



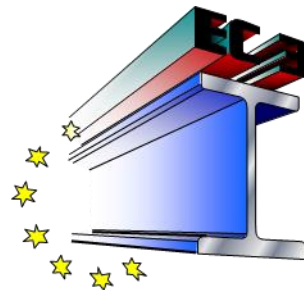
Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra – Acél anyagú tartószerkezetek

Dr. Horváth László

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Tartalom

- Mérnöki tűztervezés lépései
- Acél elemek hőmérsékletének megállapítása
- Acél mechanikai tulajdonságainak megváltozása a hőmérséklet hatására
- Méretezés – elemeként, szerkezeti rész vagy teljes szerkezet
- Mintapéldák



Mérnöki tűztervezés módszere

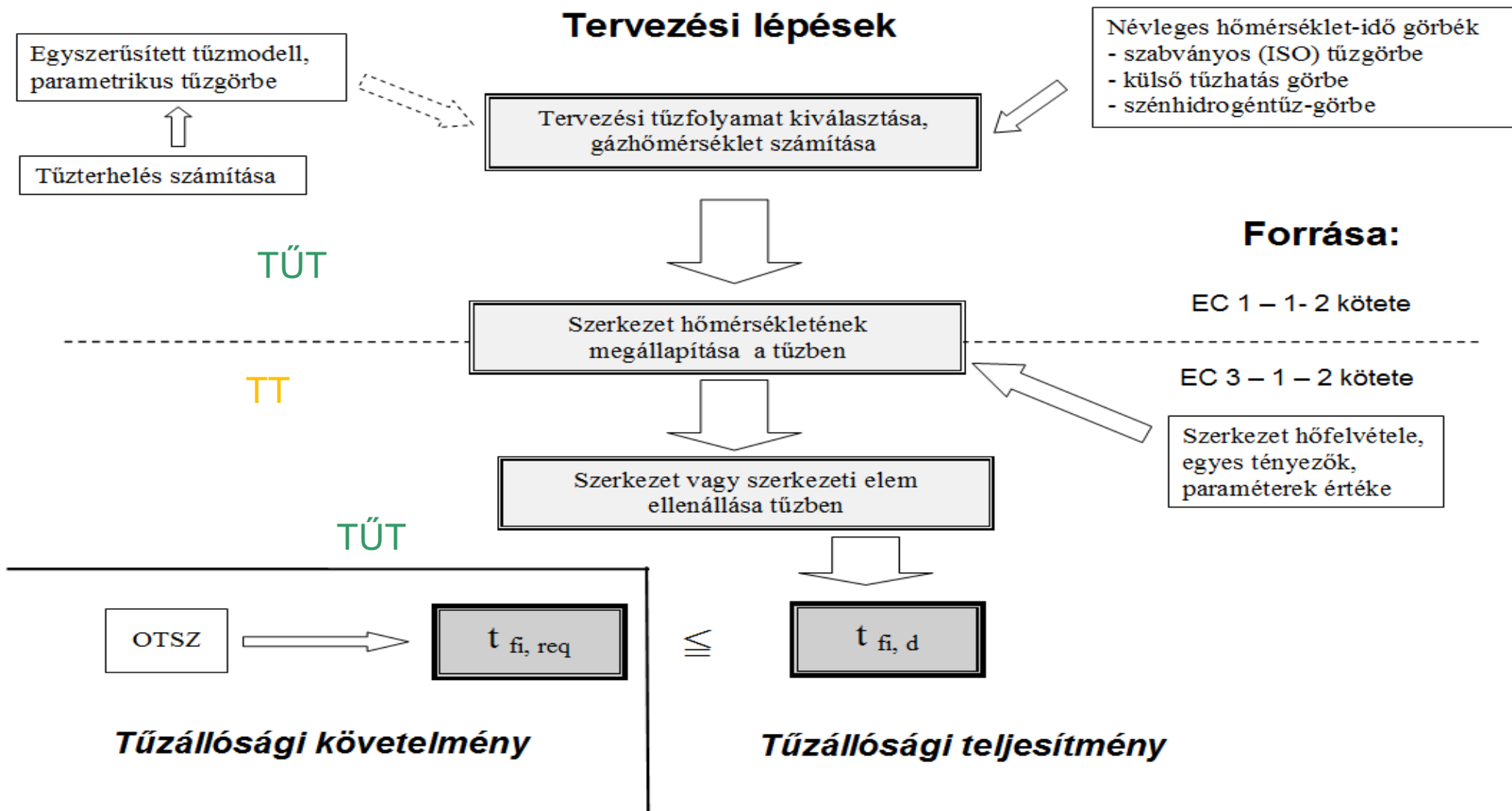
OTSZ-ből: Tűzállósági
határérték
követelmény T_M



Eurocode szerinti számítással:
Tűzállósági határérték
teljesítmény T_H

R 15, 30, 45, 60....

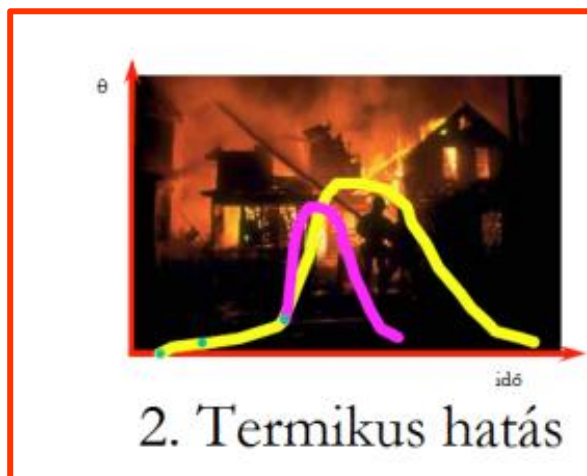
Mérnöki tűztervezés lépései



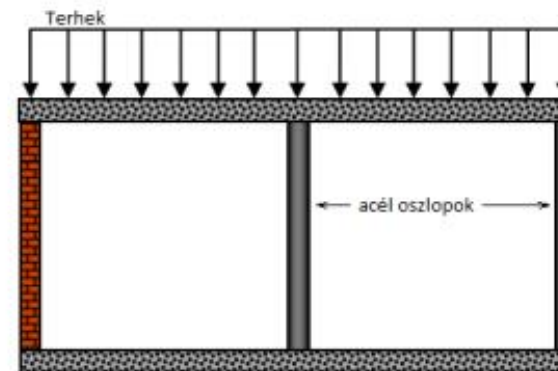
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



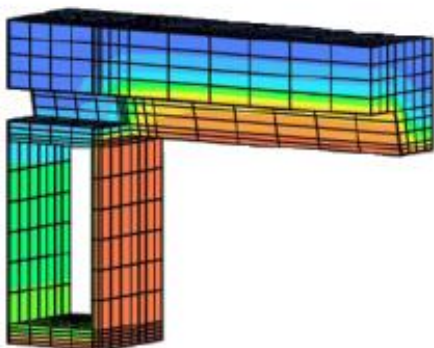
1. Gyújtóhatás



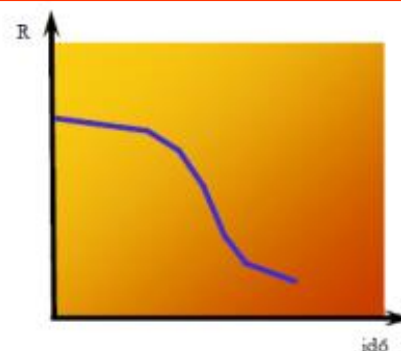
2. Termikus hatás



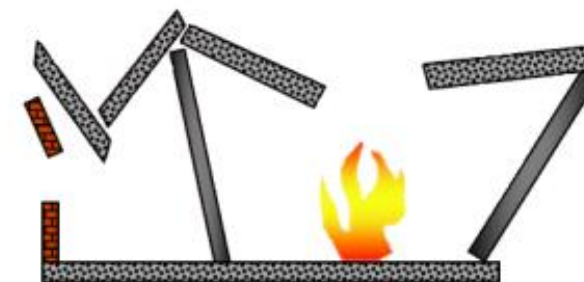
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

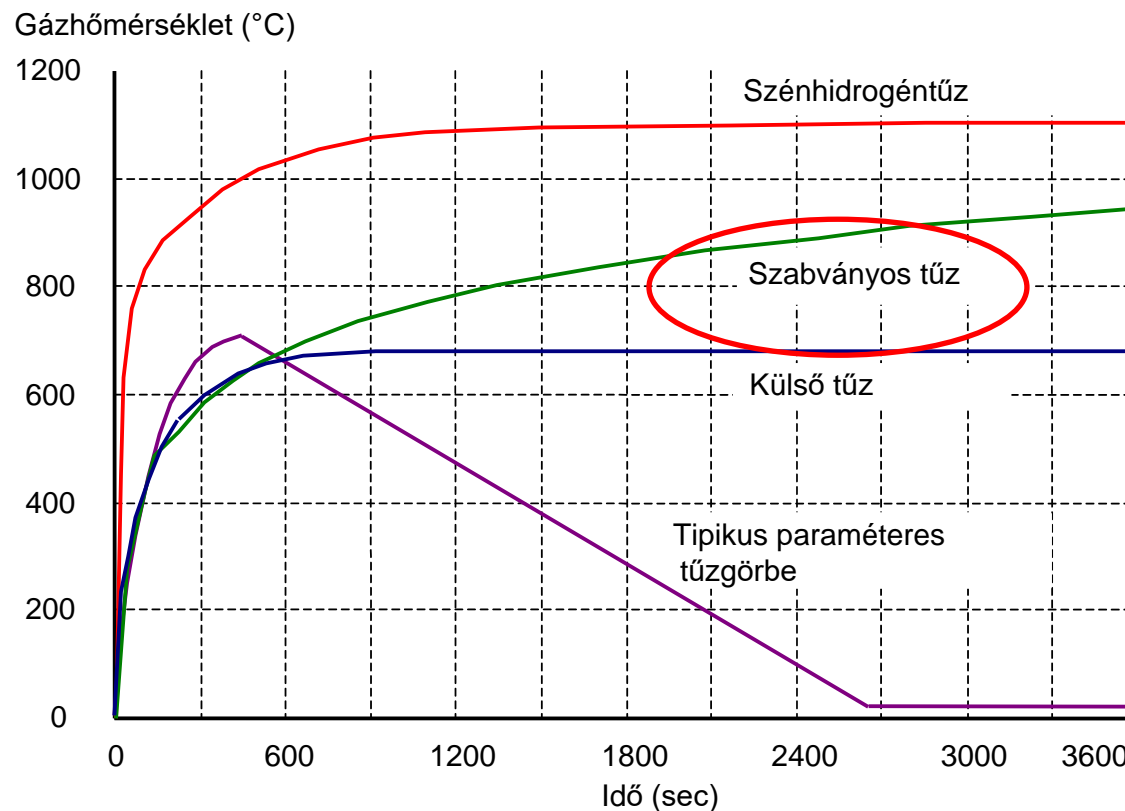


6. Lehetséges összeomlás



Gázhőmérséklet meghatározása

- Névleges tűzhatásgörbével – konzervatív, az egész tűzszakaszban mindenütt azonos és magas hőmérséklet!
- DE: számos egyszerűsítés, közelítés csak ISO834 szabványos tűzhatás alkalmazása esetén érvényes!



- Fejlett tűzhatásmodellek – lokális tűzhatás vagy tűzszimuláció – pontosabb hőmérséklet-eloszlás, kedvezőbb a tervezéshez, DE csak TÚT készítheti el!

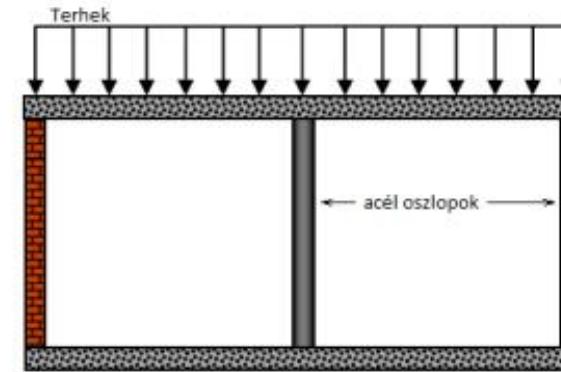
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



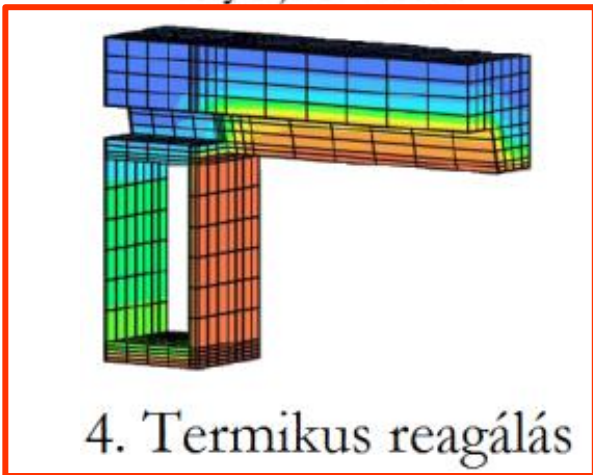
1. Gyújtóhatás



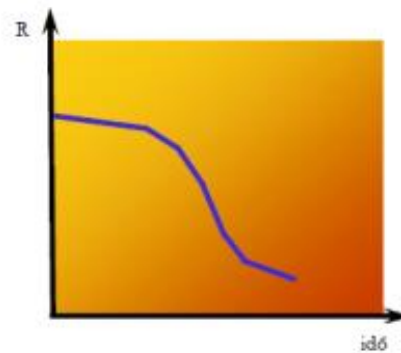
2. Termikus hatás



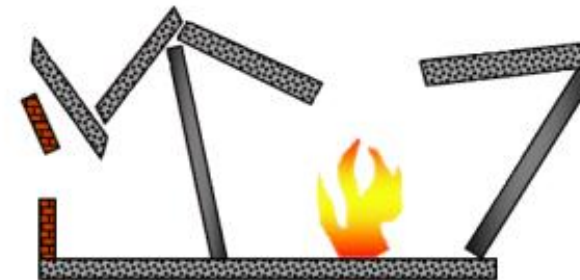
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

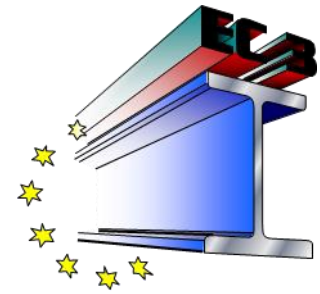


Acélhőmérséklet meghatározása

- Nomogramokkal
- „Kézi” számítással, képletek alapján
- Célszoftverekkel: Ozone, FidesC4, SAFIR...
- Mérnöki tervező szoftverekben implementálva (ConSteel, AxisVM, RFEM...)
- Fejlett tűzmodellezéssel : lokális tűzmodellekből vagy tűzhatás-szimulációból (FDS) közvetlenül is megkapható

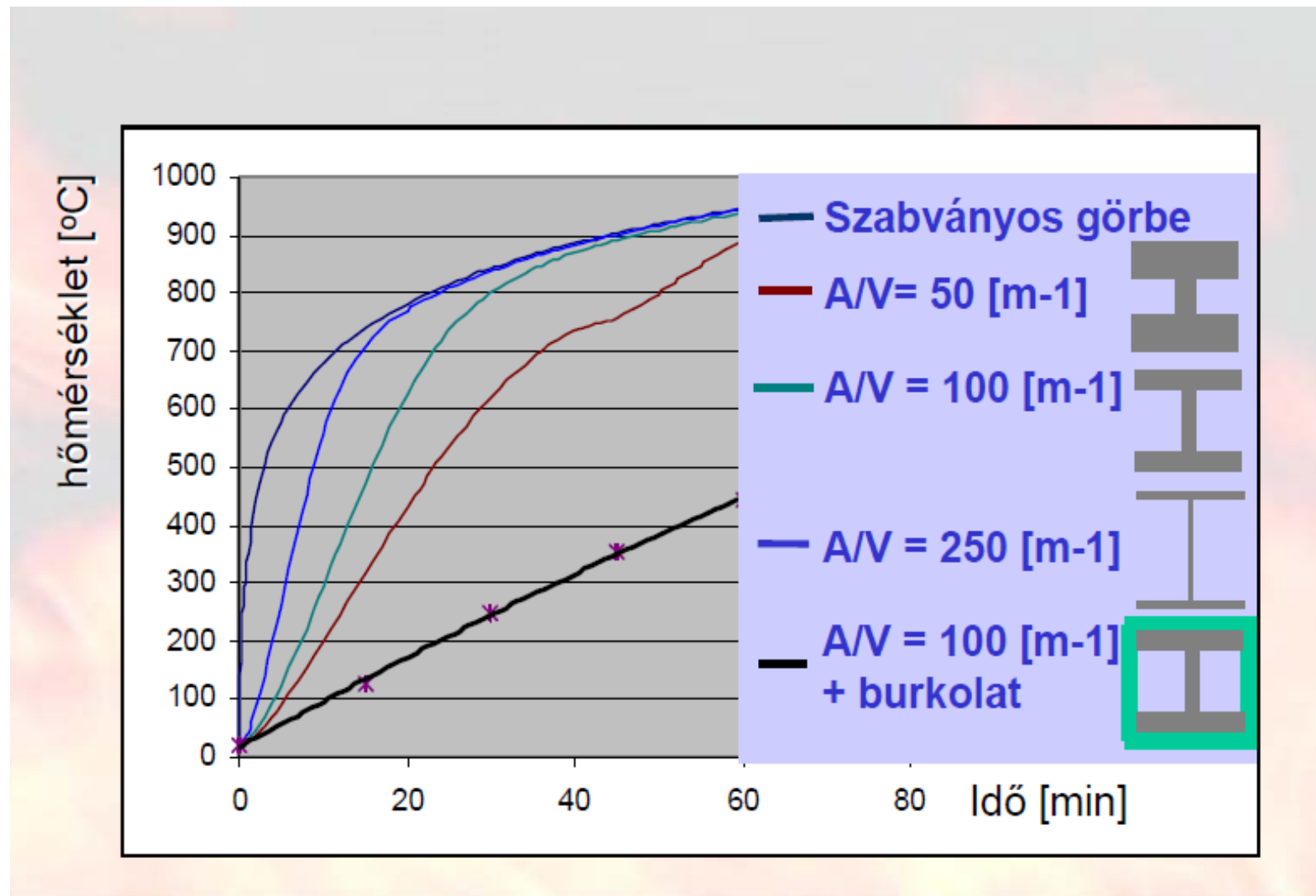
EC 1-1-2

EC 3-1-2



A keresztmetszeten belül **egyenletes hőmérsékletet** feltételezünk.

Acélhőmérséklet emelkedése tűz hatására



Szelvénytényező A_m / V

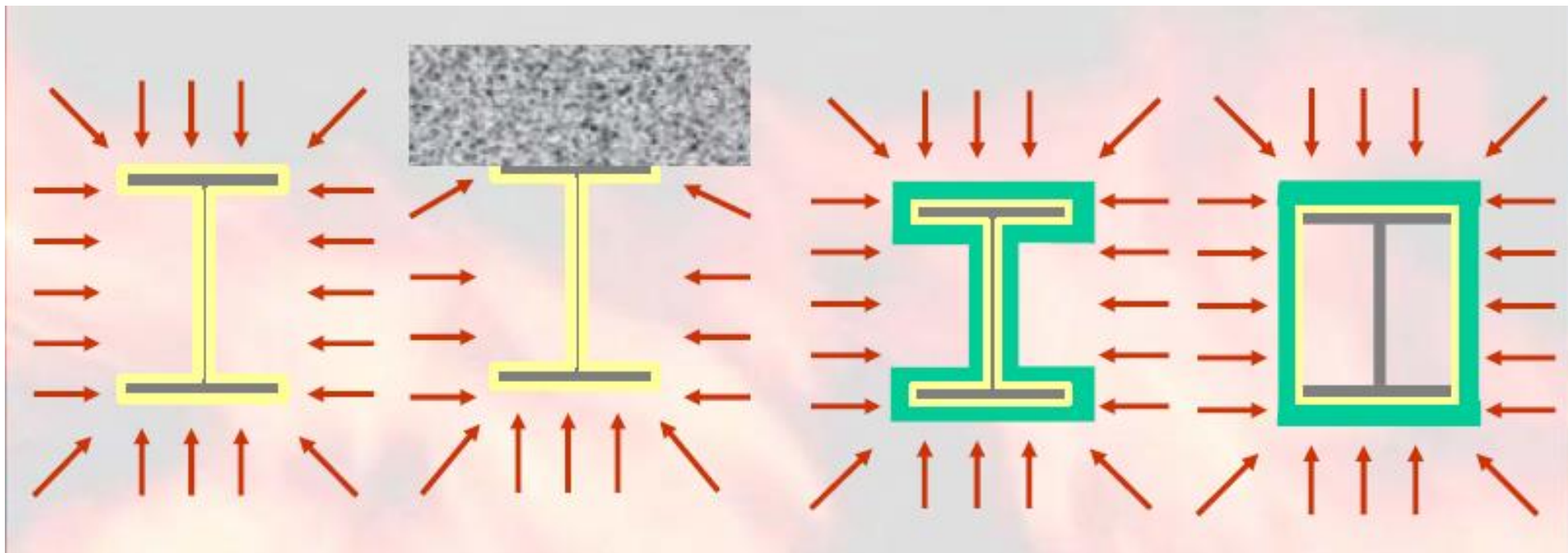
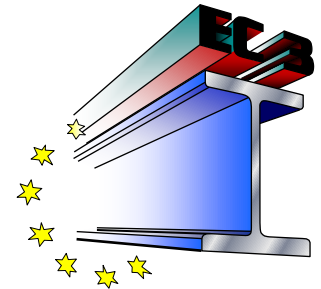
A_m az elem felszínének egység hosszra jutó értéke [m^2/m];



V az elem térfogatának egység hosszra jutó értéke [m^3/m];



EC 3-1-2



Védetlen acél elemre

Védett (burkolt) acél elemre

Hőmérséklet emelkedése a védelem nélküli acél elemben

A szelvény hőmérsékletének növekménye Δt idő alatt:

$$\Delta \theta_{a,t} = k_{sh} \frac{1}{c_a \rho_a} \frac{A_m}{V} h_{net,d} \Delta t$$

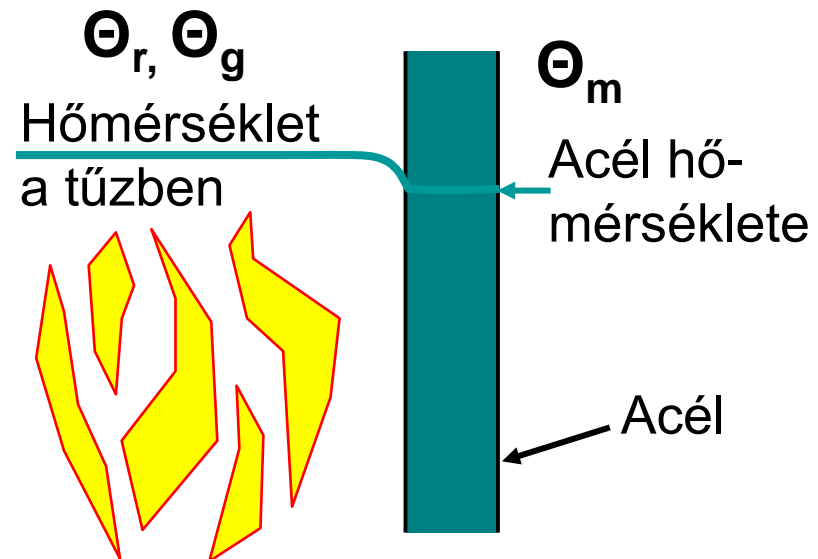
A $h_{net,d}$ hőáram 2 részből áll:

Sugárzás:

$$h_{net,r} = 5,67 \times 10^{-8} \Phi \varepsilon_{res} \left((\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right)$$

Konvekció:

$$h_{net,c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_m)$$



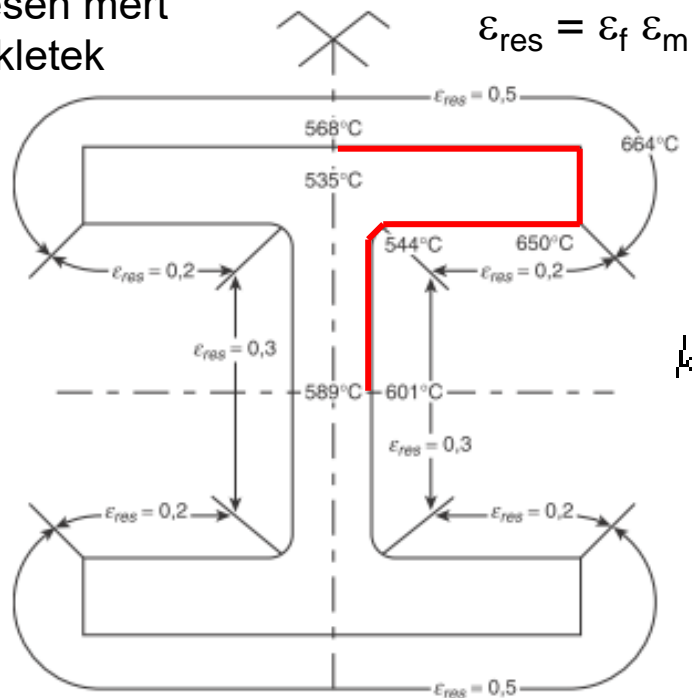
Befolyásoló tényezők

A szelvényen belüli hőmérséklet-eloszlás a valóságban nem egyenletes.

Korrekció szükséges \longrightarrow árnyékolási tényező k_{sh}

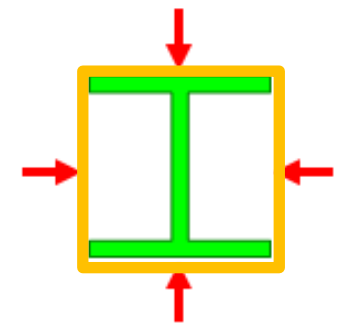
- Paraméterek a hősugárzáshoz: $\phi = 1,0$ and emissziós tényezők $\epsilon_f = 1,0$ and $\epsilon_m = 0,7$

Ténylegesen mért hőmérsékletek



$$k_{sh} = \begin{cases} \frac{0.9 [A_m / V]_b}{A_m / V} & \text{I szelvényre} \\ \frac{[A_m / V]_b}{A_m / V} & \text{Minden más szelvényre} \end{cases}$$

$(A_m / V)_b$ „dobozos érték”

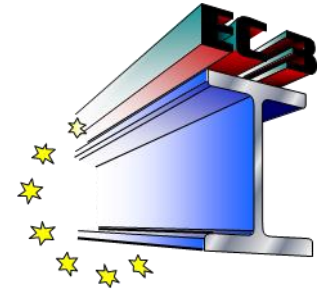


A_m kerület —
 V terület —

Acélhőmérséklet meghatározása

EC 1-1-2

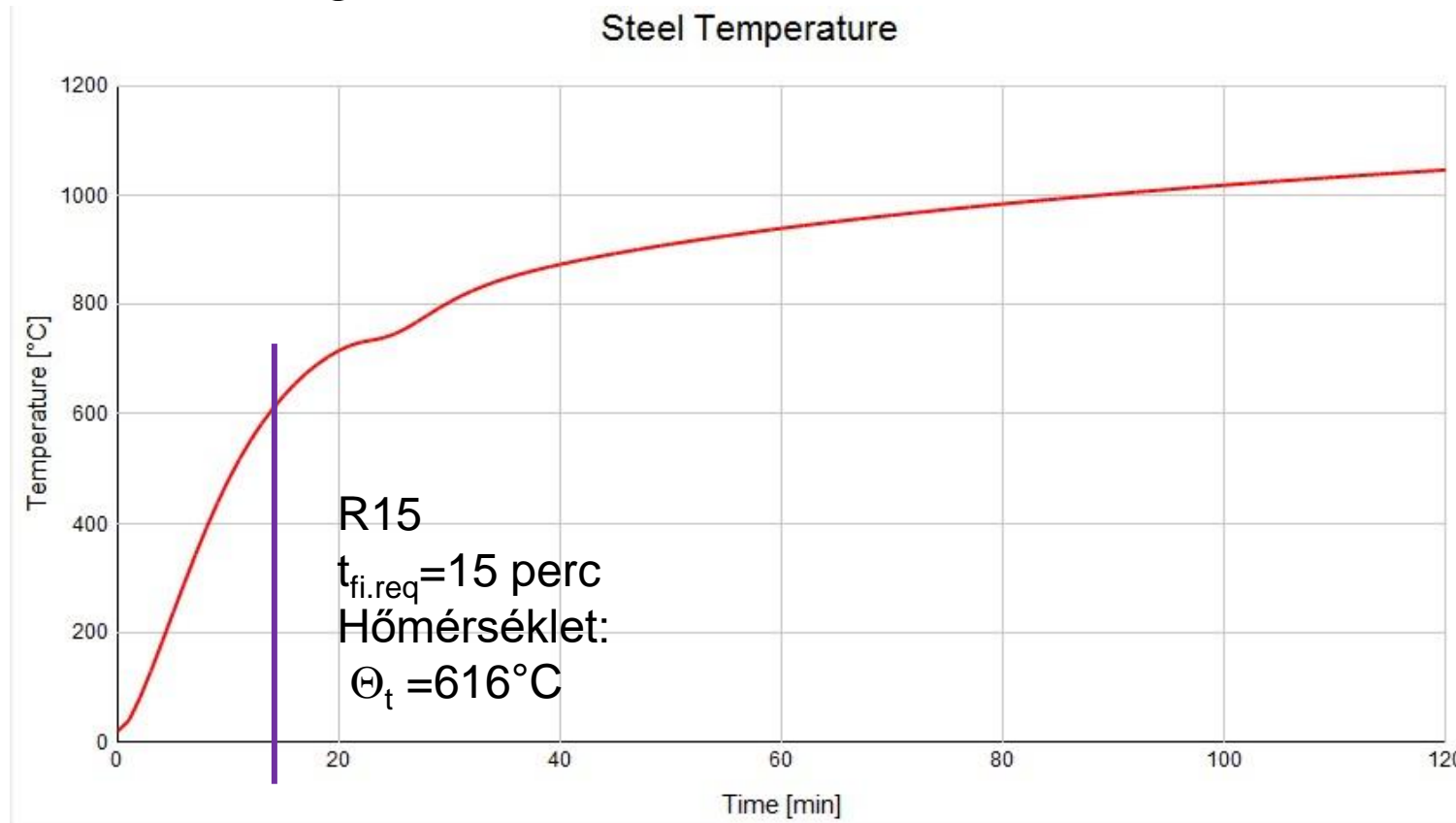
EC 3-1-2



- Hasonló képletek vannak védelemmel ellátott elemekre
- Használatuk:
 - Iteratív képletek! Nincs egy lépésben eredmény!
 - kis időlépésekben (max. 5 sec védetlen elemnél, tűzvédelem esetében max. 30 sec)
 - Excel, MathCad, MathLab jól alkalmazható

Acélhőmérséklet megállapítása célszoftverrel (pl. Ozone3)

IPE 300 födémgerenda 3 oldali tűzhatás ISO 834 tűzhatásgörbe



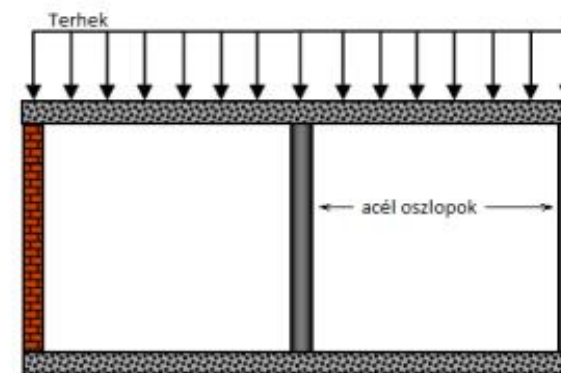
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



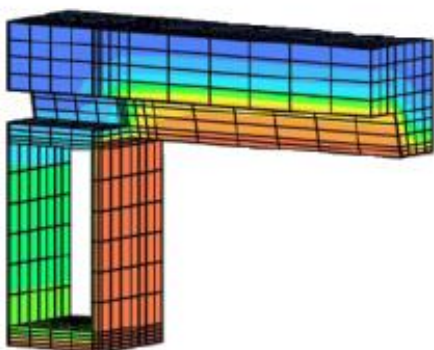
1. Gyújtóhatás



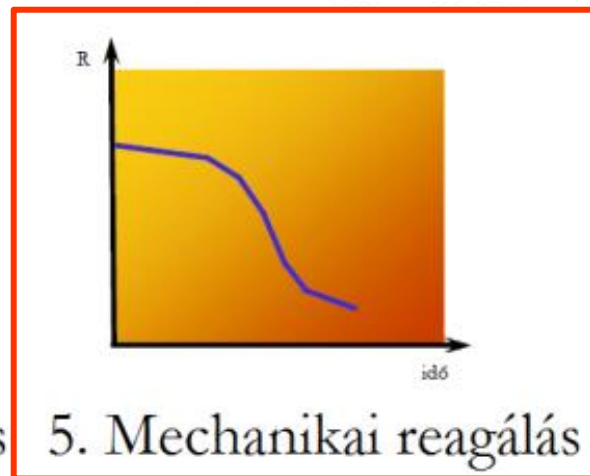
2. Termikus hatás



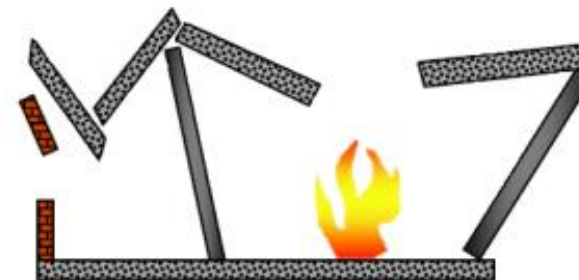
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



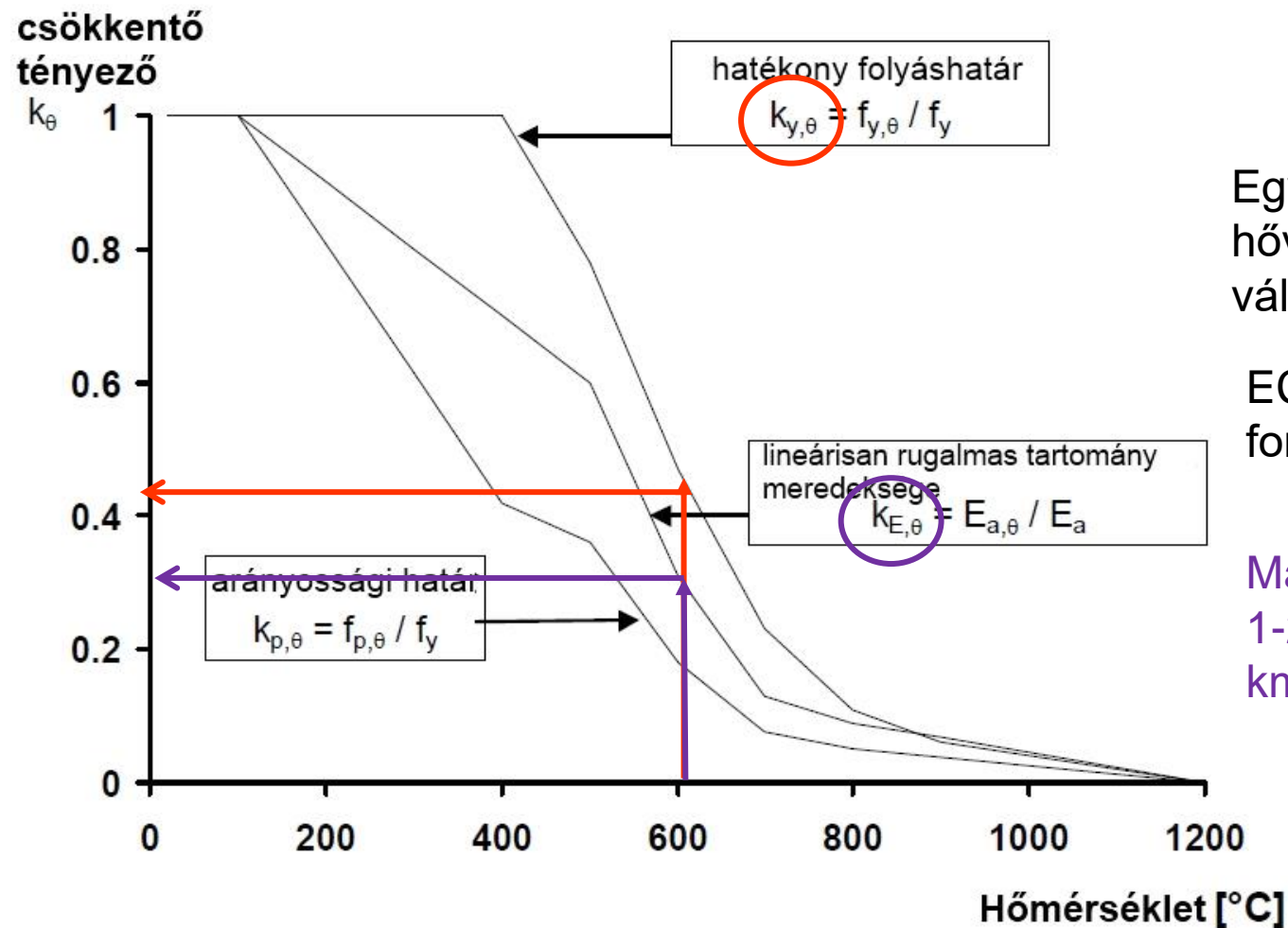
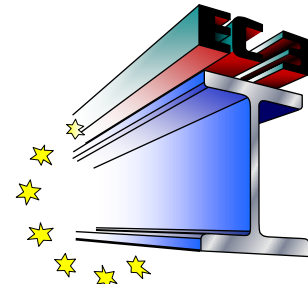
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

EC 3-1-2

Az acél szilárdságának és merevségének leépülése



Egyéb tulajdonságok(fajhő, hővezetési tényező ... is változnak!

EC 3-1-2 táblázatos formában adja az értékeket

Más táblázat vonatkozik az 1-2-3 osztályra, mint a 4. km. o. szelvényekre!

16/55

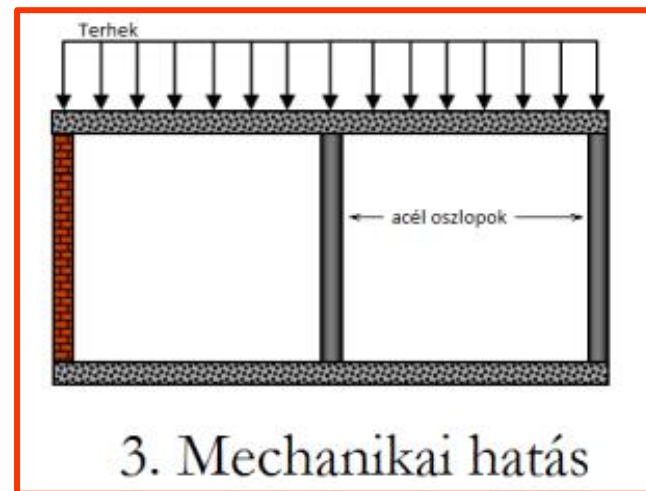
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



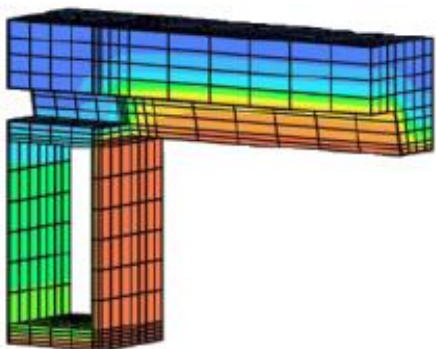
1. Gyújtóhatás



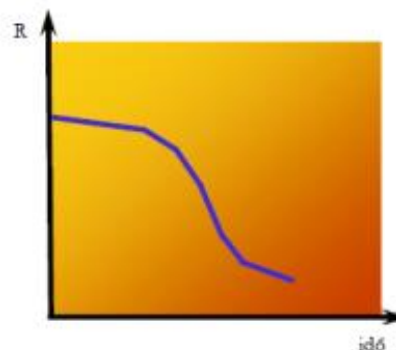
2. Termikus hatás



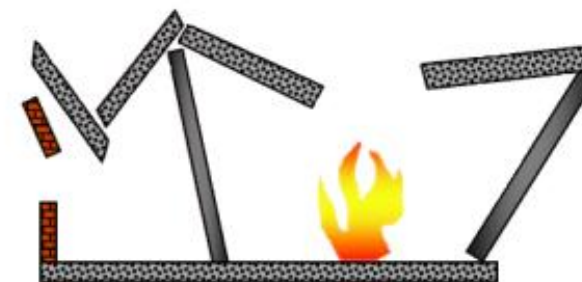
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás



Mechanikai hatások – „tűz állapota” rendkívüli teherkombináció

EN 1990 szerint

EC 0

EC 1-1-2

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

A_d : közvetett hatások hőmérsékletváltozásból (igénybevételek a hőtágulásból)

$G_{k,j}$: állandó hatások karakterisztikus értéke

$Q_{k,1}$: kiemelt esetleges hatás karakterisztikus értéke

$Q_{k,i}$: többi esetleges hatás karakterisztikus értéke

ψ : kombinációs tényezők rendkívüli állapotban

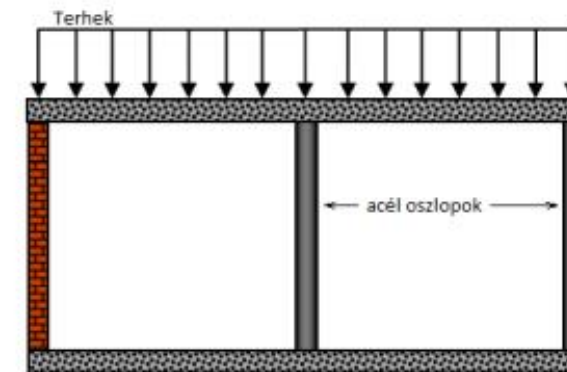
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



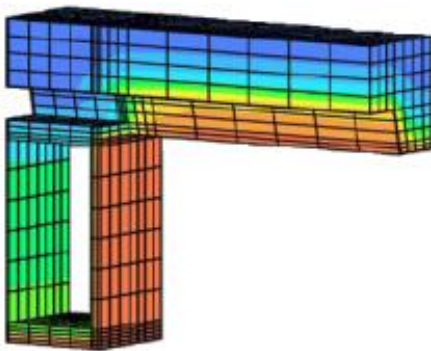
1. Gyújtóhatás



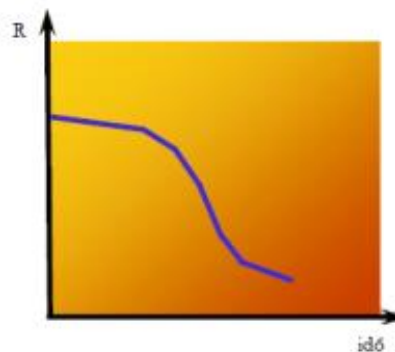
2. Termikus hatás



3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

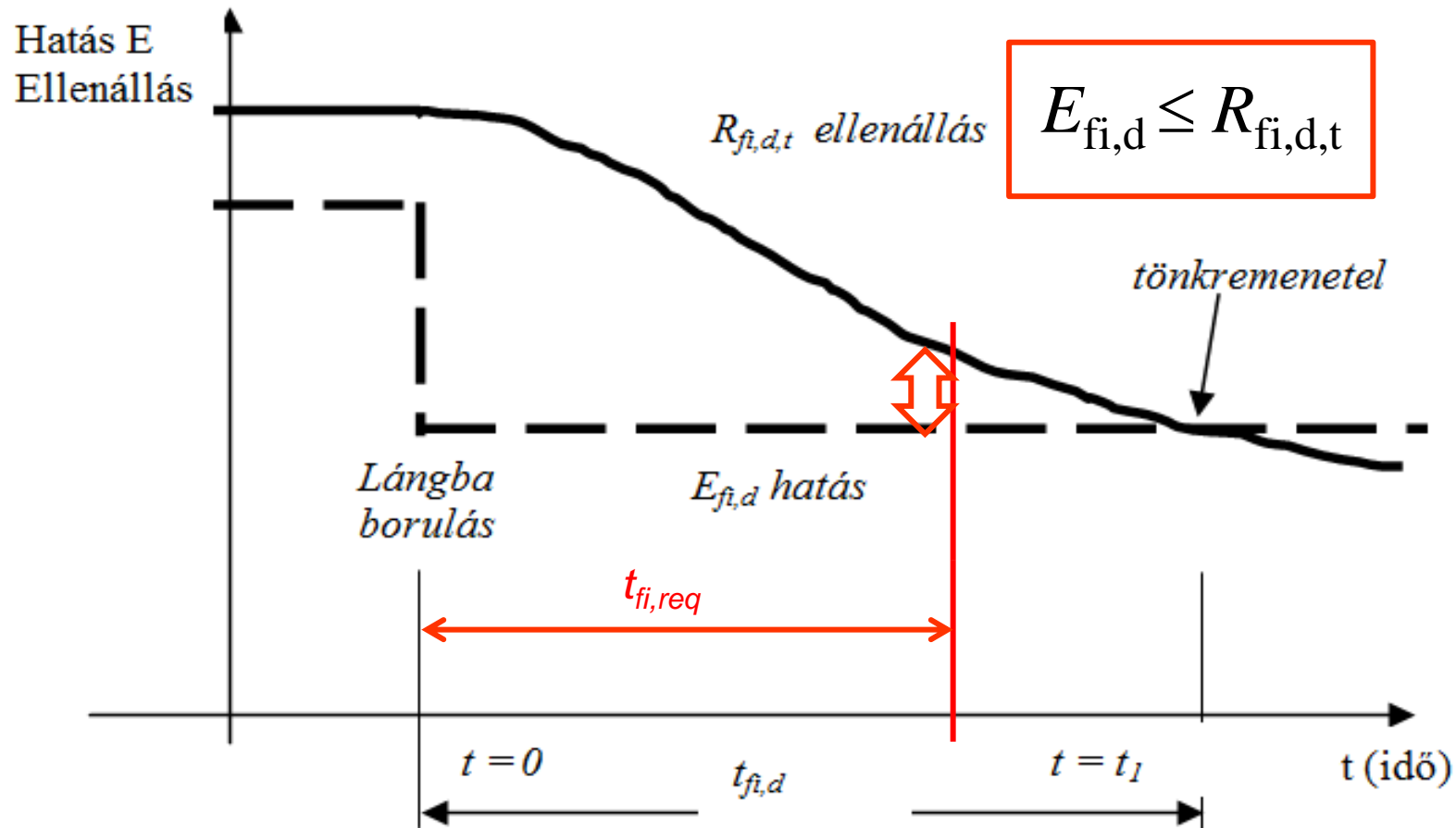


6. Lehetséges összeomlás



Szerkezet állékonyságának igazolási elve tűzhatás esetén

EC 1-1-2



20/50

Szerkezet állékonyságának igazolási lépései tűzhatás ^{EC 1-1-2} esetén

- Tűzállósági időtartam $t_{req} = R_{req}$ (R15; R30; R45...)
- Gázhőmérséklet \rightarrow szerkezeti elem hőmérséklete t_{req} idő múlva Φ_d
- Anyag mechanikai tulajdonságai Φ_d hőmérsékleten
- Ellenőrzés szabvány szerint $E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$
- NEM a tönkremenetel folyamatát követjük (azaz a **már terhelt** szerkezetre a tűz miatt **emelkedő hőmérsékletet** alkalmazunk), hanem **állandó hőmérséklettel** terhelünk, azzal ami a megkívánt tűzállósági időtartam végén keletkezne a szerkezet(i elem)ben. („steady state” analízis).

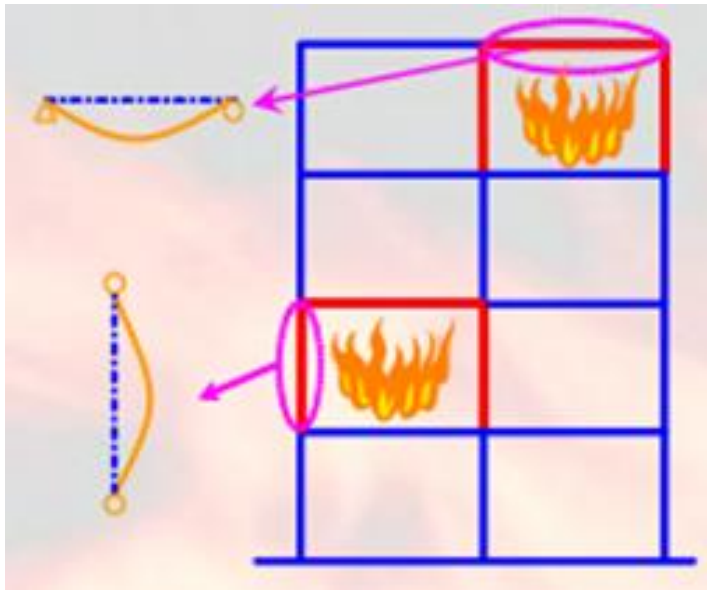
Eurocode szerinti méretezés

OTSZ-ből: Tűzállósági határérték követelmény T_M

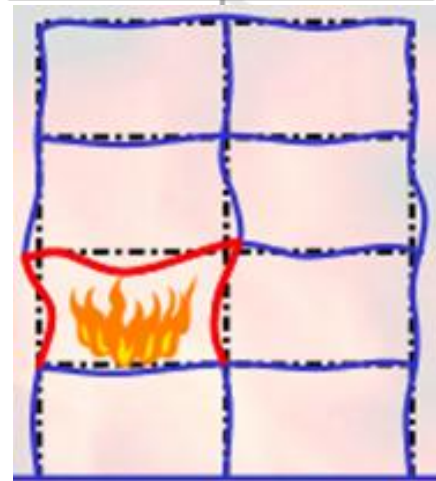


Eurocode szerinti számítással:
Tűzállósági határérték teljesítmény T_H

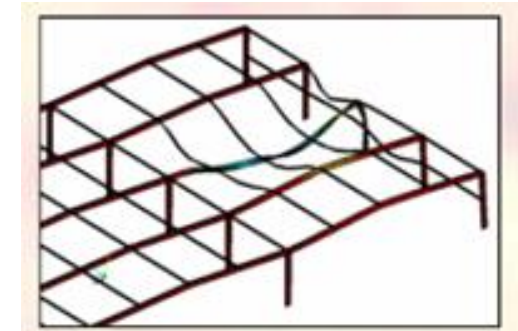
Szerkezeti elemek vizsgálata elkülönítve



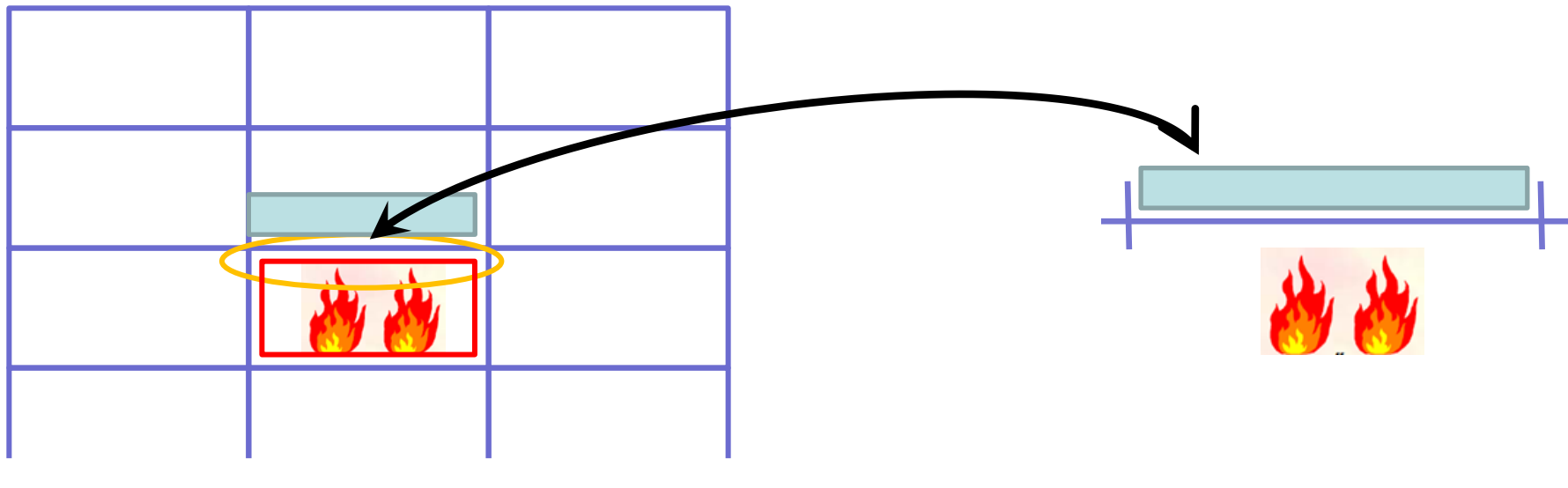
A szerkezet egy részének vizsgálata



A teljes szerkezet vizsgálata



Szerkezeti elemek elkülönített vizsgálata

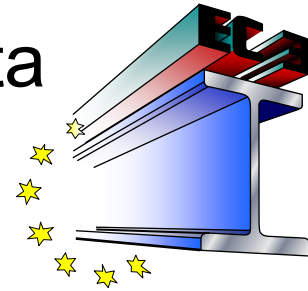
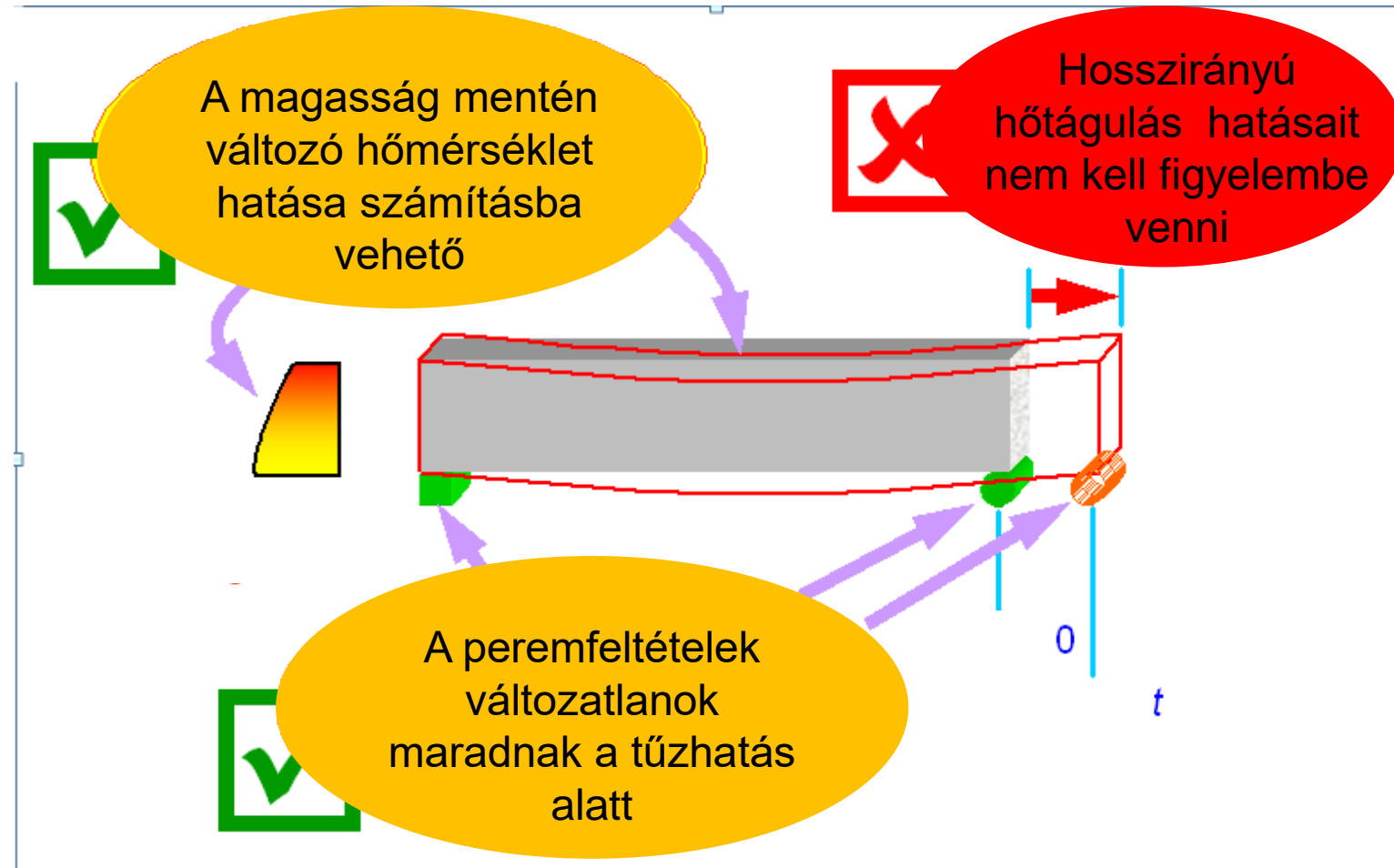


- A szerkezettől elkülönítve, abból kiemelve vizsgálunk, elemenként
- Elkülönítés ugyanúgy történjék, mintha normál hőmérsékleten számolnánk (megtámasztások maradnak)
- Teljes a párhuzam a laborkísérlettel, ha szabványos tűzhatásgörbét használunk!

Szerkezeti elemek egyenkénti vizsgálata

EC 3-1-2

- Egyszerűsítések ISO834 szabványos tűzhatásgörbe használata esetén:



24/50

Keresztmetszeti ellenállások számítása tűz esetén

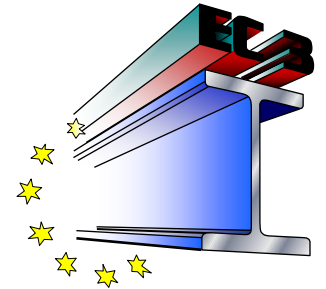
- Keresztmetszeti osztályok – mint EC3-1-1, de:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{k_{E,\theta}}{k_{y,\theta}}}$$

vagy egyszerűsítve:

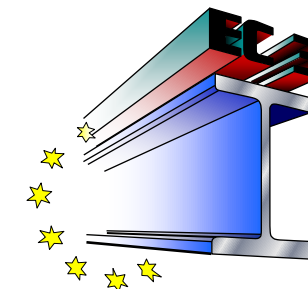
$$\varepsilon = 0,85 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

EC 3-1-2



Ellenőrzés adott hőmérsékleten

EC 3-1-2



- Húzott rúd:

$$N_{Rd,\phi,fi} = \frac{A \cdot k_{y\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \geq N_{Ed,fi}$$

- Hajlított gerenda:

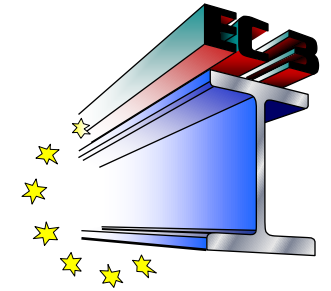
$$M_{Rd,\phi,fi} = \frac{W \cdot k_{y\theta} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \geq M_{Ed,fi}$$

- ahol: $k_{y,\theta}$ hőmérséklettől függő csökkentő tényező

Hőmérséklet	$k_{y,\theta}$ csökkentő tényező (a folyáshatárhoz) $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	$k_{p,\theta}$ csökkentő tényező (az arányossági határhoz) $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	$k_{E,\theta}$ csökkentő tényező (a rugalmassági moduluszhoz) $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,250	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,0375	0,0675
1000	0,040	0,0250	0,0450
1100	0,020	0,0125	0,0225
1200	0,000	0,0000	0,0000

Stabilitási ellenállások számítása tűz esetén

EC 3-1-2



- Kihajlás:

$$N_{b,Rd,\phi,fi} = \kappa_{fi} \cdot A \cdot k_{y\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

$$\bar{\lambda}_0 = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{y,E}}}$$

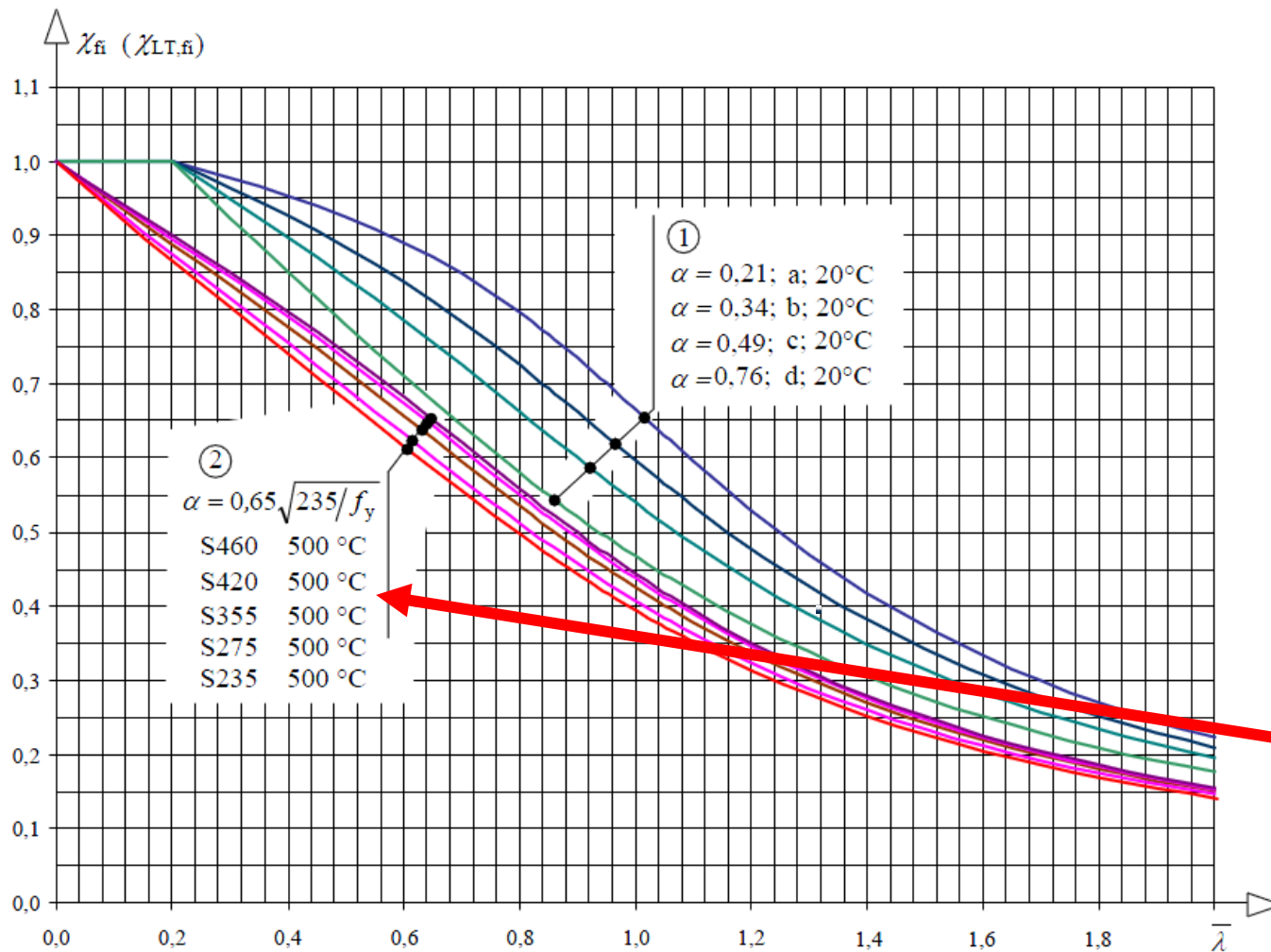
κ_{fi} speciális képletek! Eltérő az EC3-1-1-től!

- Kifordulás:

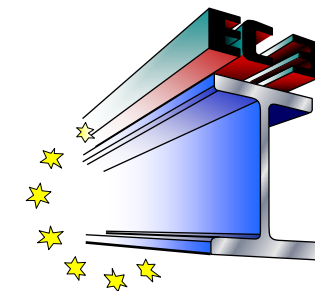
$$M_{b,Rd,\phi,fi} = \kappa_{LTfi} \cdot W \cdot k_{y\theta,com} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT,0} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{y,E}}}$$

κ_{LTfi} speciális képletek! Eltérő az EC3-1-1-től!



Kihajlási tényezők tűzhatás esetén



ezek is hőmérsékletfüggők!

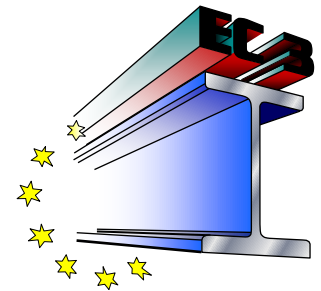
Figure 1.1 Reduction factors at room temperature and at 500 °C for carbon steels S235, S275, S355, S420, S460

EC 3-1-2

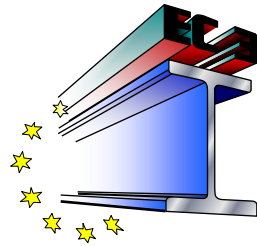
Egyszerűsített számítási eljárás

„Kritikus hőmérséklet módszere”

- Elem kritikus hőmérséklete – ahol a tönkremenetel bekövetkezik Θ_{cr} ($= \Theta_{max}$)
- Elem hőmérséklete $t_{fi,req}$ idő múlva Θ_d
- Ellenőrzés: $\Theta_{cr} > \Theta_d$
- A **tűzvédő bevonatok** (festékréteg-vastagság) megállapításához feltétlenül szükséges, további részletek Szakál Regina előadásában!



EC 3-1-2



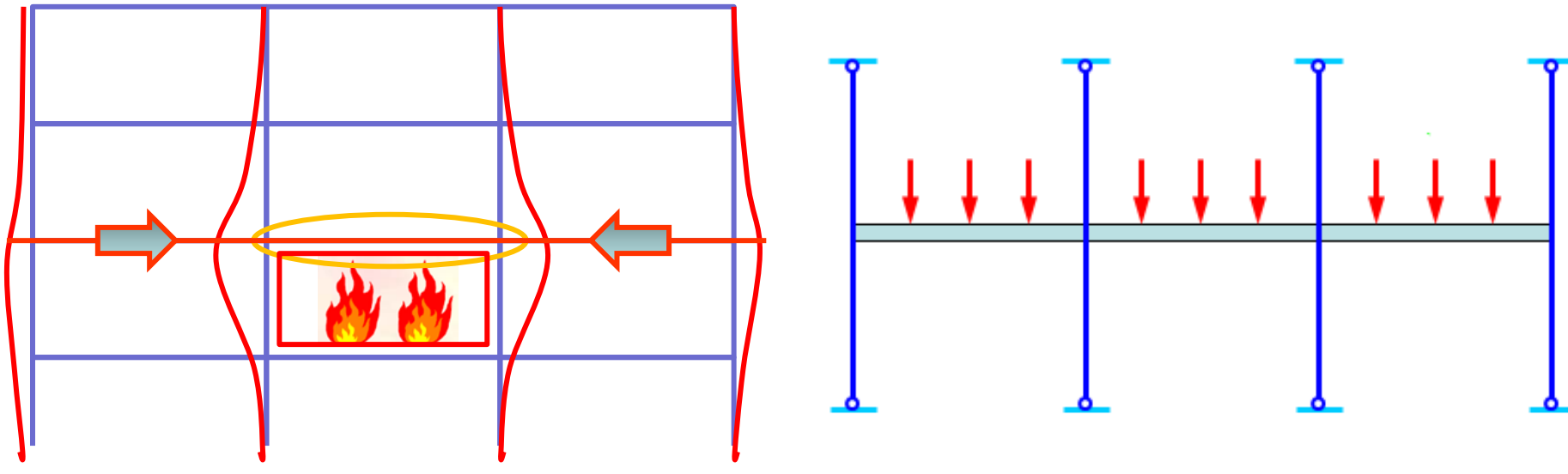
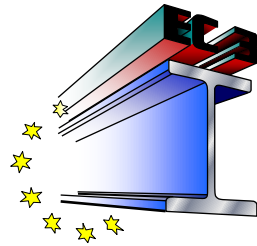
Szerkezeti elem elkülönített vizsgálata

Előnyök:

- hőtágulással nem kell számolni, ha a szabványos tűzgörbét használjuk és elemenkénti ellenőrzést alkalmazunk (EC3-1-2 2.4.1 Általános elvek (3) bek. 2. megjegyzés és 2.4.2 szakasz (4) bekezdés)
- „Szabványos tűzhatással szembeni ellenállási követelmények teljesítésének igazolásához az egyes elemek erőtani vizsgálata elegendő” (EC3-1-2 2.4.1 (3) 2. megjegyzése) – tehát az igénybevételek származhatnak akár térbeli modellből is!
- A szerkezeti elemek szabványos ellenőrzését nem az EC3-1-1, hanem az EC3-1-2 szerint kell elvégezni (módosult formulák, különösen stabilitásvizsgálatoknál).

Szerkezet egy részének vizsgálata

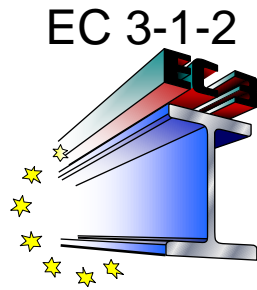
EC 3-1-2



- A vizsgálat során a szerkezet egy részének viselkedését elemezzük a tűz hatására
- Hőtágulás hatását tekintetbe kell venni az igénybevétel-számításban.
- A hőmérséklet hatására változó rugalmassági modulust tekintetbe kell venni mind az igénybevételeknél, mind a szerkezeti ellenállás megállapításánál.

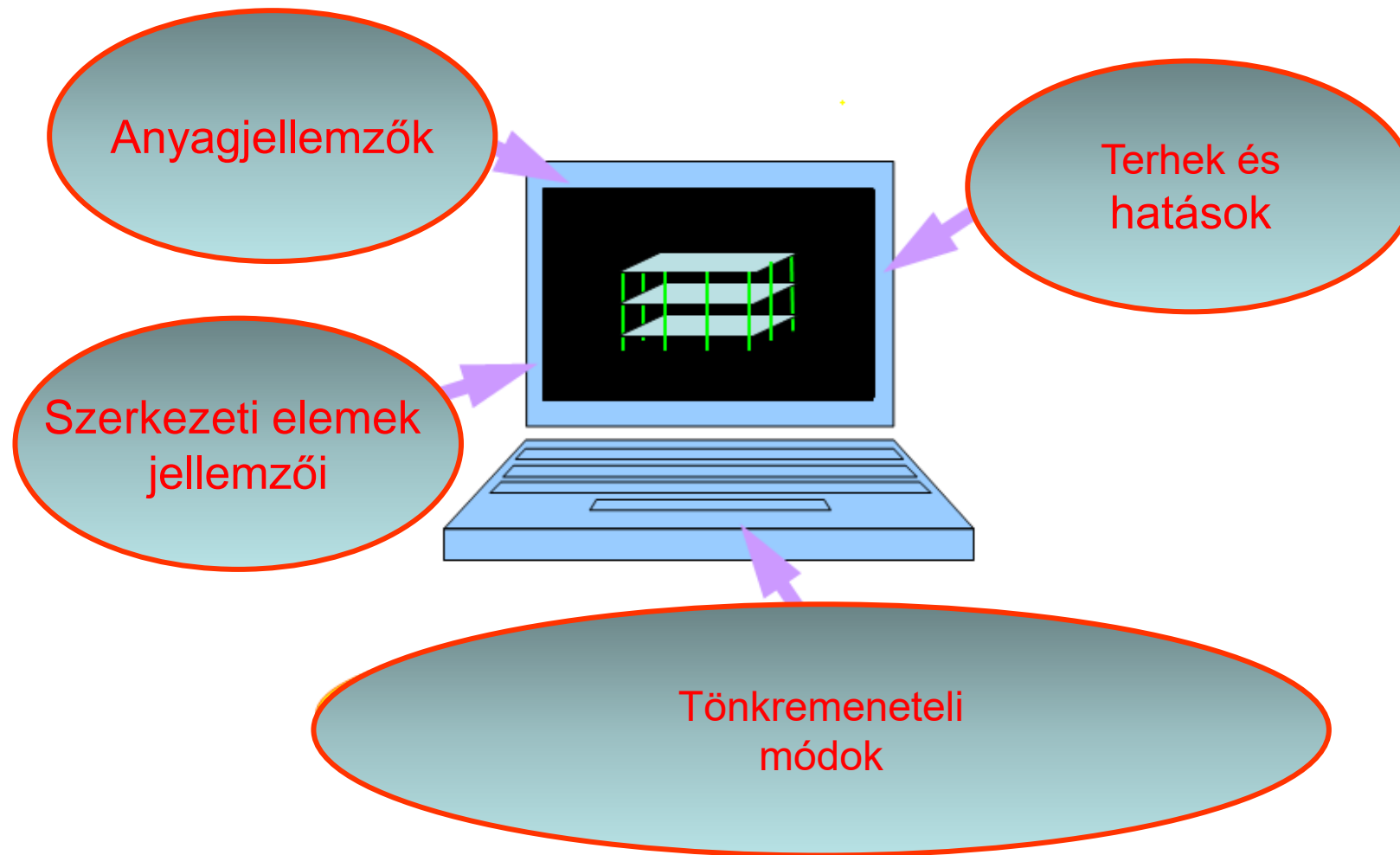
31/50

Szerkezet egy részének vizsgálata



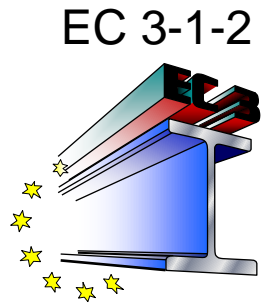
- A szerkezet modellezése könnyen megoldható (pl. főtartó keret ellenőrzése - síkbeli modellel)
- A rugalmassági modulus és a folyáshatár megváltozását a hőmérséklet függvényében tekintetbe kell venni!
- A síkba eső hőtágulás nem elhanyagolható, tehát a szerkezeti elemekre a számított hőmérsékletük teherként hat.
- Termikus hatásokat lehet névleges tűzhatásgörbével számolni, de célszerűbb fejlettebb tűzhatásmodell alapján számítani (legalább lokális tűzzel).

Térbeli 3d szerkezeti analízis és méretezés



Teljes szerkezet vizsgálata

- A 3D modellt módosítani kell a tűzhatásra való tervezéshez.
- Az anyagmodellben a rugalmassági modulus hőmérsékletfüggését (csökkenését) tekintetbe kell venni.
- A szerkezeti elemek tűzhatásra elért hőmérsékletét (Φ_d) hőteherként alkalmazni kell, a hőtágulást figyelembe kell venni minden irányban.
- A rug. modulus csökkenését a szerkezeti merevség elemzésénél is tekintetbe kell venni.



Teljes szerkezet vizsgálata

EC 3-1-2

- Számítási tapasztalat: szabványos tűzgörbe esetén irreálisan nagyok a hőtágulások – emiatt hatalmas normálerőket kapunk eredményül az épület hosszirányában (különösen a merevítőrendszerben).
- A tűzkísérletek tapasztalatai: a tűzszakaszban a tűzhatás alatt álló elemek jóval nagyobb lehajlásokat szenvednek, le- és kihajolnak, kisebb normálerők keletkeznek.
- Megoldás: a termikus hatásokat javasolt **NEM** a szabványos ISO834 tűzhatásgörbe alapján, hanem fejlett tűzmodell (szimuláció, vagy lokális tűzhatás alapján) alapján javasolt számítani – vagy speciális célszoftvert alkalmazni.

Szerkezeti analízis (igénybevételek számítása és ellenőrzés) lehetőségei

ISO834 szabványos tűzhatás és elemenkénti ellenőrzés

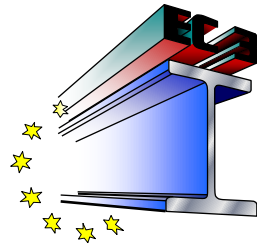
- A normál hőmérsékleti számításhoz képest változatlan modellen számíthatók az igénybevételek (akár 2D akár 3D)
- Hőmérsékleti hatásokat teherként nem kell számításba venni (hőtágulástól eltekinthetünk)
- Igénybevétel-számításnál vizsgálandó teherkombináció: rendkívüli állapot, tűzhatás
- Szerkezeti elemek vizsgálatát az emelt hőmérsékletű anyagtulajdonságok figyelembevételével kell elvégezni (mind a szilárdsági, mind a merevségi jellemzők tekintetében $f_{y\Phi}$ és E_{Φ})

Nem ISO834 tűzhatás vagy ISO 834 de nem elemenkénti ellenőrzés

- A modellben az egyes elemek anyagtulajdonságai a hőmérsékletüknek megfelelően állítandók be (mind a szilárdsági, mind a merevségi jellemzők tekintetében $f_{y\Phi}$ és E_{Φ})
- Az egyes elemek hőmérsékletét teherként is alkalmazni kell
- Igénybevétel-számításnál vizsgálandó teherkombináció: rendkívüli állapot, tűzhatás
- Szerkezeti elemek vizsgálatát az emelt hőmérsékletű anyagtulajdonságok figyelembevételével kell elvégezni (mind a szilárdsági, mind a merevségi jellemzők tekintetében $f_{y\Phi}$ és E_{Φ})

Csomópontok méretezése

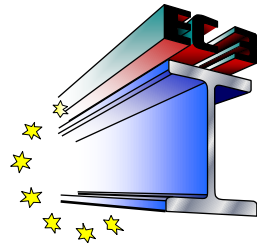
EC 3-1-2



- Kevés útmutatás és előírás
- Egyszerűen:
 - Csavarozott vagy hegesztett csomópontok tűzhatással szembeni ellenállása megfelelő, ha a következő feltételek teljesülnek:
 - A csomópont kihasználtsága legyen egyenlő vagy kisebb, mint az összekapcsolt elemek bármelyikének legnagyobb kihasználtsága.
 - A csomópont ellenállása normál hőmérsékleten feleljen meg az EN 1993-1-8-ban foglalt előírásoknak.
 - Ha tűzvédelem van, akkor az legalább olyan teljesítményű legyen, mint a csatlakozó elemeken.
- Részletesen: „D” melléklet szerint

Csomópontok méretezése

EC 3-1-2



- „D” melléklet szerint (ez sem ad részletes útmutatást)

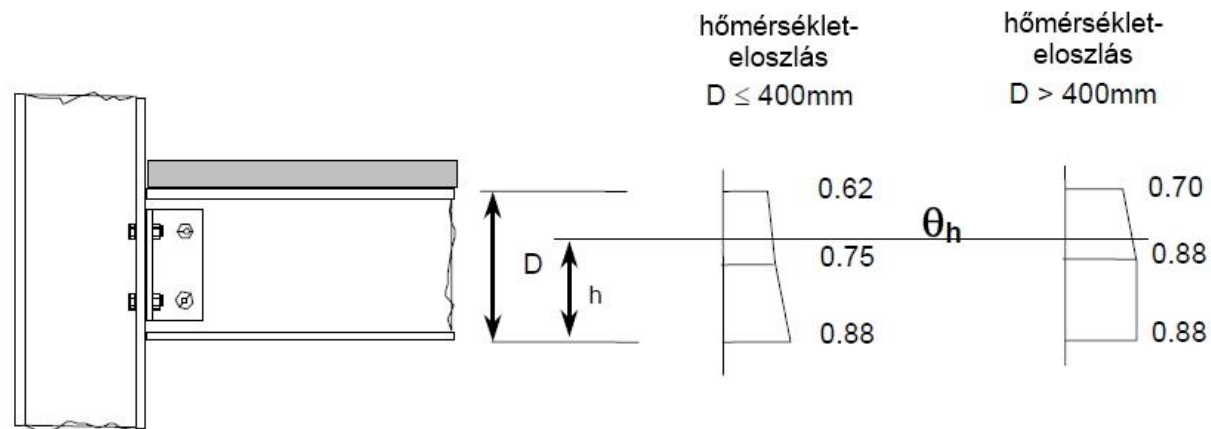
- Csavaroknál:
$$F_{v,t,Rd} = F_{v,Rd} \cdot k_{b,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$F_{b,t,Rd} = F_{b,Rd} \cdot k_{b,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}$$

- Varratoknál:

$$F_{w,t,Rd} = F_{w,Rd} \cdot k_{w,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M2}}{\gamma_{M,fi}}$$

- Teljes csomópontoknál: hőmérséklet-eloszlás a csomóponton belül nem állandó



38/50

Csomópontok méretezése

- Számítások tapasztalatai:
 - A szabványban javasolt hőmérséklet-eloszlás javításra szorul
 - A csomópontokban több anyag van, vastagabb lemezek, emiatt lassabban melegszenek át
 - homloklemezcsomópontoknál a gerenda teherbírása gyorsabban csökken, mint a csomóponté, tehát ha a gerenda megfelel R15-re, akkor várhatóan a csomópont is megfelel
 - Pengelemezes csomópontoknál van ellentétes tapasztalat is, kísérletek alapján ezeknél a lehülési fázis a kritikus.
- Részletes csomóponti modellezés kell, ha kritikus (legalább vége-selelemes hőmérséklet-eloszlás számítás)

Acélszerkezet tűzvédelme

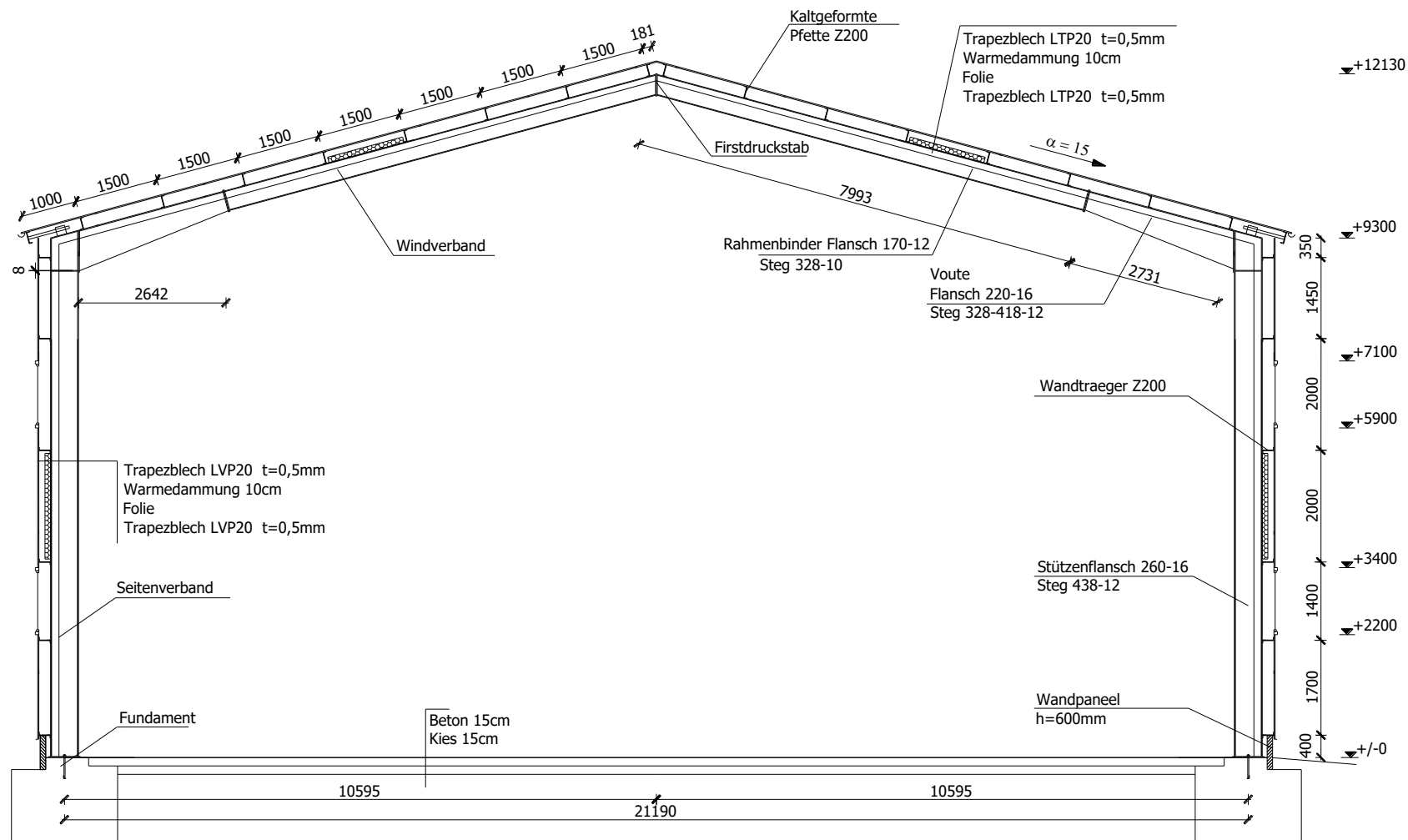
Ha nem felel meg védelem nélkül – tűzvédő bevonat vagy burkolat kell!

Célja: az acélszelvény felmelegedésének lelassítása

Költséges - érdemes differenciálni a védendő elemeket!

Részletek: Szakál Regina előadásában

Ipari csarnok ellenőrzése tűzhatásra síkbeli keretként



Ipari csarnok

- S235 J0 acél
- R15 szabványos tűzre
- Síkbeli keret modell, „tartószerkezet egy része”
- Elemenkénti hőmérsékletszámítás
- Rug.mod változtatása és hőteher az elemenként számolt hőmérsékletből
- Igénybevétel számítás
- Szerkezeti elemek ellenőrzése
- Feltételezés: a főtartó oldalirányú megtámasztásai a tűzhatás esetén változatlanok maradnak – nem csak a szélrácsot és hosszkötetést, hanem a merevítésben részt vevő szelemeneket és falvázgerendákat is ellenőrizni R15-re!

Keretgerenda R15

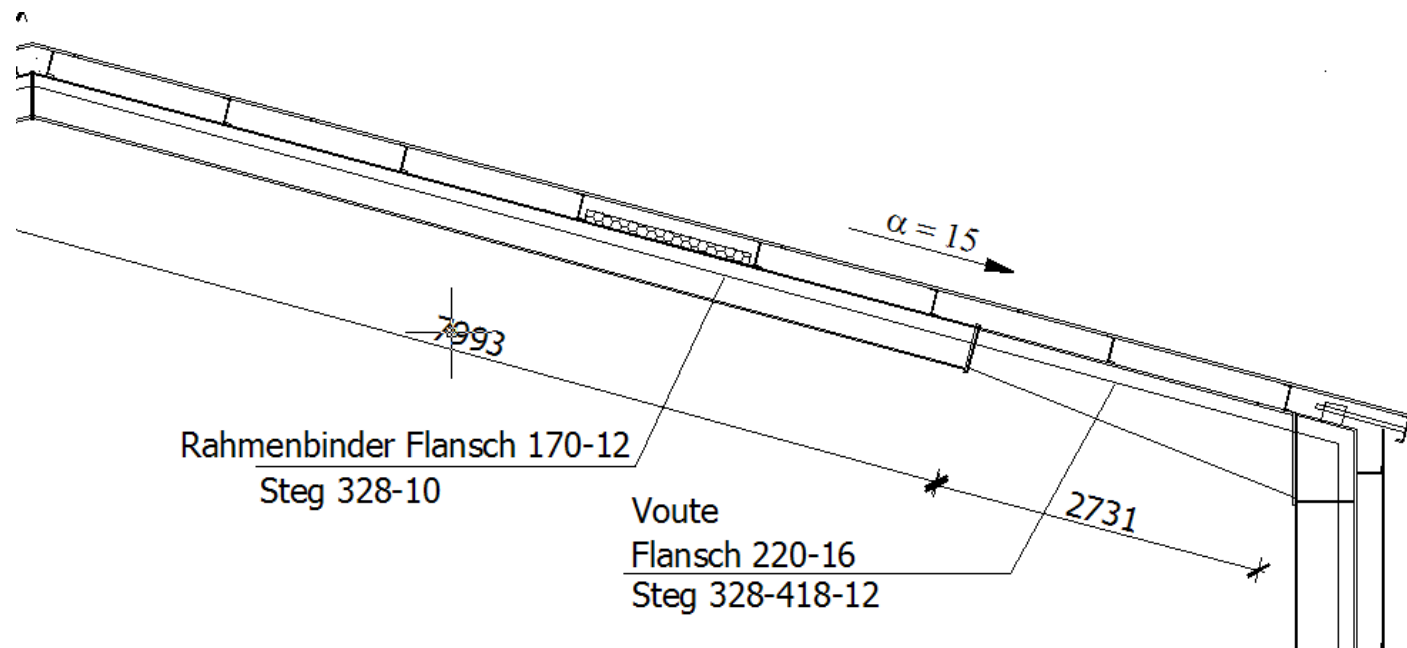


Normál hőmérséklet:

öv	170-12
gerinc	328-10
hajlítás	68%
Kifordulás	94%

tűzben: 615°C

Öv	170-14
Gerinc	328-10
hajlítás	45%
Kifordulás	86%



kiékelés R15



Normál hőmérséklet:

öv 220-16

gerinc 328 – 428 -12

hajlítás 84%

kifordulás 92%

Interakció KIH-KIF 100%

tűzben: 615°C

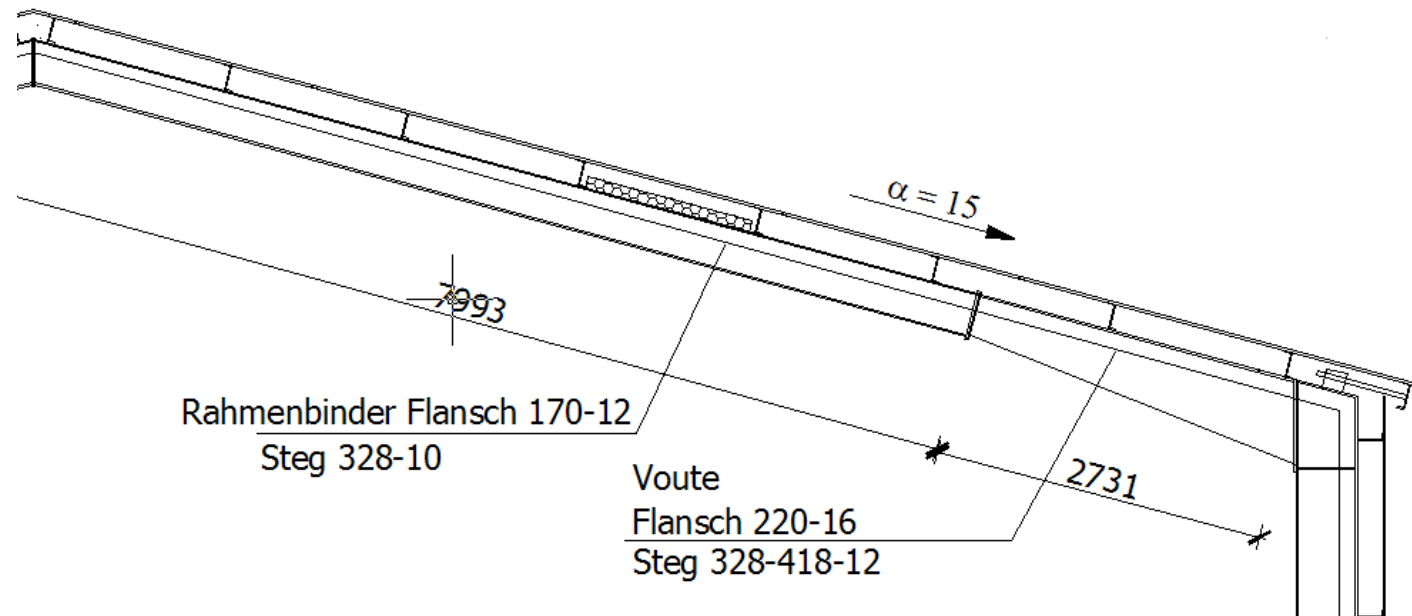
öv 220-**18**

gerinc 328 – 428 - **14**

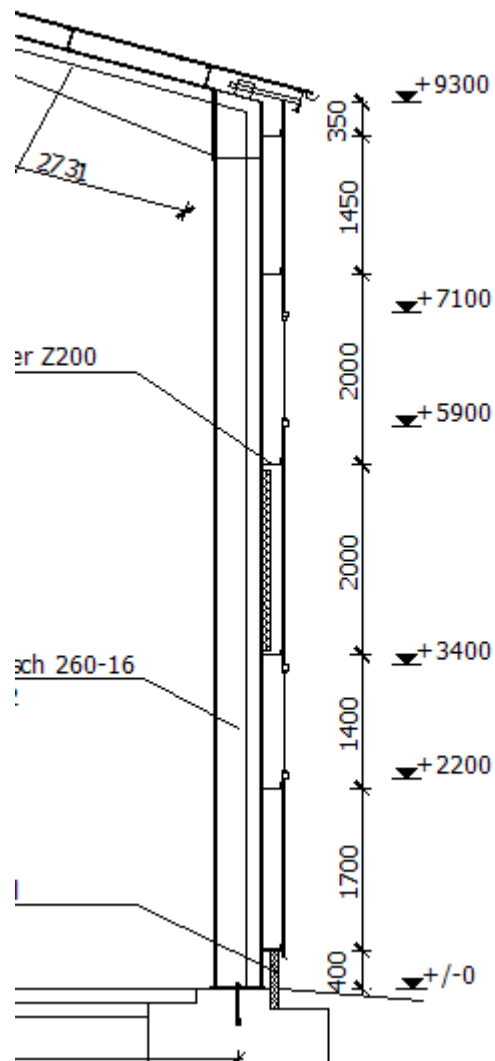
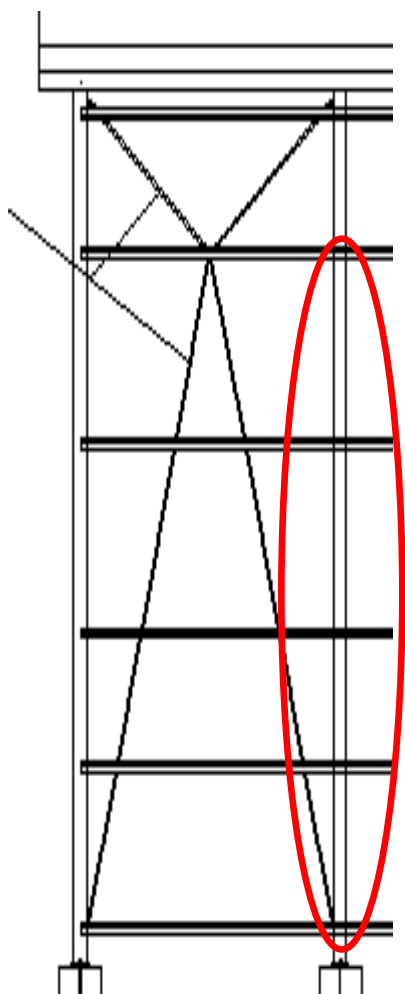
hajlítás 45%

kifordulás 86%

Interakció KIH-KIF 95%



Oszlop alsó szakasza R15



tűzben: 561°C

öv 260-18

gerinc 438 - 12

kihajlás 15%

Kifordulás 89%

Interakció KIH-KIF 100%



Normál hőmérsékleten:

öv 260-16

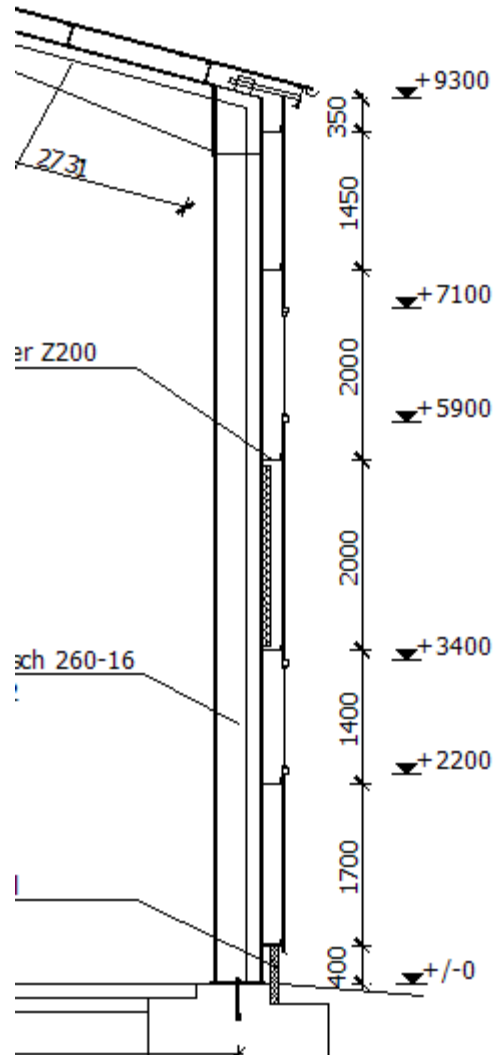
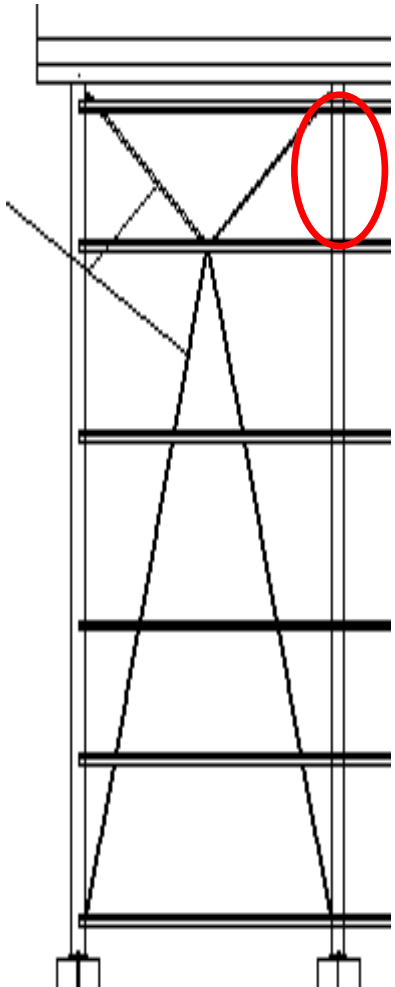
gerinc 438 - 12

Kihajlás 12%

Kifordulás 89%

Interakció KIH-KIF 98%

Oszlop felső szakasza R15



Tűzben: 561°C
 Öv 260-18
 Gerinc 438 - 12
 Kihajlás 26%
 Kifordulás 55%
 Interakció KIH-KIF 89%



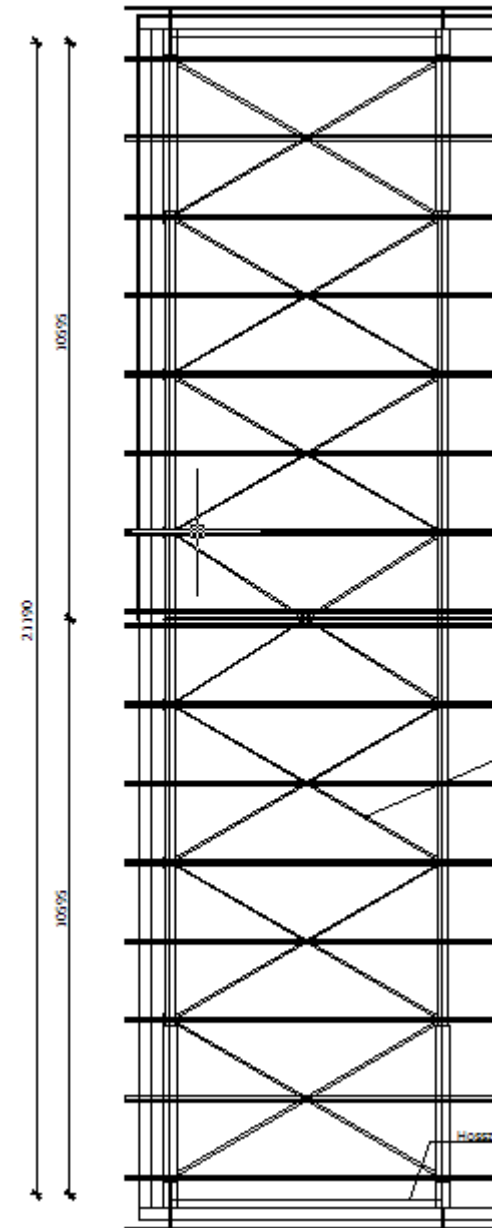
Normál hőmérséklet:
 Öv 260-16
 Gerinc 438 - 12
 Kihajlás 22%
 Kifordulás 53%
 Interakció KIH-KIF 97%

Szélrács R15

normál:
kőracél $\Phi 20$ mm



tűzben: 758°C
kőracél $\Phi 25$ mm



Vékonyfalú szelvények R15 (szelemen, trapézlemez)

Profilméret $A = 100 - 350$ mm
Lemezvtg. $t = 1 - 3$ mm

Profilmfaktor $U/A: 500 - 2000$
Hőmérséklet: $730 - 738^\circ\text{C}$

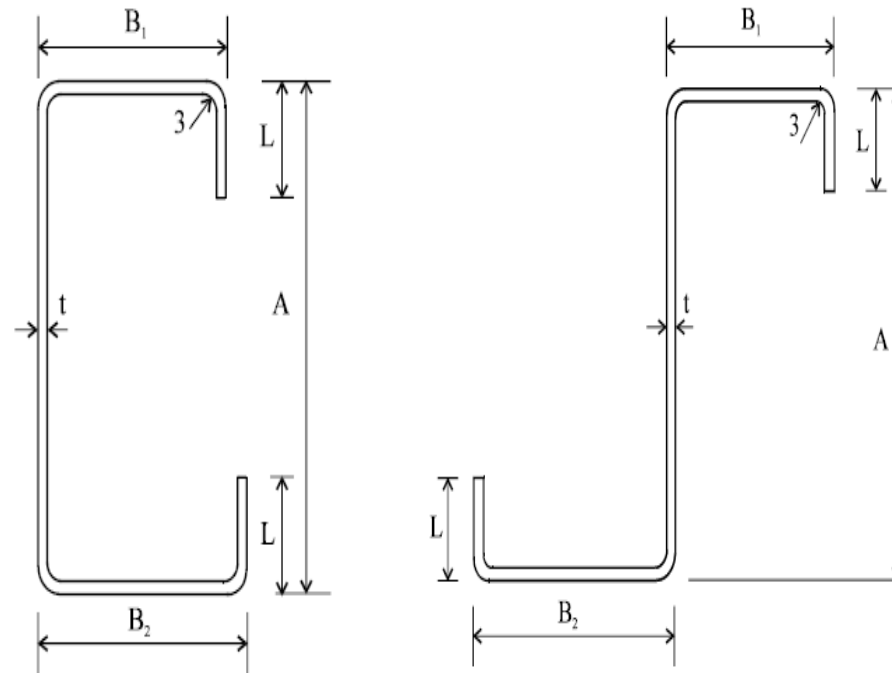
Csökkentő tényezők

$$k_{y\theta} = 0,11-0,13$$

$$k_{E\theta} = 0,12 - 0,13$$

Teherbírás tűz állapotában:

$$R_{d,t} = 0,06-0,13 R_{d,0}$$



Speciális tönkremeneteli módjaik miatt (nem alaktartó kifordulás, merevítőelemek stabilitásvesztése) csak ezeket figyelembe vevő számítási módszerrel dolgozhatunk – ajánlott inkább a gyártó adatai, szoftvere segítségével.

Tapasztalatok ISO tűzhatásra:

- R15: ha normál ULS-re NEM 100%-osan kihasznált, akkor van esély.
- Emiatt kismértékű túlméretezés ULS-ben szükséges!
- Különös figyelmet a merevítésekre!
- R30: csak védelemmel/burkolattal érhető el.
- Szelemen, trapézlemez, burkolatok, szendvicspanel: TvMI-ben elfogadott dokumentáció, gyártói támogatás, táblázatok, kiadványok R15 (R30) vagy a speciális viselkedést követni képes méretező szoftverek alkalmazása.

Irodalomjegyzék, forrásgyűjtemény



- <http://bookshop.europa.eu/hu/dissemination-of-structural-fire-safety-engineering-knowledge-difisek--pbKINA23332/>
- <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/>
- Mérnöki Kamara: Tartószerkezetek tűzvédelmi méretezése EC alapján (elmélet + példatár)

Köszönöm a figyelmet!

Folyt. köv....