



**Magyar Tűzvédelmi Szövetség**

1142. Budapest, Erzsébet királyné útja 67.  
Tel., Fax: 221-6114, 460-0929  
Email: [tszvsz@tszvsz.hu](mailto:tszvsz@tszvsz.hu)

# Hő- és füstelvezetés, elmélet-gyakorlat

*Szikra Csaba tudományos munkatárs  
BME Építészmérnöki Kar  
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék  
[szikra@egt.bme.hu](mailto:szikra@egt.bme.hu)  
2012.*

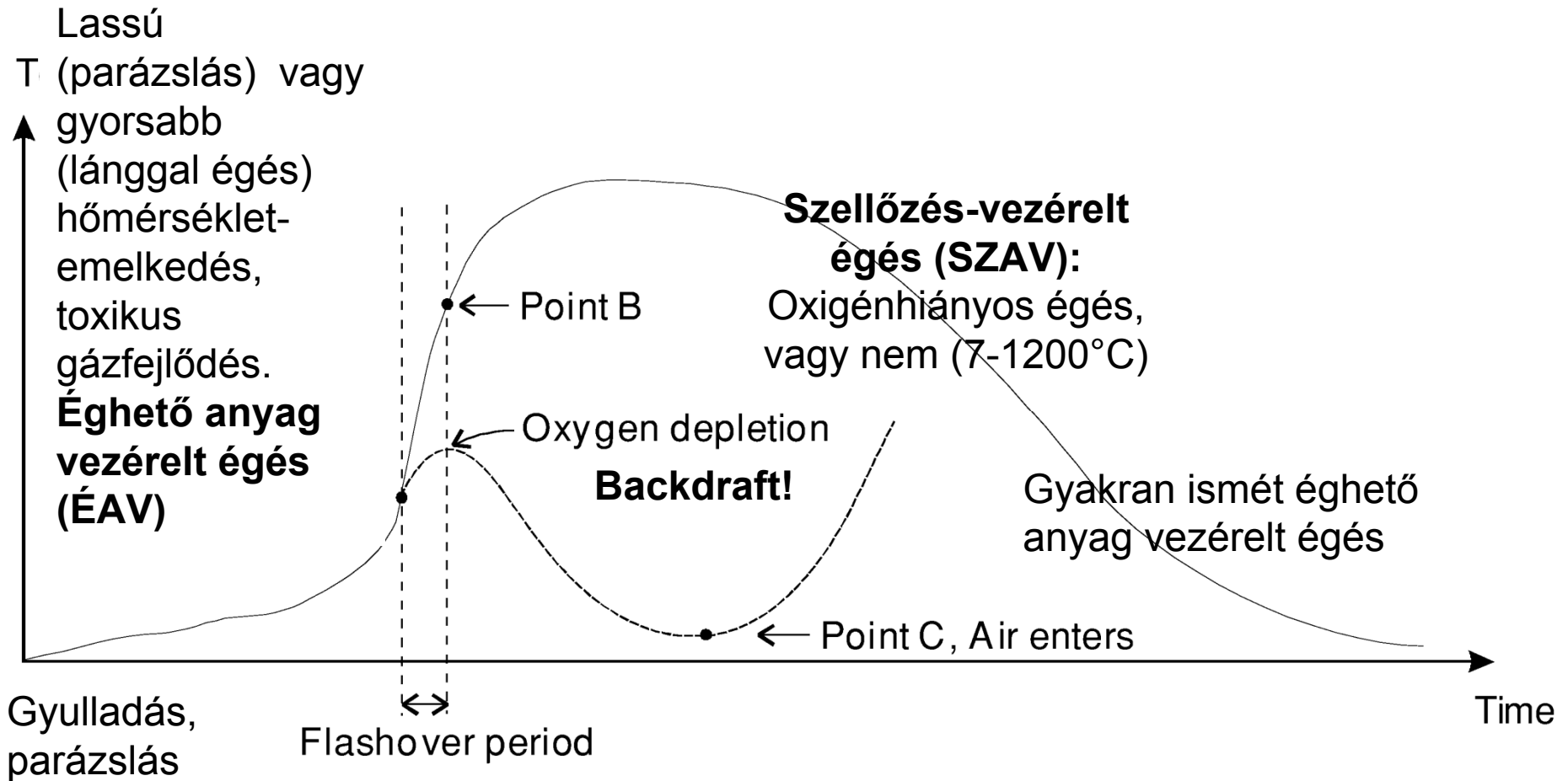


Mérnöki  
módszerek  
alkalmazásának  
lehetőségei



# Zárt téri tüzek lefolyása

Hőmérséklet időbeli alakulása (szerkezeti stabilitás vizsgálat)



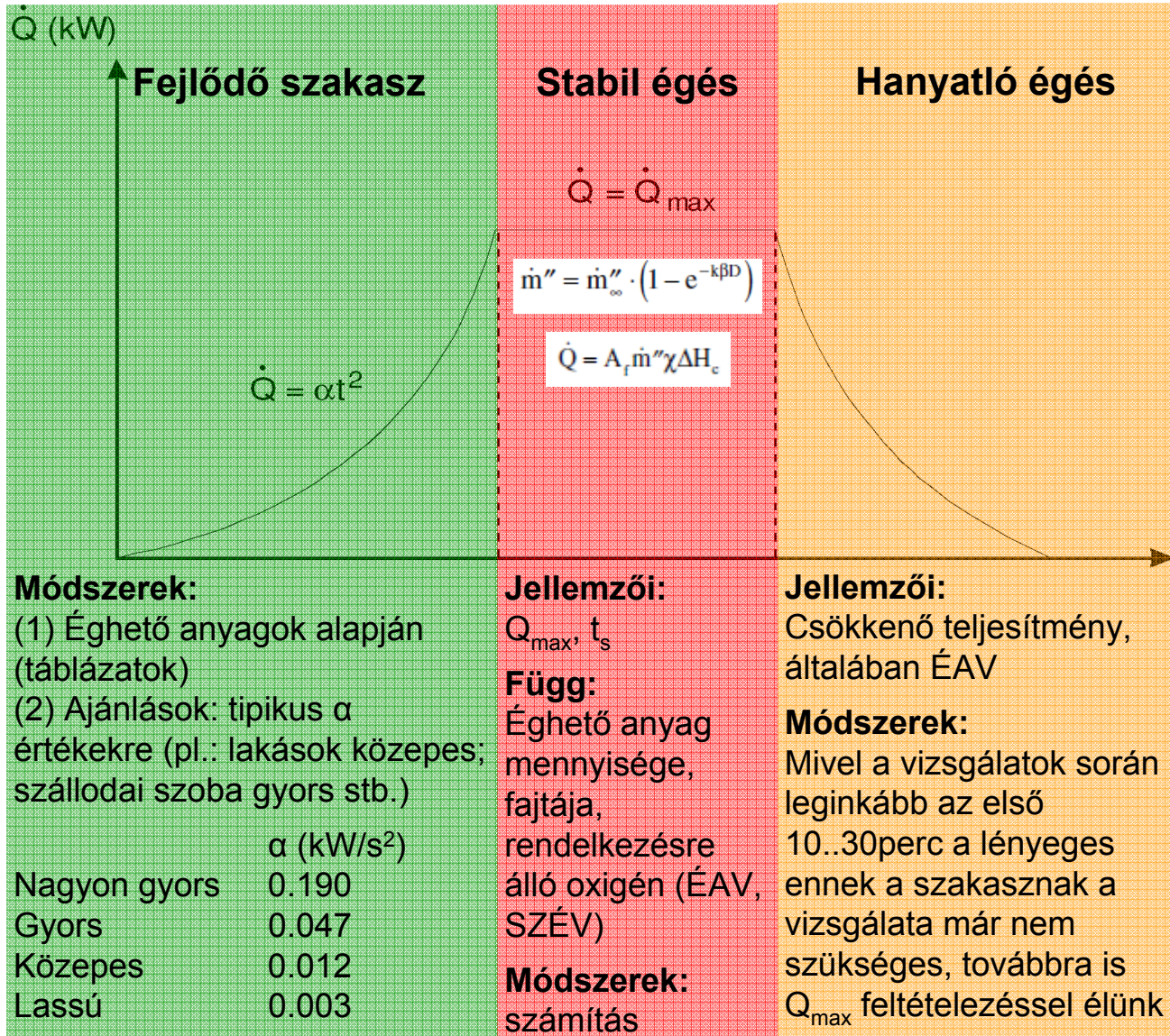
Számos definíció: pl.: minden éghető felület egyidejű  
égése, 5-600°C, 15-20kW/m<sup>2</sup>





# Zárt téri tüzek lefolyása

## Tűz teljesítményének időbeli változása (modell)



**Mérnöki módszer, mérnök döntései (design fire):**  
 Nincs kidolgozott módszer, a mérnök döntése, melyhez figyelembe veszi az épület (és szerkezet) (1)jellemzőit, (2)használati módját, (3)benne lévő anyagokat, melyek alapján dönt a modellben használt éghető anyag mennyiségéről és az égés sebességéről.  
 Eredmény az alkalmazott tűzmodell (design fire).  
 A saját maga által alkotott modell helyességét „sensitivity analysis” el vizsgálja

**Módszerek:**

- (1) Éghető anyagok alapján (táblázatok)
- (2) Ajánlások: tipikus  $\alpha$  értékekre (pl.: lakások közepes; szállodai szoba gyors stb.)

	$\alpha$ (kW/s <sup>2</sup> )
Nagyon gyors	0.190
Gyors	0.047
Közepes	0.012
Lassú	0.003

**Jellemzői:**

$Q_{\max}, t_s$   
**Függ:**  
 Éghető anyag mennyisége, fajtája, rendelkezésre álló oxigén (ÉAV, SZÉV)

**Módszerek:**  
 számítás

**Jellemzői:**

Csökkenő teljesítmény, általában ÉAV

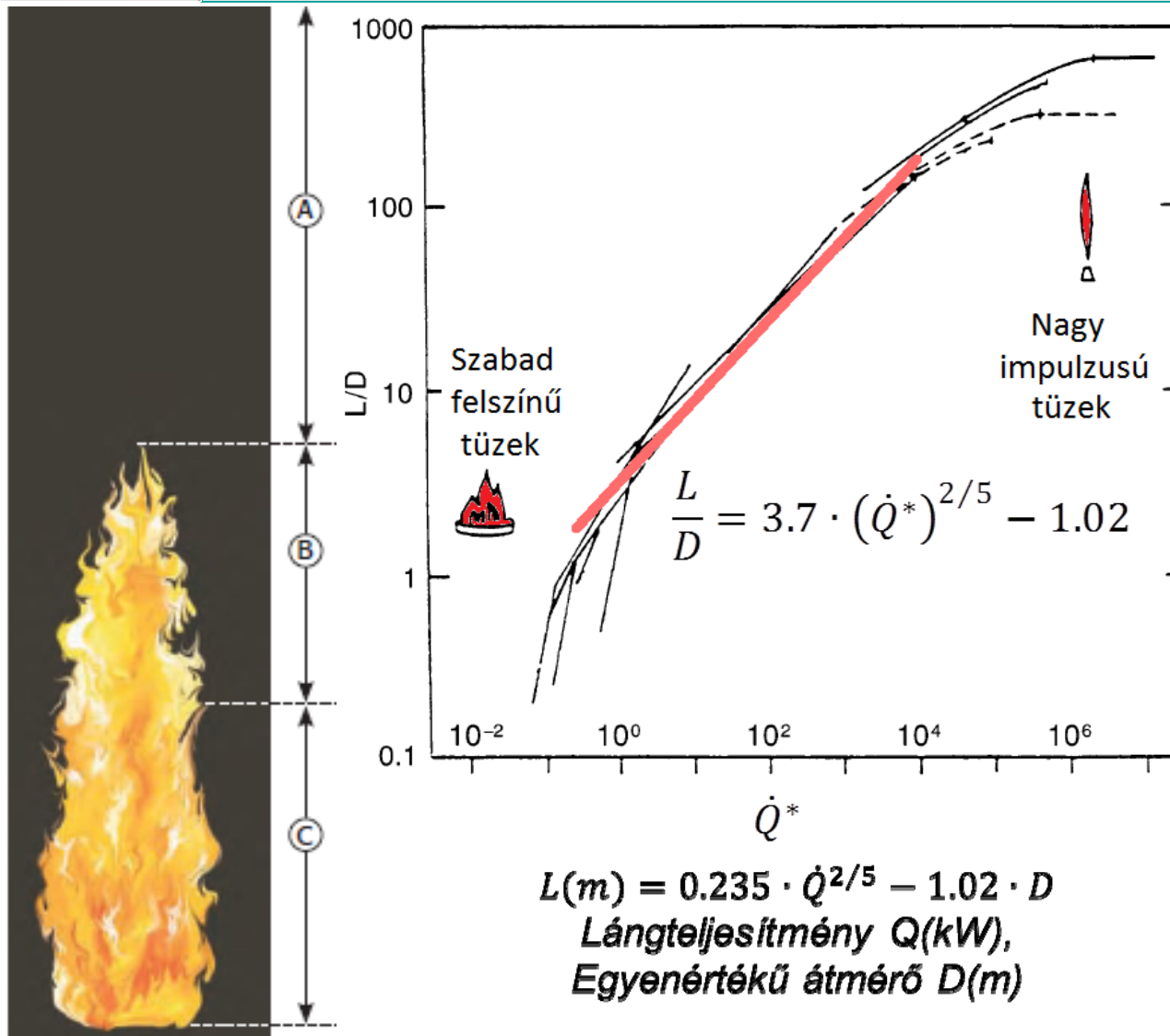
**Módszerek:**

Mivel a vizsgálatok során leginkább az első 10..30perc a lényeges ennek a szakasznak a vizsgálata már nem szükséges, továbbra is  $Q_{\max}$  feltételezéssel élünk





# Lángmodellek (Heskestad féle modell)



**Mérnöki módszer,  
mérnök döntései:**

**Hasonlóságelmélet  
alkalmazása**

Szerkezeti integritás  
vizsgálatok,

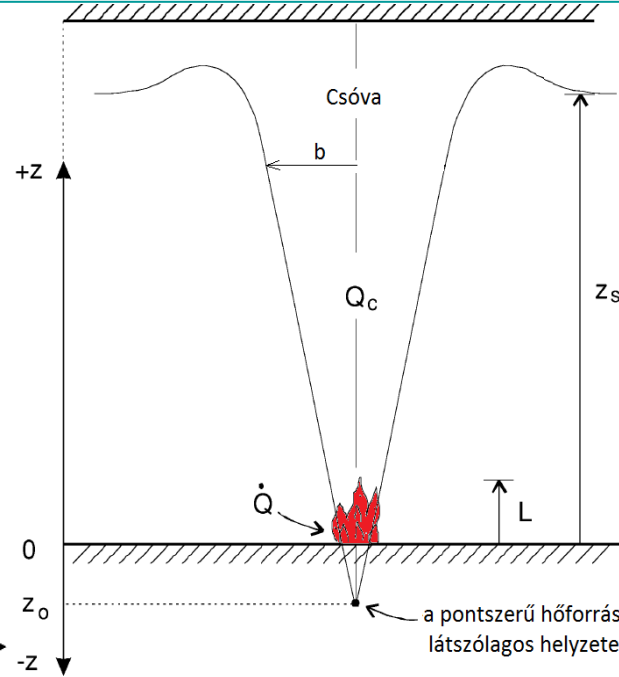
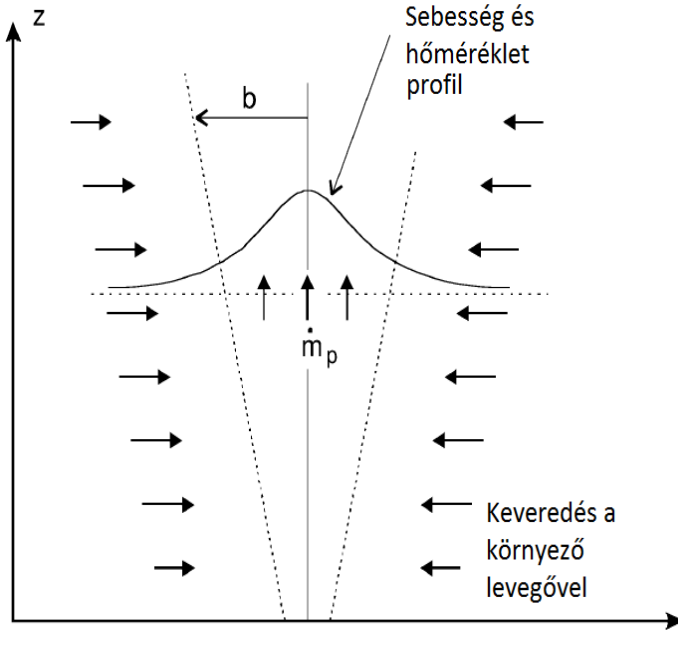
Bemenő paramétere a  
későbbi számításoknak  
(pl.: csóva egyenleteinek  
érvényesség tartomány  
vizsgálatához)





# Tűzcsóva-modellek

Ideális csóva, valóságos csóva (Heskestad modellje)



**Mérnöki módszer, mérnök döntései**

**Mérnöki modellek egymásra épülése**  
**Füsttel telített rétegbe lépő tömegáram (további számításokhoz szükséges)**

Hő-érzékelők (sprinkler, hő-maximum stb.) viselkedése adott helyen

A csóva útjában lévő szerkezeti elemek, csövek, villamos berendezések stb. vizsgálata

A tűz hőszállító-képességének vizsgálata

## Modellek eredményei:

Hőmérsékletnövekedés a csóva tengelyében:  $\Delta T_0 = 23.5 \cdot \dot{Q}_c^{\frac{2}{3}} \cdot (z - z_0)^{-\frac{5}{3}}$

Feláramló sebesség a csóva tengelyében:  $u_0 = \left(\frac{\dot{Q}_c}{z - z_0}\right)^{\frac{1}{3}}$

Feláramló tömeg:  $\dot{m}_p = 0.071 \cdot \dot{Q}_c^{\frac{1}{3}} \cdot z^{\frac{5}{3}} + 1.92 \cdot 10^{-3} \cdot \dot{Q}_c$

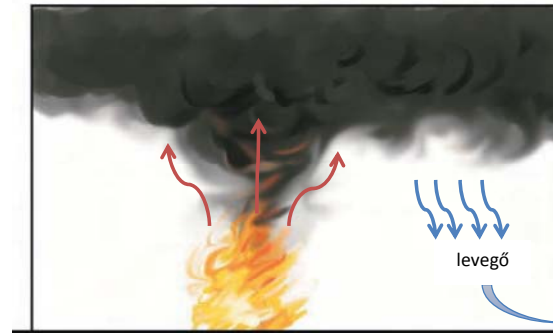
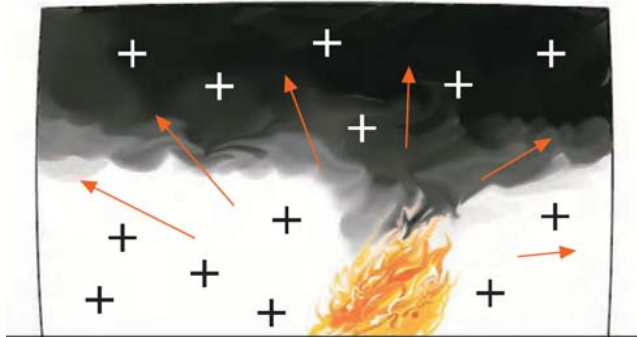
Csóva szétterülése:  $b(m) = 0.12 \cdot \sqrt{T_0/T_\infty} \cdot (z - z_0)$





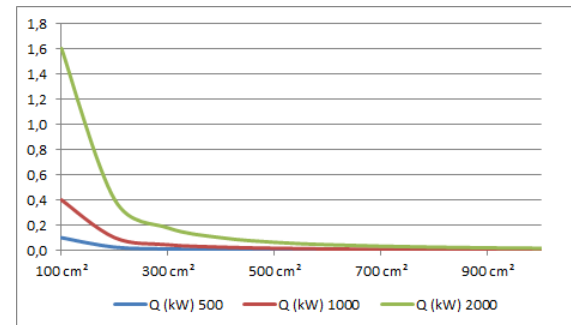
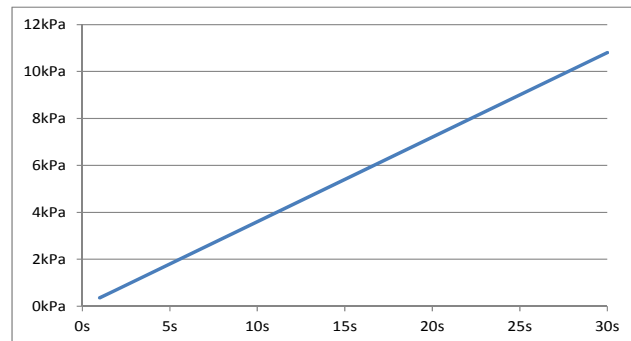
# A tűztér és környezete

Teljesen zárt tér, majdnem teljesen zárt tér közötti nyomás



**Mérnöki módszer,  
mérnök döntései**

**Helyes modellválasztás**  
Apró különbség a  
modellalkotásnál,  
jelentős különbséghez  
vezet az eredményben.

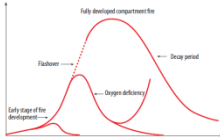


Szerkezeti integritás  
vizsgálat (Pl.: gázzal oltó  
rendszerek estén),  
nyomáslevezetés  
szükségessége

$$\Delta p/s = p_0 \left( \frac{\dot{Q}}{T_0 \cdot \rho_{lev} \cdot V_h \cdot c_v} \right) \quad \Delta p = \frac{[\dot{Q} / (c_p \cdot T_0 \cdot A_h)]^2}{2 \cdot \rho_{lev}}$$

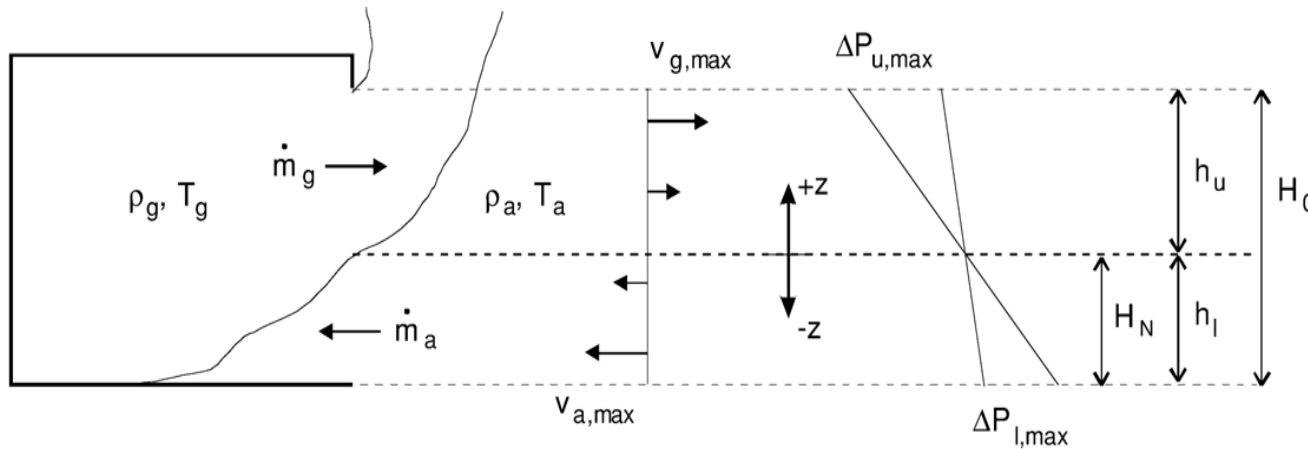
1000m<sup>2</sup> csarnok, 300cm<sup>2</sup>, 0.5, 1.0, 2.0MW



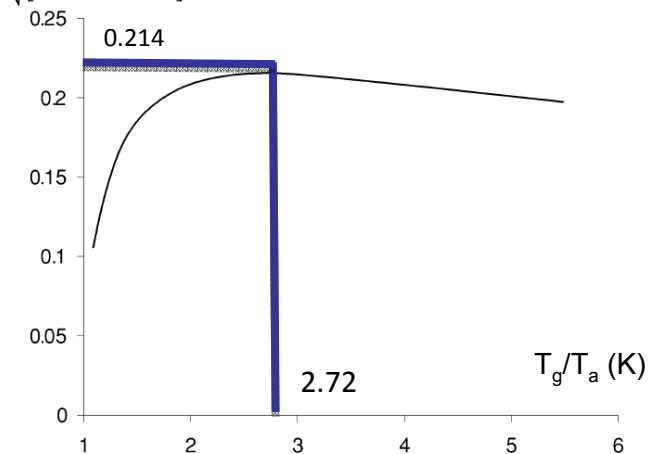


# A tűztér és környezete

## Nyitott tér és környezetének nyomásviszonyai



$$\dot{m}_a = \frac{2}{3} C_v A \rho_a \sqrt{2gH_0} \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_g)/\rho_a}{\left[1 + (\rho_a/\rho_g)^{1/3}\right]^3}}$$



$$\dot{m}_a = 0.5A\sqrt{H_0}$$

**Mérnöki módszer,  
mérnök döntései**

**Az alkalmazott modell  
érvényességi  
tartományának  
vizsgálata**

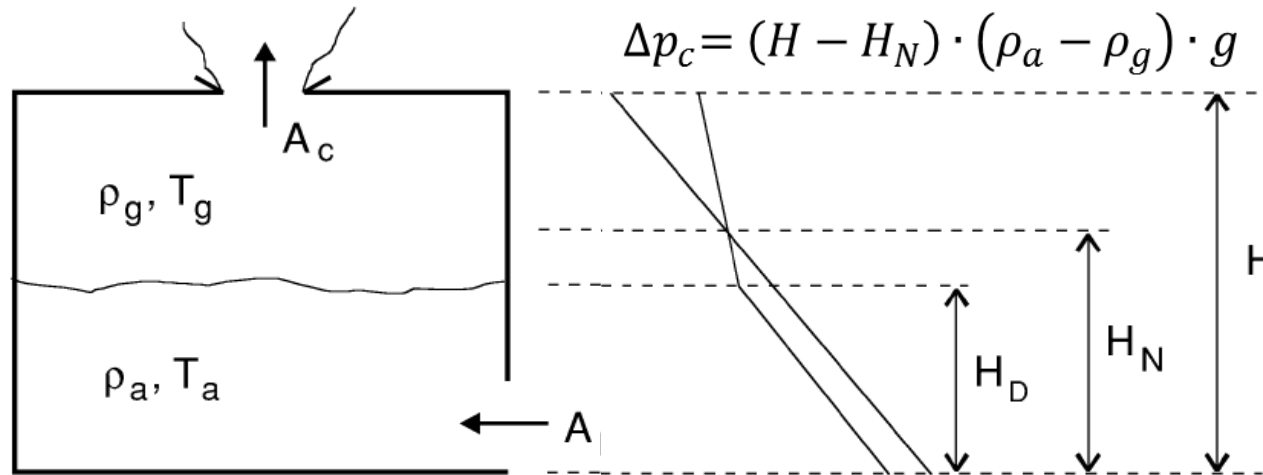
Modellalkotás  
eredménye a nyitott  
térből kitörő tömegáram  
közelítő egyenlete a  
nyílásmagasság  
függvényében  
Az egyenlet  
érvényességi tartománya  
 $t_0 > 300^\circ\text{C}$





# A tűztér és környezete

A hő- és füstelvezetés statikus modellje



**Mérnöki módszer,**  
mérnök döntései

**A sztenderd céloktól**  
**való eltérés**

(1)

Adott a füstmentes  
levegőréteg magassága  
(tervezési követelmény  
pl.: 2,5m a padlószinttől),  
keressük a szükséges  
nyílásméretet

$$v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad \dot{m} = CAv\rho = CA\rho \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

$$\dot{m}_c = \dot{m}_l \quad (2)$$

$$\dot{m}_l = C_d A_l \rho_a \sqrt{\frac{2(H_N - H_D)(\rho_a - \rho_g)g}{\rho_a}}$$

$$H_N = \frac{A_l^2 c_{vl} \rho_a H_D + A_c^2 c_{vc} \rho_g H}{A_l^2 c_{vl} \rho_a + A_c^2 c_{vc} \rho_g}$$

Adott nyílásméretet  
esetén keressük a  
füstmentes réteg  
magasságát

$$\dot{m}_c = C_d A_c \rho_g \sqrt{\frac{2(H - H_N)(\rho_a - \rho_g)g}{\rho_g}}$$

$$\dot{m}_c = \frac{C_d A_c \rho_a \sqrt{2g(H - H_D)(T_g - T_a)T_a}}{T_g} \quad (3)$$

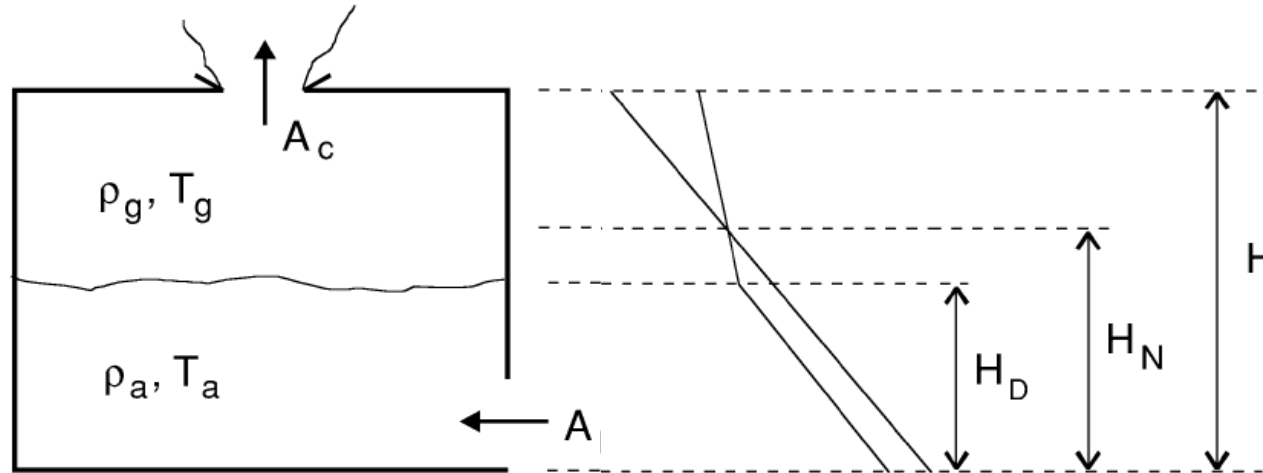






# Számítási példa

A hő- és füstelvezetés statikus modellje



Egyszerűsítő feltétel:

$$\dot{m}_l = \dot{m}_p = C_d A_l \rho_a \sqrt{\frac{2(H_N - H_D)(\rho_a - \rho_g)g}{\rho_a}}$$

$$\dot{m}_c = \dot{m}_l = \dot{m}_p$$

$$5.6 = 0.7 \cdot 5 \cdot 1.2 \sqrt{\frac{2 \cdot (H_N - 2.5) \cdot (1.2 - 0.616)}{1.2}} \rightarrow H_N = 2,69m$$

$$\dot{m}_c = \dot{m}_p = C_d A_c \rho_g \sqrt{\frac{2 \cdot (H - H_N) \cdot (\rho_a - \rho_g)g}{\rho_g}}$$

$$5.6 = 0.7 \cdot A_c \cdot 0.616 \sqrt{\frac{2 \cdot (5 - 2.69) \cdot (1.2 - 0.616)}{0.616}} \rightarrow A_c = 2,0m^2$$

**Egy csarnokban 2m<sup>2</sup> területen transzformátorolaj terül szét, meggyullad.**

A helyiség belmagassága H=5m. A füstmentes levegőréteg tervezett magassága H<sub>D</sub>=2,5m.

A padló szintjén a nyílás mérete A<sub>f</sub>=5m<sup>2</sup>. Az átfolyási tényező C<sub>d</sub>=0,7.

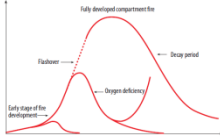
Más modellek segítségével kiszámoltuk, hogy a füsttel telített réteg közepes hőmérséklete

T<sub>g</sub>=300°C

(ρ<sub>g</sub>=0.616kg/m<sup>3</sup>); 2,5m magasan a zónába lépő tömegáram m<sub>p</sub>=5,6kg/s

**Keressük a füstelvezető kupola szükséges méretét**





# Mérnöki módszer

A hő- és füstelvezetés példáján keresztül



(0) A mérnöki módszerek alkalmazása esetében a MÉRNÖK felelőssége erősödik (a leíró, normatív módszerhez képest)

(1) Feladat körülhatárolása (kockázatelemzés?), követelmények megválasztása

- Sztenderd követelmények (Pl.: OTSZ, füstmentes levegőréteg magassága)

(2) Peremfeltételek meghatározása

- Geometria
- Környezeti jellemzők
- Hőfelszabadulás sebessége (ez lehet részmodell, de lehet sztenderd követelmény is)

(3) Modellválasztás

- Fizikai folyamat megértése
- Egyenletek levezetése, vagy „megkeresése”, egyszerűsítő feltételek (van-e alkalmas modell az adott feladatra, vagy más módszer kell keresni?)
- Akár több modellre is szükség van a mérnöki feladat megoldásához
- Érvényességi tartomány összevetése a mérnöki feladat vizsgálati tartományával

(4) Modellezés, számítás

- Egyszerű zárt alakú összefüggések esetén kézi számolás
- Iteráció, számolótábla, számítógépprogram (rengeteg segítség az internetről)

(5) Érzékenység vizsgálat (sensitivity analysis), validálás

- Az egyes változókra való érzékenység ( $t_0$ ,  $Q$ ,  $A_c$ ,  $C_d$ ,  $H_D$ ...)
- Nem vizsgált peremfeltételekre való érzékenység (szél, tranziens jelenségek ...)





# Köszönöm a figyelmet!

*Szikra Csaba tudományos munkatárs  
BME Építészmérnöki Kar  
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék  
szikra@egt.bme.hu  
2012.*

