



LOCAFI+

Lokális tűznek kitett függőleges acélelem hőmérséklet vizsgálata,
disszemináció

Szerződés szám n° 754072

6. Szintézis Tűzállóság

6. Szintézis Tűzállóság

6.1. Általános eljárás

1 lépés : A hőterhelés meghatározása

2 lépés : Hő analízis

3 lépés : Mechanikai analízis

Az általános eljárás lépésről-lépésre (1. lépés → 2. lépés → 3. lépés), de pontosabban a csatlakozásnak mindkét irányban meg kell lennie. Ha nem veszi figyelembe ezt a kettős csatlakozást, a mérnöknek tisztában kell lennie a kapcsolódó feltevésekkel!

- A szerkezeti elem lehajlása/elmozdulása befolyásolhatja a tűz kialakulását,
- A szerkezeti elem lehajlása/elmozdulása befolyásolhatja a hőkibocsátást,
- Az elemek hőmérsékletének emelkedése befolyásolhatja a falakon/padlókon elnyelt energiát,
- A képlékeny alakváltozás és a repedés hőt termelhet, vagy hőszivárgást okozhat...

6. Szintézis Tűzállóság

6.2. A tüzeset forgatókönyvének meghatározása

6.2.1. Kamra tűz

- Szabványos tűzgörbe (ISO-834, Hidrokarbon,...)
- Természetes tűzgörbe (parametrikus tűzgörbe az Annex A, EN 1991-1-2 alapján, OZone szoftver alapú az EN 1991-1-2 Annex D és E)

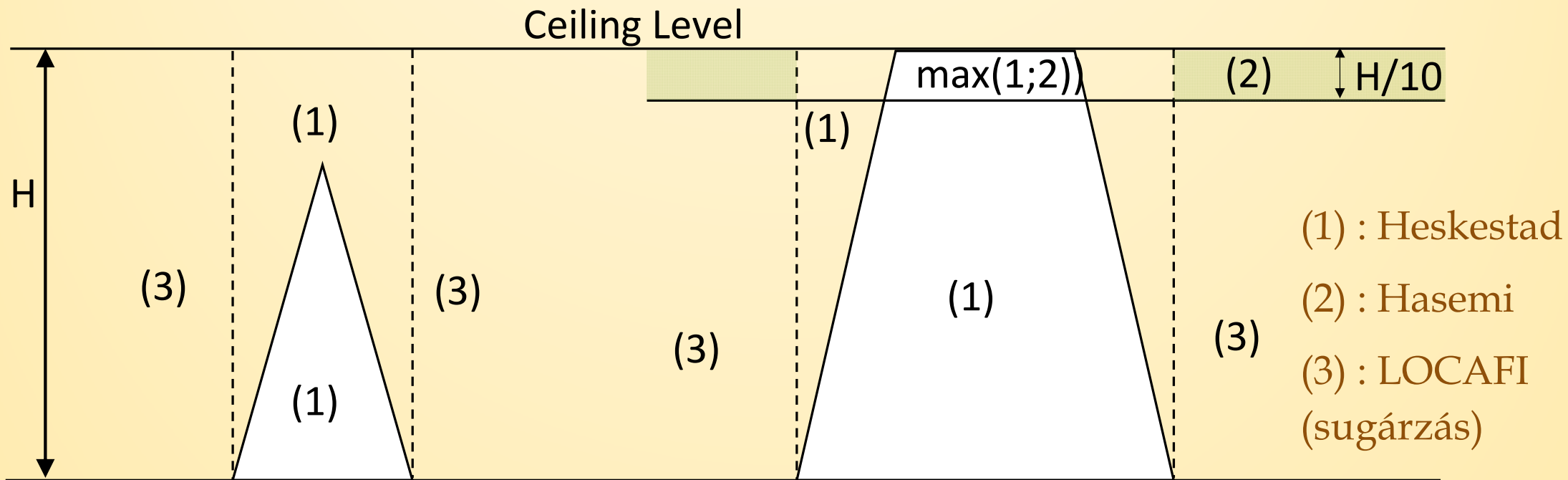
6.2.2. Lokális tűz

- A tüzeset forgatókönyvének meghatározása mérnök/hatóság által (átmérő, RHR)

6. Szintézis Tűzállóság

6.2. A tűzeset forgatókönyvének meghatározása

6.2.2. Lokális tűz



6. Szintézis Tűzállóság

6.3. Hőanalízis

6.3.1. Állandósult hőmérséklet

A θ állandósult hőmérséklet, amelyen a felvett fluxust a kibocsátott (konvektív és sugárzó) fluxusok egyensúlyozzák ki.

$$0 = \underbrace{\alpha_c(\theta - 20)}_{\text{Kibocsátott nettó konvektív fluxus}} + \underbrace{\sigma\varepsilon[(\theta + 273)^4 - (20 + 273)^4]}_{\text{Kibocsátott sugárzási fluxus}} - \underbrace{\varepsilon * \dot{h}_{m,r}}_{\text{Elnyelt sugárzási fluxus}}$$

Kamratűz esetén az átlag sugárzási fluxust $\dot{h}_{m,r}$ helyettesíteni kell $\dot{h}_{m,tot}$ -al beleértve a konvektív és a sugárzási fluxust is.

$$\dot{h}_{m,tot} = \min(\dot{h}_{m,r} + \dot{h}_{m,c}; 100000) \quad [\text{W.m}^{-2}]$$

Ez az egyszerűsített megközelítés figyelmen kívül hagyja az elem termikus inerciáját

6. Szintézis Tűzállóság

6.3. Hőanalízis

6.3.2. Inkrementális eljárás (egyenletes hőmérséklet)

Az elem hőmérséklete meghatározható az elem hőegyensúlyából

$$\rho C_p(T) \frac{dT}{dt} = \frac{A_m}{V} [\dot{h}_{m,r} + \alpha_c(20 - \theta) + \varepsilon(\sigma(293^4 - (\theta + 273)^4))]$$

ρ , C_p és A_m/V a sűrűség [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], a fajhő [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] és a masszivitás [m^{-1}] az elemnél

EN 1993-1-2 javasolja, hogy az időlépés Δt nem nagyobb mint 5 másodperc legyen

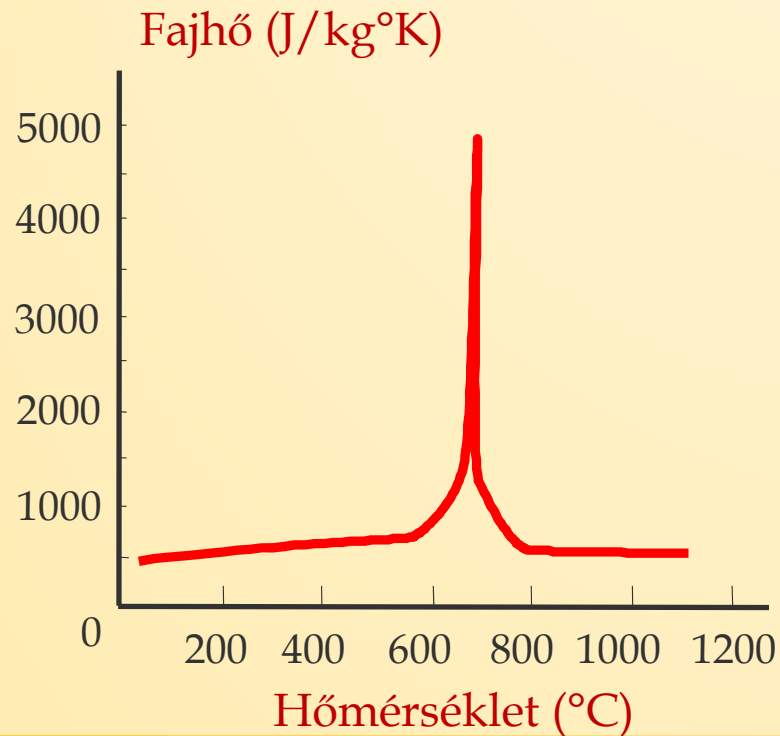
Kamratűz esetén a fő hatást jelentő sugárzó hő $\dot{h}_{m,r}$ kicserélendő a \dot{h}_{tot} -al, ami mind a hővezetést, mind a hősugárzást tartalmazza.

$$\dot{h}_{m,tot} = \min(\dot{h}_{m,r} + \dot{h}_{m,c}; 100000) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$$

6. Szintézis Tűzállóság

6.3. Hőanalízis

6.3.2. Inkrementális eljárás (egyenletes hőmérséklet)



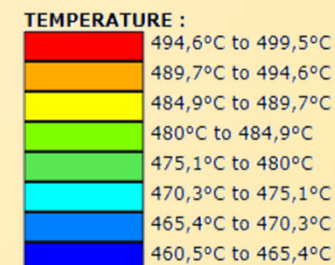
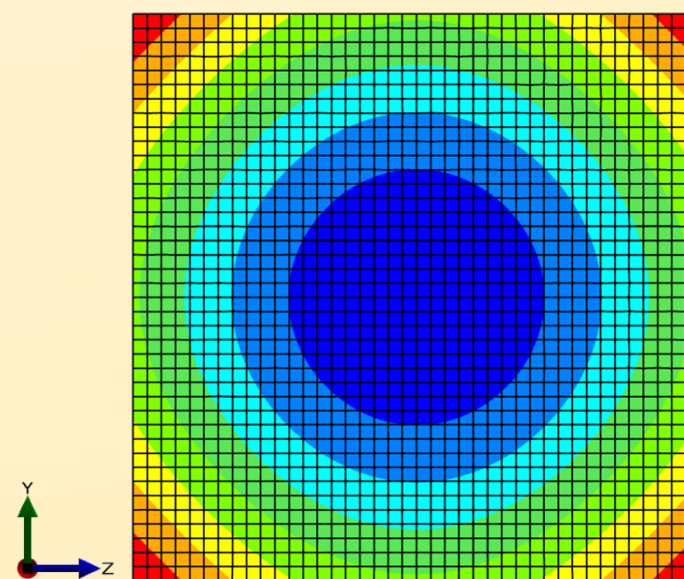
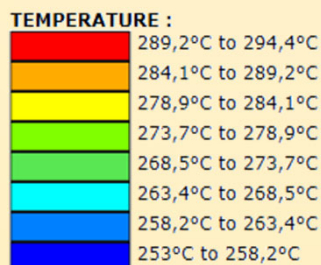
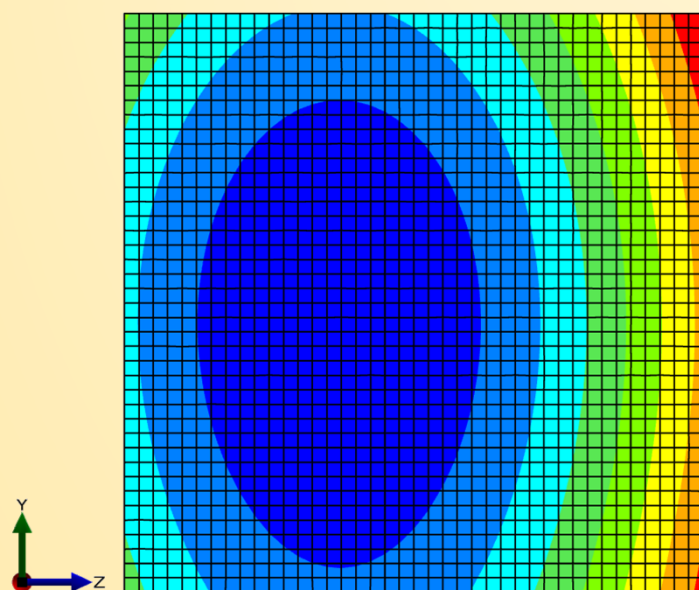
Az acél sűrűsége: 7850 kg/m³

Független a hőmérséklettől

6. Szintézis Tűzállóság

6.3. Hőanalízis

6.3.3. VEM hőanalízis (nem egyenletes hőmérséklet)



Hőmérséklet eloszlás [°C] 33 perc után egy 3.36 [m]-es oszlopnál 130[mm]x130[mm] négyzetes zártszelvény esetén, melyet 3 autó és 1 kisteherautó vesz körül a) 0.94[m] magassággal; b) 3.1[m] magassággal.

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Általános szabályok EN 1993-1-2

Csak a teherviselés függvénye R vonatkozásában van tervezési előírás acélszerkezeteknél az Eurocode 3 tűzvédelmi részében

A szerkezet teherviselő függvénye akkor felel meg, ha a tűz expozíciójának megfelelő t időtartamán belül

$$E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t}$$

ahol $E_{fi,d,t}$: tervezési erőhatások (Eurocode 0 és 1)

$R_{fi,d,t}$: teherviselő képesség t idő eltelte után

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Általános szabályok EN 1993-1-2

ULS Kombináció

$$E_d = 1.35 \cdot \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + 1.5 \cdot Q_{k,1} + 1.5 \cdot \sum_{i \geq 2} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

ACC Kombináció

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

→ *Javasolt gyakorlati alkalmazásoknál, hivatkozva a Nemzeti Kiegészítésekre*

Hatások	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
A kategória: lakás, lakóterület	0.7	0.5	0.3
B kategória: hivatali terület	0.7	0.5	0.3
C kategória : gyülekezeti terület	0.7	0.7	0.6
D kategória : vásárlási terület	0.7	0.7	0.6
E kategória: raktározási terület	1	0.9	0.8
...

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Általános szabályok EN 1993-1-2

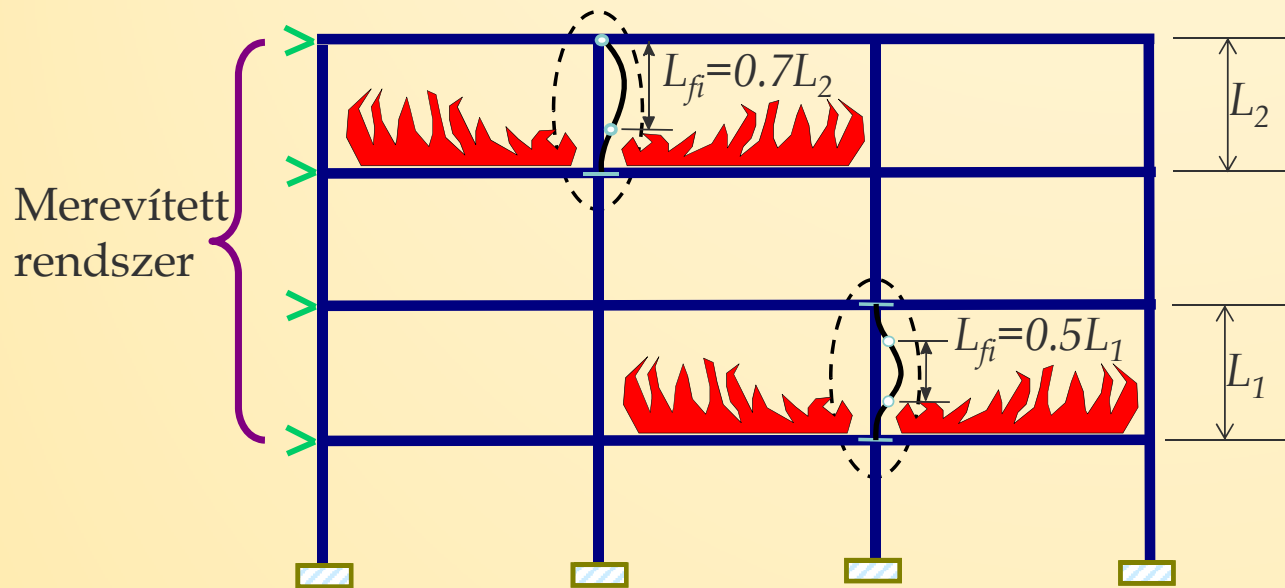
Gyakorlati tényezők acélokra, magas hőmérséklet esetén

Elemek típusa	„Hideg” tervezés	Tűz tervezés
Keresztmetszet	$\gamma_{M0} = 1.0$	$\gamma_{M,fi} = 1.0$
Instabil elemek	$\gamma_{M1} = 1.0$	$\gamma_{M,fi} = 1.0$
Húzott elemek törésre	$\gamma_{M2} = 1.25$	$\gamma_{M,fi} = 1.0$
Kapcsolatok	$\gamma_{M2} = 1.25$	$\gamma_{M,fi} = 1.0$

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Általános szabályok EN 1993-1-2



Feltételek :

- Merevített szerkezetek
- Folytonos, vagy vég rögzített oszlopok
- Ugyanaz a tűzállóság R oszlopok és födém panelek esetén

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Általános szabályok EN 1993-1-2

A tűzállóság ellenőrzése az alábbi 3 módszer egyikével :

Hőmérséklet : $\theta_{cr,d} \geq \theta_d$

Teherbírási : $R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$

Idő ++: $t_{fi,d} \geq t_{fi,required}$

A legegyszerűbb, használható módszerek, melyek csak egyenletes hőmérséklet esetén alkalmazhatók T°

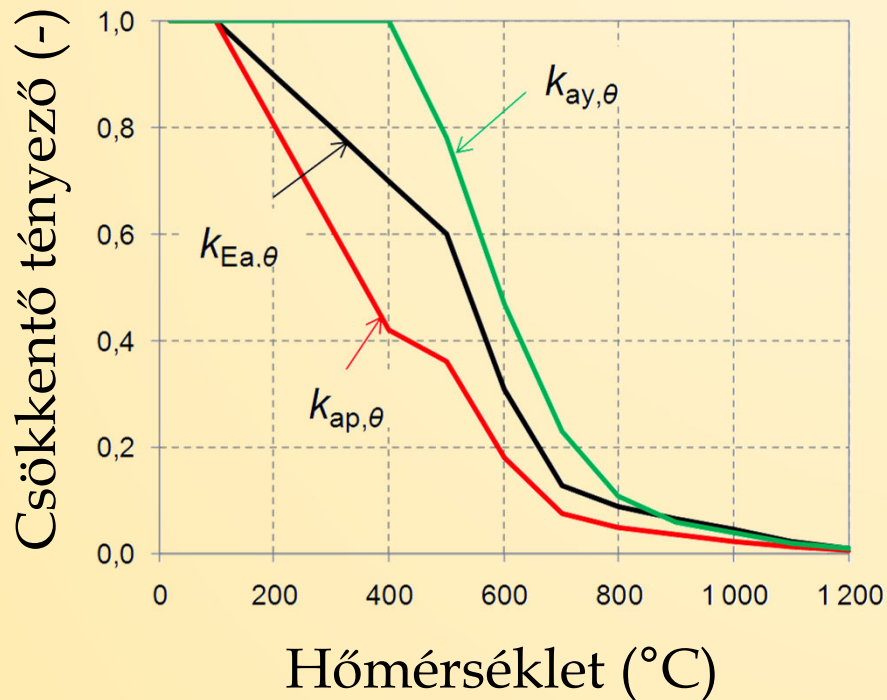
Alkalmazható kézi számítás esetén (redukált kapacitással a szükséges idő esetén)

Csak fejlett szeközök alkalmazása esetén megbízható, mint pl. a Végesselemes Módszer

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.2. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint



Hőmérséklet

$k_{y,\theta}$: folyáshatár redukció

$k_{E,\theta}$: Young modulus redukció

$k_{p,\theta}$: arányossági határ redukció

Az EN 1993-1-2 jelenlegi formája az S235-től S460-ig terjedő acélminőségeket támogatja

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.2. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Hőmérséklet

Baleseti terhelési kombináció

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Javasolt gyakorlati alkalmazásoknál, hivatkozva a Nemzeti Kiegészítésekre

A terhelés szintjére vonatkozó redukciós tényező

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d,t}}{E_d}$$

$$E_d = 1.35 * \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + 1.5 * Q_{k,1} + 1.5 * \sum_{i \geq 2} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Hőmérséklet

Reduction factor for the level of loading

Szerkezet tűzvédelmi tervezése ACC szerint

γ_{GA} = 1.0 Állandó terhelések;
 $\psi_{2.1}$ = 0.3 Kombinációs tényező; változó terhelés, erők,

Tervezés szobahőmérsékleten ELU szerint

γ_G = 1.35 Állandó terhelés;
 $\gamma_{Q.1}$ = 1.50 Kombinációs tényező; változó terhelés, erők,

$$\eta_{fi} = \frac{\gamma_{GA} G_k + \psi_{2.1} Q_{k.1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q.1} Q_{k.1}}$$

$Q_{k.1}/G_k$	η_{fi}
0	0.74
1	0.53
2	0.46
4	0.41

EN 1993-1-2 javasolja $\eta_{fi} = 0.65$ (kivétel az E kategória, $\eta_{fi} = 0.7$)

6. Szintézis Tűzállóság


6.4. Mechanikai analízis

6.4.2. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Hőmérséklet

Baleseti terhelési kombináció

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \Psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

 *Javasolt gyakorlati alkalmazásoknál, hivatkozva a Nemzeti Kiegészítésekre*

A terhelés szintjére vonatkozó redukciós tényező

$$\eta_{fi,t} = \frac{E_{fi,d,t}}{R_d} < \eta_{fi}$$

Szoba hőmérsékleten a tervezési szilárdság

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Hőmérséklet

A felhasználás mértéke

$$\mu_0 = \left(\frac{E_{d,fi}}{R_{d,fi,0}} \right) = \eta_{fi,t} \left(\frac{\gamma_{M,fi}}{\gamma_{M0}} \right)$$

- Az osztott biztonsági tényezők szoba hőmérsékleten és magas hőmérsékleten T° (alapként mindkettő 1.0),
- Megengedi a kritikus hőmérséklet meghatározását T° ,
- Ha a tönkremeneteli forma instabilitást tartalmaz, akkor redukált dimenziómentes karcsúság szükséges.

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Hőmérséklet

$\bar{\lambda}_{fi,0}$	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
μ_0											
0.04	1000	977	949	913	880	839	787	742	696	678	659
0.06	900	885	866	837	795	756	700	679	656	630	602
0.08	860	839	811	785	749	697	674	647	616	588	564
0.10	820	797	780	752	703	677	648	614	585	557	527
0.12	792	777	755	719	685	656	622	588	559	526	474
0.14	775	757	730	694	668	636	597	567	533	487	373
0.16	758	737	705	681	652	615	580	546	507	408	
0.18	742	717	691	668	636	596	563	524	453		
0.20	725	698	680	655	619	582	545	503	384		
0.22	708	689	669	641	603	568	528	457			
0.24	696	679	658	628	591	554	511	406			
0.26	688	670	647	615	579	540	485				
0.28	679	660	636	602	568	526	446				
...				

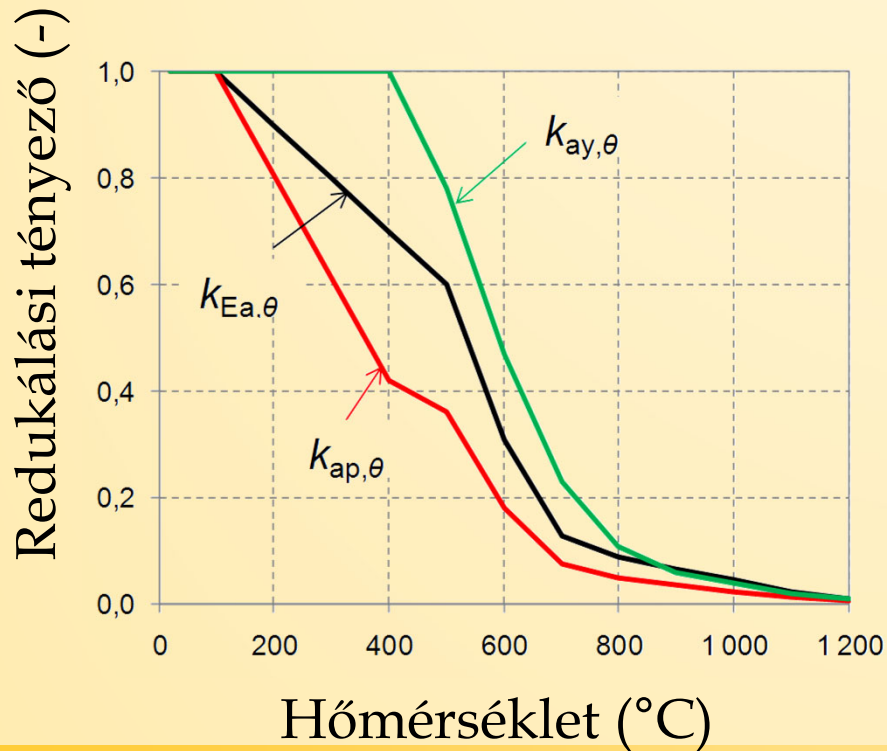
Az acélelem kritikus hőmérséklete instabilitás mellett táblázatból határozható meg:

- Dimenzió mentes karcsúság azonnal 0
- És a speciális terhelési szint
 $\mu_0 = N_{fi,d,t} / N_{pl,fi,0}$
- Minden acélminőségnek saját táblázata van.

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.2. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint



Teherviselő képesség

$k_{y,\theta}$: a folyáshatár redukálása

$k_{E,\theta}$: a Young modulus redukálása

$k_{p,\theta}$: az arányossági határ redukálása

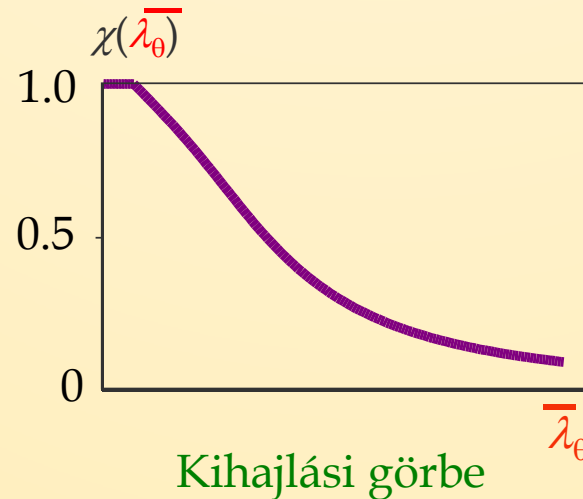
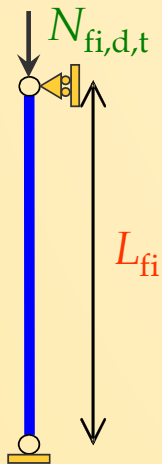
Az EN 1993-1-2 jelenlegi verziója az S235-től S460-ig terjed

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.1. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Teherviselő képesség



$$\alpha = 0.65 \sqrt{\frac{235}{f_y}} \quad \bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}}$$

$$\varphi_\theta = \frac{1}{2} \left[1 + \alpha \bar{\lambda}_\theta + \bar{\lambda}_\theta^2 \right]$$

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{\varphi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}}$$

$$N_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.2. Az oszlop analitikus ellenőrzése az EN 1993-1-2 szerint

Teherviselő képesség

Baleseti terhelés kombináció

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

→ Javasolt gyakorlati alkalmazásoknál, hivatkozva a Nemzeti Kiegészítésekre

Tervezési kritérium

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

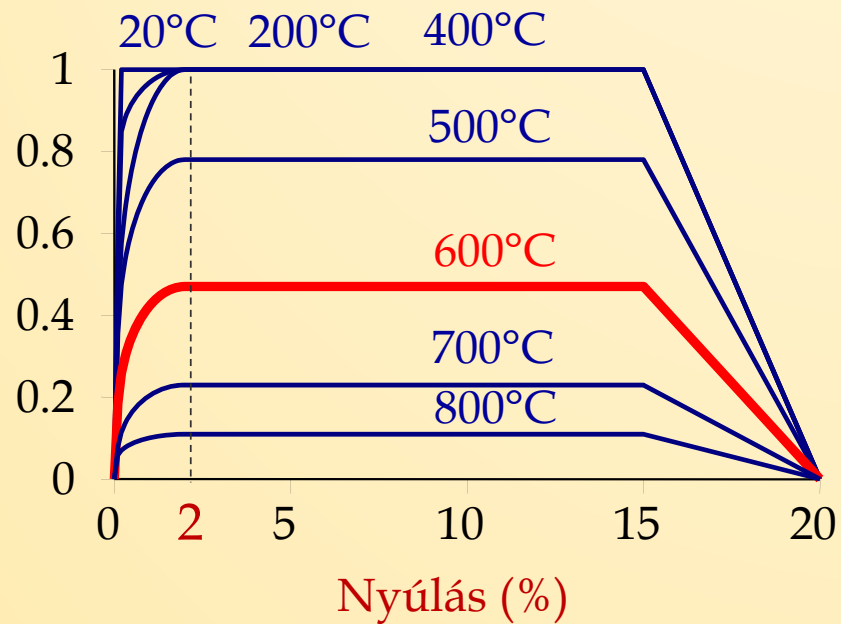
6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.3. Végeselemes analízis

Normált feszültség

Idő



- ◆ Az acél feszültség-nyúlás diagramja (rugalmas, parabolikus, plató, csökkenő fázis)
- ◆ A folyáshatár 600°C-on 50% -ot csökken

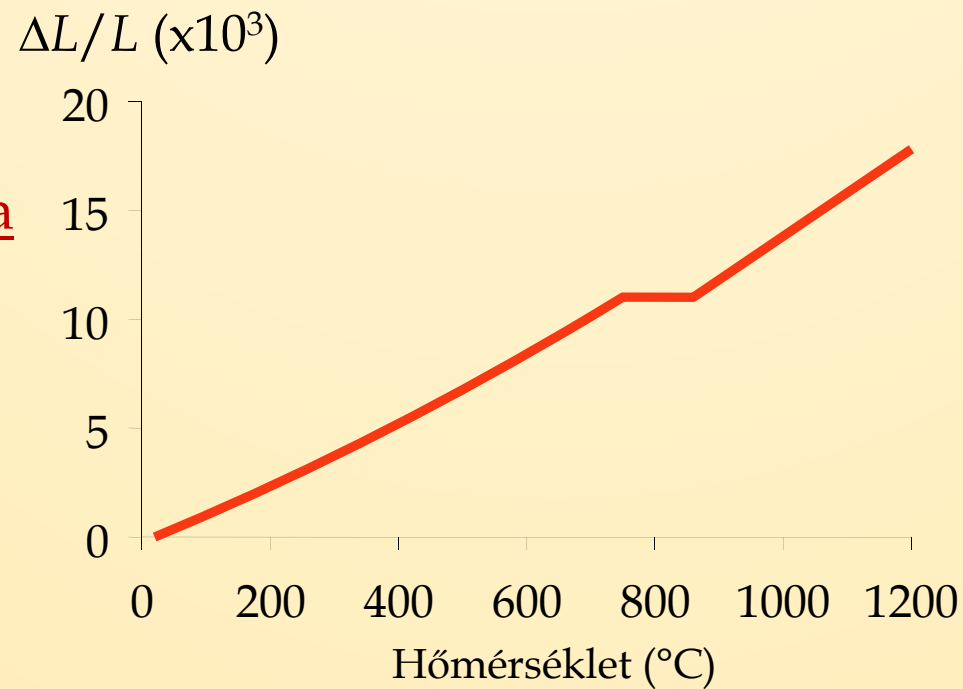
6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.3. Végeselemes analízis

Idő

Az acél
hőtágulása



6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.3. Végeselemes analízis

„Hideg” tervezés



- Kezdeti alakpontatlanság
- Az erő a tönkremenetelig emelkedik

Egyensúly
vesztés

„Forró” tervezés



- Kezdeti alakpontatlanság
- Kezdeti erő
- A hőmérséklet a tönkremenetelig növekszik

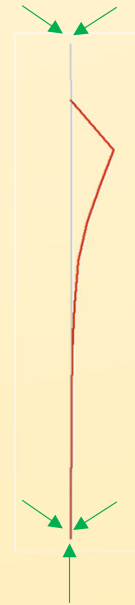
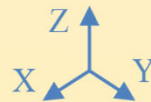
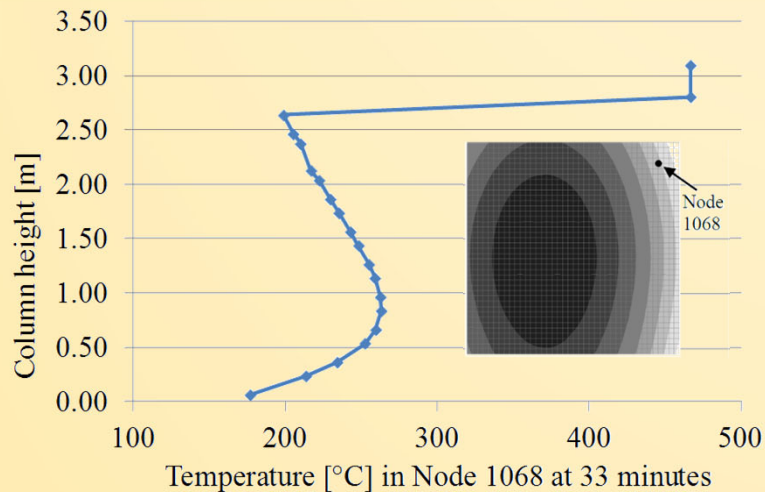
Egyensúly
vesztés

6. Szintézis Tűzállóság

6.4. Mechanikai analízis

6.4.3. Végeselem analízis

Idő



Bal : A hőmérséklet elosztás a 1068-as csomópontnál 33 perc után a 3.36 [m]-es oszlopnál 130[mm]x130[mm] négyzetszelvény esetén, ahol 3 autó és egy kisteherautó volt körülötte

Jobb : Elmozdulás alak tönkremenetel esetén (nagyítási tényező 1) a 3.36[m]-es oszlopnál 130[mm]x130[mm] négyzetszelvény esetén, ahol 3 autó és 1 kisteherautó volt körülötte