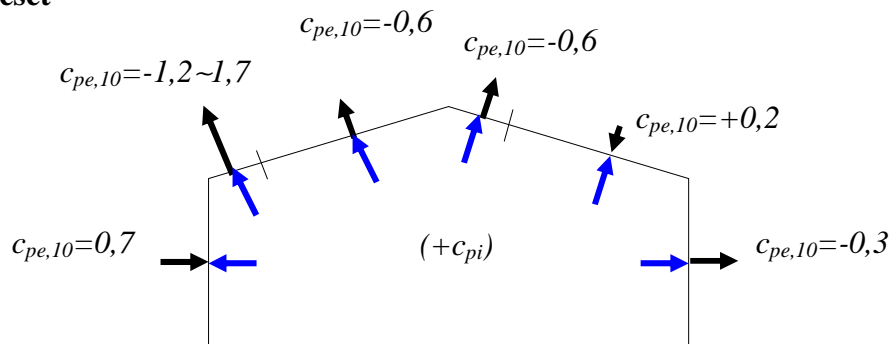


4. eset

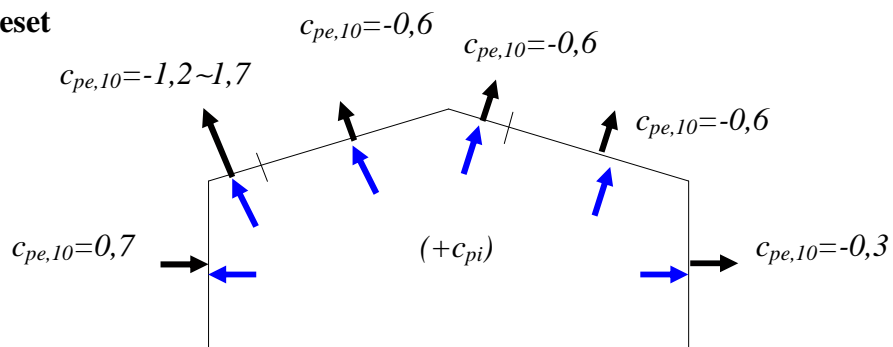


5. Melléklet: Keresztirányú szélhatásból külső+belső szélnyomás a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10m^2$ esetben

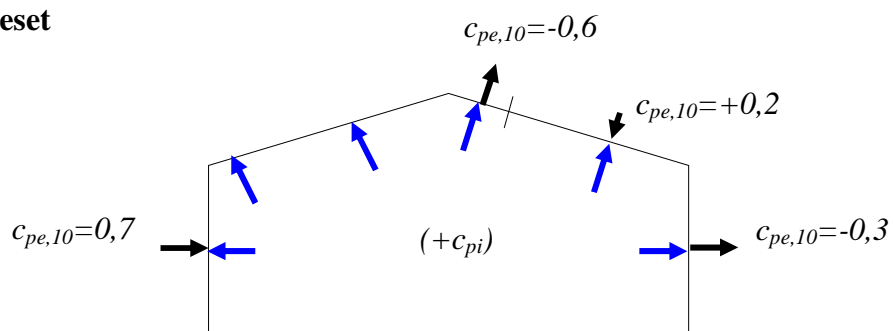
1. eset



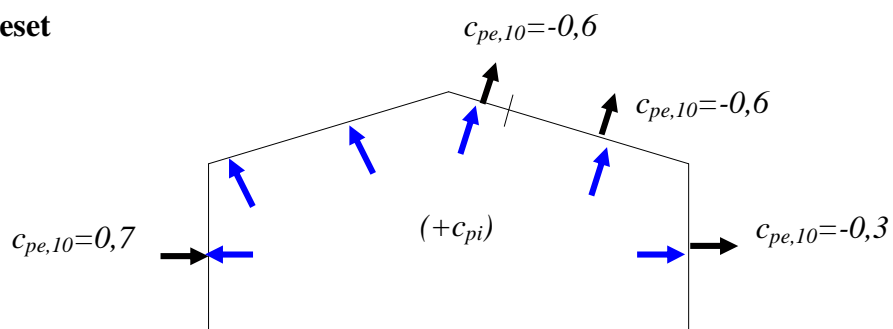
2. eset



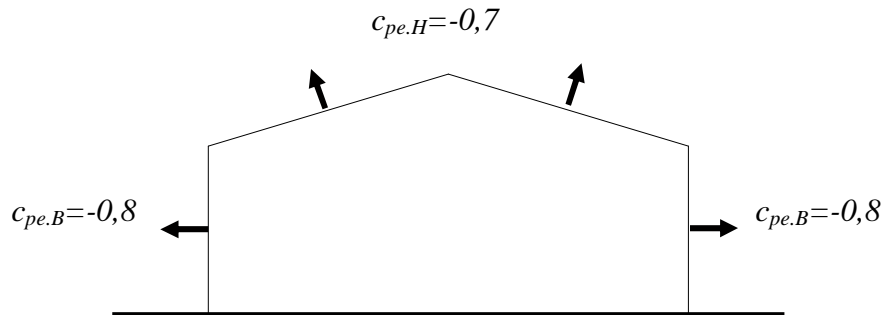
3. eset



4. eset



6. Melléklet: Hosszirányú szélhatásból külső szélnyomás a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10m^2$ esetben



7. Melléklet: Hosszirányú szélhatásból külső+belső szélnyomás a $h/d < 0,25$, $\alpha = 5^\circ$ és $A > 10m^2$ esetben

