



Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra - alapelvek és mérnöki eszközrendszerek

Dr. Horváth László

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Tartalom

- Tűzvédelem feladata
- Tűzvédelmi tervezés folyamata, hatáskörök
- Hagyományos, normatív alapú tervezés
- Mérnöki tűztervezés lépései
- Különböző anyagú tartószerkezetek viselkedése emelt hőmérsékleten
- Terhek és hatások tűz esetén
- Ellenállás igazolásának elve

Tűzvédelem célja, feladata

EU direktíva CPD 89/106/EEC:

Az építményt úgy kell megtervezni és megépíteni, hogy tűz esetén

- az építmény **meghatározott időtartamig** őrizze meg teherbíró képességét;
- korlátozva legyen a tűz és füst keletkezése és tovaterjedése az építményen belül és a szomszédos épületekre;
- az építményben tartózkodók az épületet sértetlenül elhagyhassák, vagy ki lehessen őket menteni;
- biztosítva legyen a tűzoltók biztonsága

Nemzeti szabályozás - OTSZ

Jelenleg érvényben:

- **A Belügyminiszter 54/2014. (XII. 5.) BM rendelete az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról**
- **Legújabb módosítása 2022 júniusában lépett hatályba!**
- Jogszabály – 125oldal ~ 300 paragrafus + ábrák és táblázatok 18 mellékletben
- V. fejezet Általános szerkezeti követelmények
- XII. fejezet: Speciális építmények tűzvédelme
- Nem szabályoz mindent – Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek csatlakoznak hozzá.

TvMI státusa

- A Ttv. 3/A. § (3) bekezdése szerint az OTSZ-ben meghatározott biztonsági szint elérhető
- a) tűzvédelmet érintő nemzeti szabvány betartásával,
 - b) a TvMI-kben kidolgozott műszaki megoldások, számítási módszerek alkalmazásával, vagy
 - c) a TvMI-től vagy a nemzeti szabványtól részben vagy teljesen eltérő megoldással, ha az azonos biztonsági szintet a tervező igazolja.

Az építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzőiről szóló Tűzvédelmi Műszaki Irányelvet a Tűzvédelmi Műszaki Bizottság dolgozta ki a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény (a továbbiakban: Ttv.) 3/A. § (2) bekezdése alapján.

A TvMI alkalmazása önkéntes. A TvMI alkalmazást úgy kell tekinteni, hogy azzal az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (továbbiakban: OTSZ) vonatkozó követelményei teljesülnek, az OTSZ által elvárt biztonsági szint megvalósul. A TvMI és módosításai a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (www.katasztrofavedelem.hu) honlapján ingyenesen megtekinthetők és letölthetők. A TvMI – tartalmi és formai módosítása nélkül – terjeszthető, sokszorosítható.

Az alkalmazás előtt győződjön meg arról, hogy a hatályos TvMI-t használja-e.

Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek

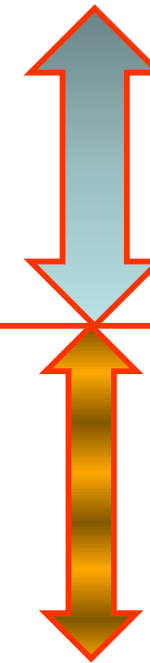
Letölthetők az OKF honlapjáról

<https://www.katasztrofavedelem.hu/213/tuzvedelmi-muszaki-iranyelvek>

1. Tűzterjedés elleni védelem
2. Kiürítés
3. Hő és füst elleni védelem
4. Tűzoltó egységek beavatkozási feltételeinek biztosítása
5. Beépített tűzjelző berendezés tervezése, telepítése
6. Beépített tűzoltó berendezések tervezése, telepítése
7. Villamos berendezések, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem
8. Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint menekülési szimuláció
9. Tűzvédelmi Műszaki Megfelelőségi Kézikönyv
10. Szabadtéri rendezvények
11. Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői
12. Felülvizsgálat és karbantartás
13. Robbanás elleni védelem
14. Kockázati osztályba sorolás

Tűzvédelmi tervezés folyamata, hatáskörök

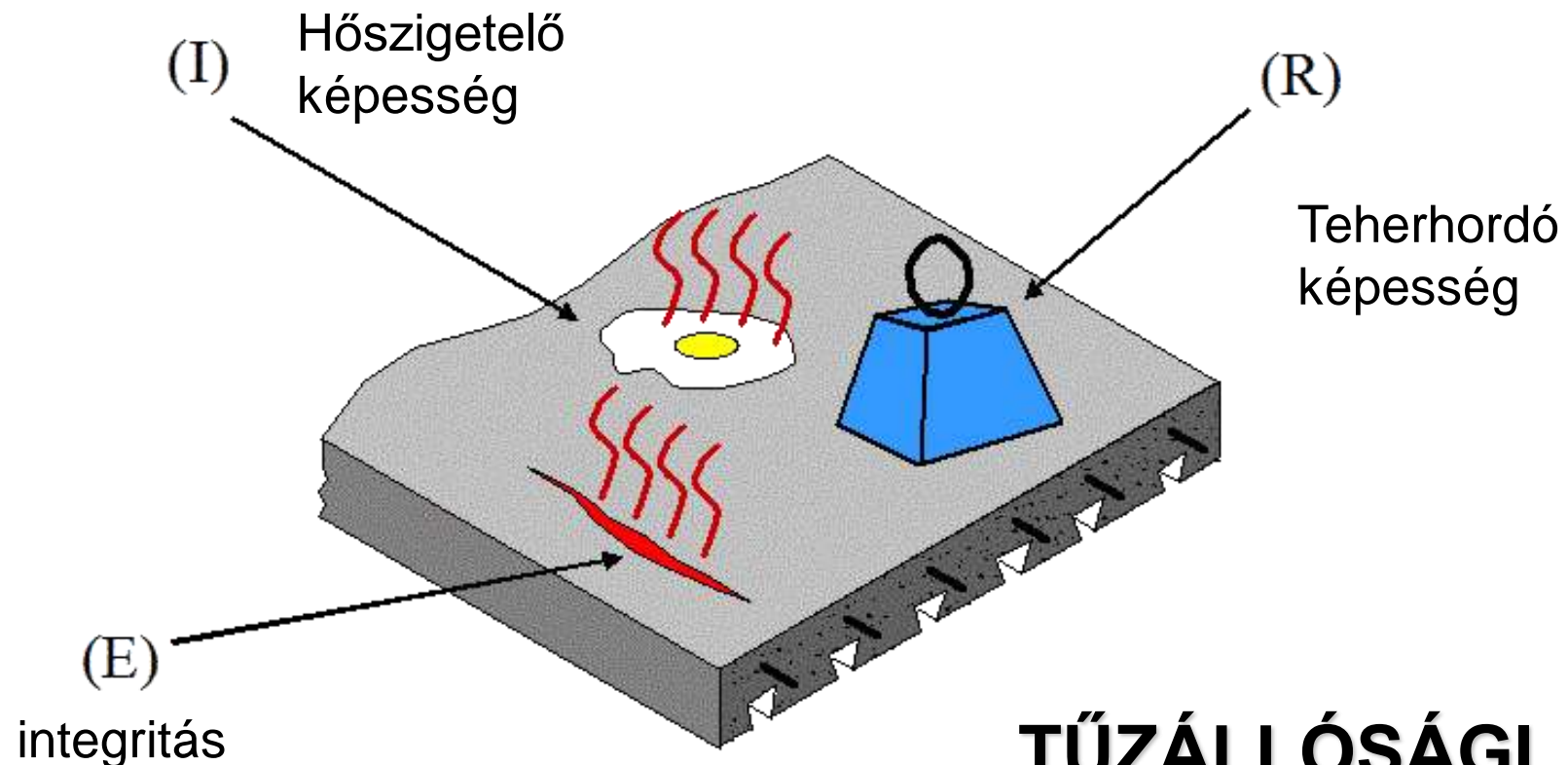
- Építmény tűzveszélyességi besorolása
- Tűzvédelmi szakaszolás
- Tűzvédelmi követelmények kiválasztása
- Tűzvédelmi követelmények igazolása
- Megfelelő szerkezeti megoldások alkalmazása
(épületszerkezetek, részletek, gépészet,
villámvédelem...)



Tűzvédelmi
szakértő,
szaktervező

Tartószerkezeti
tervező

Követelmények tűzhatásnak kitett épületszerkezetekkel szemben



**TŰZÁLLÓSÁGI
TELJESÍTMÉNY**

1. táblázat, a Tüzeseti szerkezeti állékonyság alcímhez

Építményszerkezetek tűzvédelmi osztályára és tűzállósági teljesítményére vonatkozó követelmények

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Mértékadó kockázati osztály			NAK	NAK	NAK	AK	AK	KK	KK	KK	MK	MK	MK
2	Épület, önálló épületrész szintszáma [a 12. § (4) bekezdése alapján]			1-2 ipari, mező- gazdasági, tárolási alaprend. esetén	3 ipari, mező- gazdasági, tárolási alaprend. esetén	4	1-3	4-7	1-2	3-6	7-15	1-2	3-15	>15
				1-3 lakó alaprend. esetén	1-3 közösségi alaprend. esetén									
3	Építményszerkezet		Kritérium	Elvárt tűzállósági teljesítmény és tűzvédelmi osztály										
4	Teherhordó építményszerkezetek, a födémek és a legfelső szint lefedését biztosító szerkezet kivételével a tűzterjedésgátlásban szerepet játszó falakra EI kritérium is vonatkozik a pinceszinti szerkezetek tűzvédelmi osztálykövetelménye legalább A2, tűzállósági teljesítménykövetelménye legalább R30		R	15 D	30 D	60 D	30 D	60 A2	30 A2	60 A2	90 A2	60 A2	90 A2	120 A2
5	Pinceszint feletti, emeletközi, tetőtér alatti és padlásfödémek a tűzterjedésgátlásban szerepet játszó födémekre EI kritérium is vonatkozik a pinceszint feletti szerkezetek tűzvédelmi osztálykövetelménye legalább A2, tűzállósági teljesítménykövetelménye legalább R30		R	15 D	30 D	60 D	30 D	60 A2	30 A2	60 A2	90 A2	60 A2	90 A2	90 A2

Követelmények OTSZ 2. melléklet

Külön előírások pl. tűzgátló szerkezeti elemekre, menekülési útvonalra stb.

Tűzvédelmi osztályba sorolás

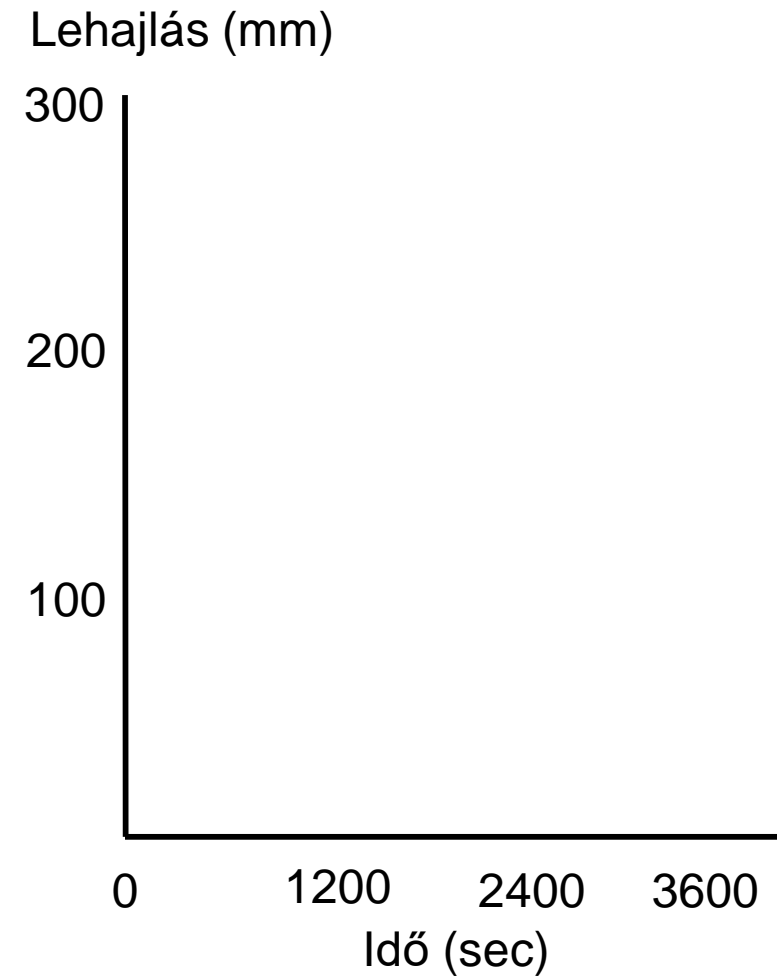
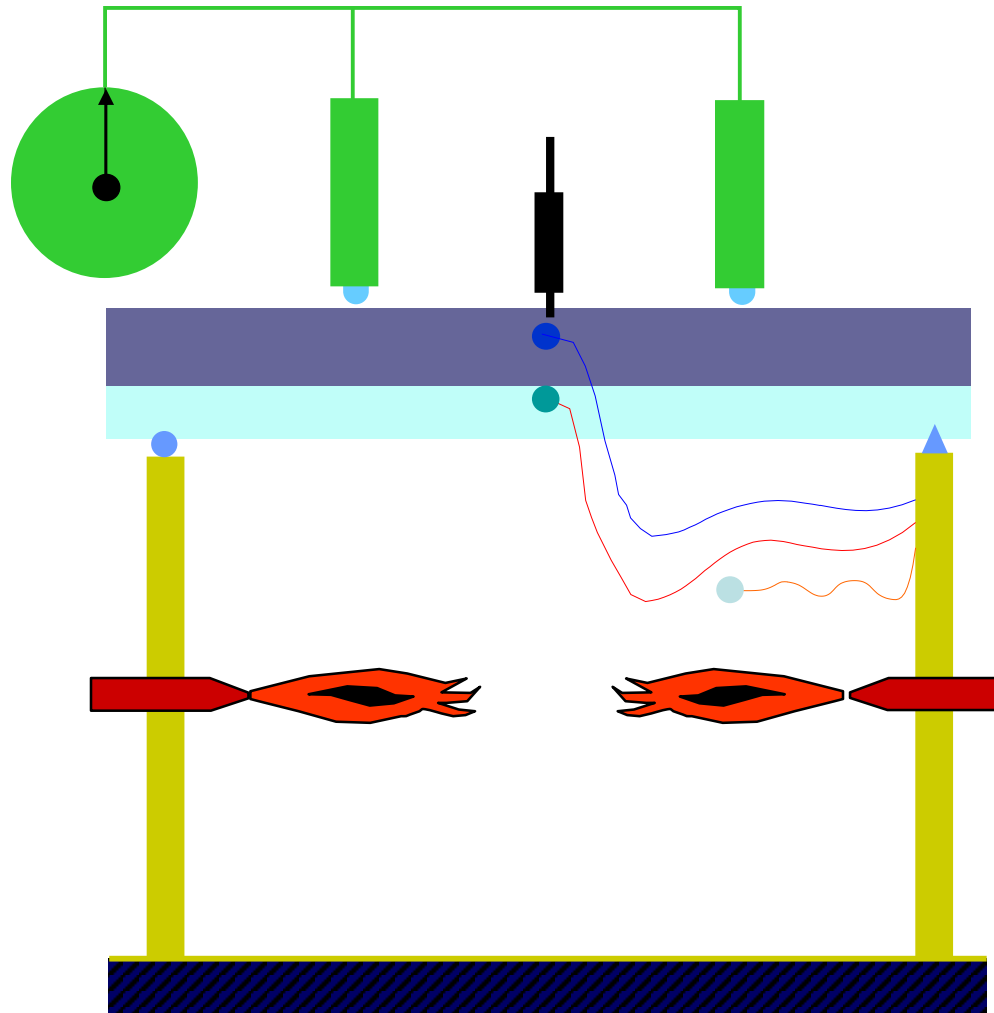
- Tűzvédelmi osztályok A-D-(E-F)
- Besorolás: MSZ EN 13501-1
- Részletes segítség:
 - 11. TvMI 3. és 6. fejezetében, valamint „K” mellékletében

Hagyományos tűztervezés **normatív eljárás**

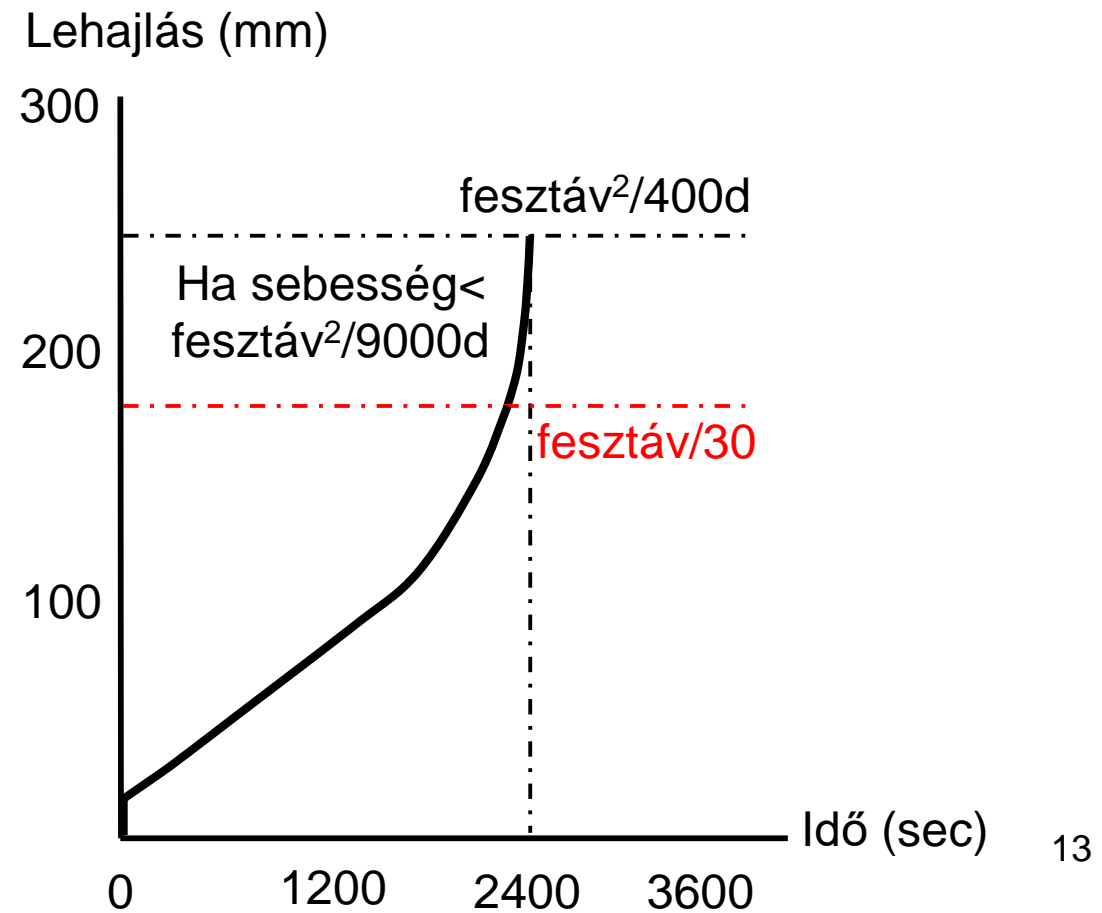
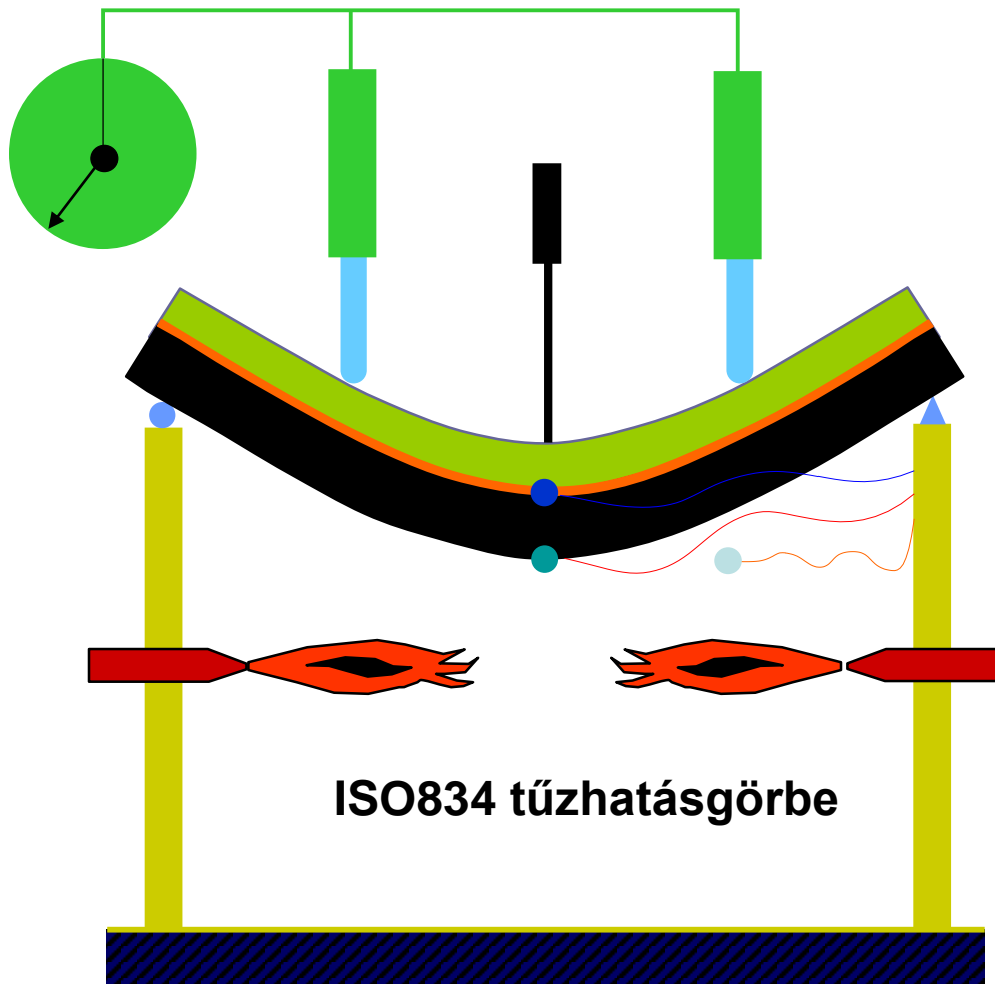


Szabványos laborvizsgálat

Normatív eljárás



Szabványos laborvizsgálat



Minősítés laborvizsgálat alapján

Teher

ISO834 tűz

Támaszköz, statikai váz

Szerkezeti kialakítás

- Vízszigetelés: 1,5mm PVC
- Hőszigetelés: 2x8cm kőzetgyapot
- Párazáró fólia: 0,25mm PE fólia
- Teherhordó trapézlemez:

1,5
160
1,25
92,5

1120 2300 1120

oldalsó illesztés LD3T rögzítőcsavarral (300mm)

Szigetelés-lezáró szegély (t=0,6mm)

Peremmerevítő szegély (t=1,0mm)

- Épületből kiemelt elem(ek) vizsgálata
- A minősítés erre az esetre szól
- És ha ettől eltérően akarjuk alkalmazni...?

Minősítés kiterjesztése

MSZ EN 1365-2 13. pontja:

- *A kísérleti eredmények közvetlenül, laborvizsgálat nélkül alkalmazhatóak ugyanolyan földém- vagy tetőszerkezetre, ha az alábbi korlátokat betartották:*
- *a., Szerkezeti elem vonatkozásában: a legnagyobb nyomatékok és nyíróerők, ugyanazon az alapon számítva, mint a kísérletnél alkalmazott teher, ne haladják meg a kísérletnél elért értékeket.*



Már meglévő építményszerkezetek tűzállósági teljesítménye

- Meglévő épületek, adott esetben már nem gyártott anyag vagy rendszer
- TvMI 11 „D” mellékletéből, táblázatos alapon
- D1. pontban alapelvek
- D1.6. Új szerkezetek létesítése a táblázatok adatai alapján nem lehetséges.
- Építőanyagokként táblázatok

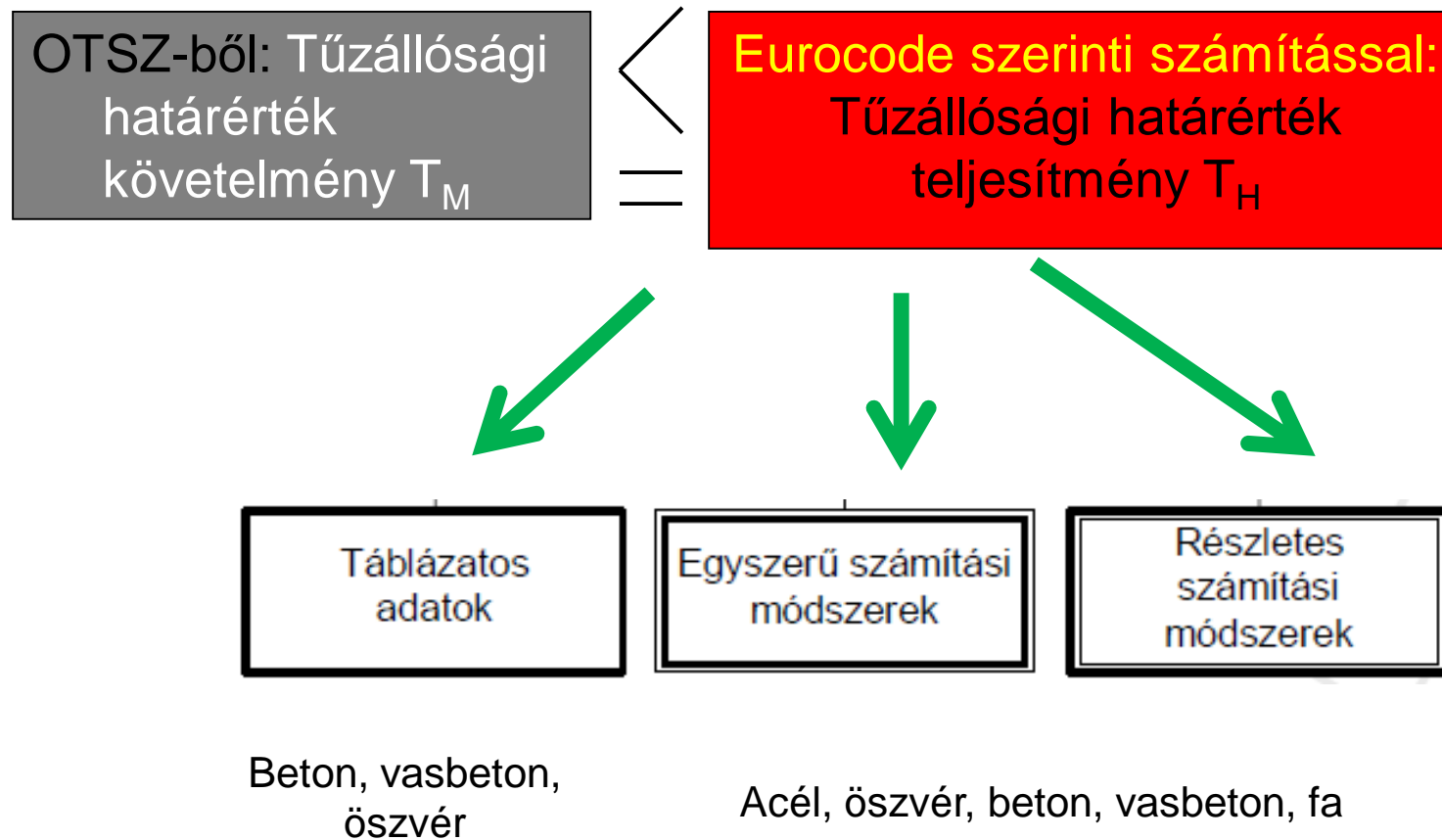
Normatív módszer - összefoglalás

- Új építménynél: tűzállósági teljesítmény dokumentumból
- Szerepelnie kell: T_H mellett a statikai váznak, a kísérleti teher értékének
- Igénybevétel-egyenértékűség alapján javasolt ellenőrizni (a betervezett szerkezetben ne haladjuk meg a kísérlet során elért legnagyobb igénybevételt)
- Meglévő építményszerkezetre a 11. TvMI „D” melléklete alapján

Tűzvédelmi tervezés mérnöki eljárásokkal

- Nagyszámú kísérellettel igazolt számítási eljárások
- szabványosítva (Eurocode)
- OTSZ használatukat a laborkísérellettel egyenrangúan megengedi
- A tényleges szerkezetre alkalmazzuk, a tényleges terheket figyelembe véve

Mérnöki tűztervezés alapelve



Tartószerkezeti Eurocode-ok MSZ EN 199X

Eurocode:

0. Tervezés alapjai
1. Szerkezeteket érő hatások
2. Beton- vasbeton szerkezetek
3. Acélszerkezetek
4. Együttdolgozó szerkezetek
5. Faszervezetek
6. Falazott szerkezetek
7. Geotechnikai tervezés
8. Földrengés
9. Alumínium szerkezetek

Tervezés
tűzhatásra:
1.2 fejezet
mindegyikben

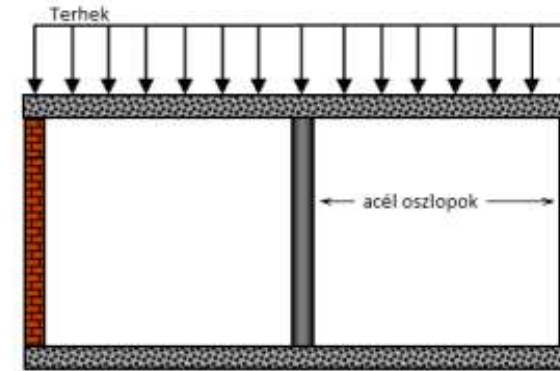
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



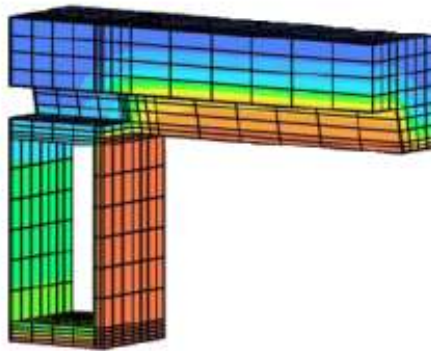
1. Gyújtóhatás



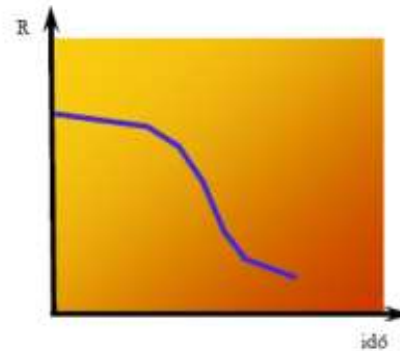
2. Termikus hatás



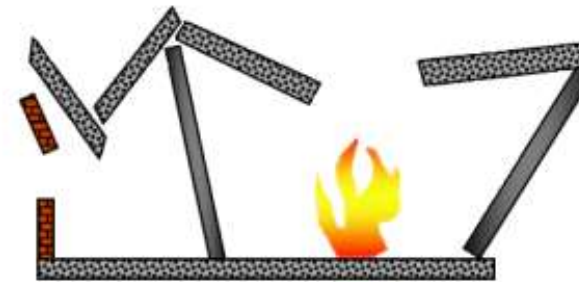
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



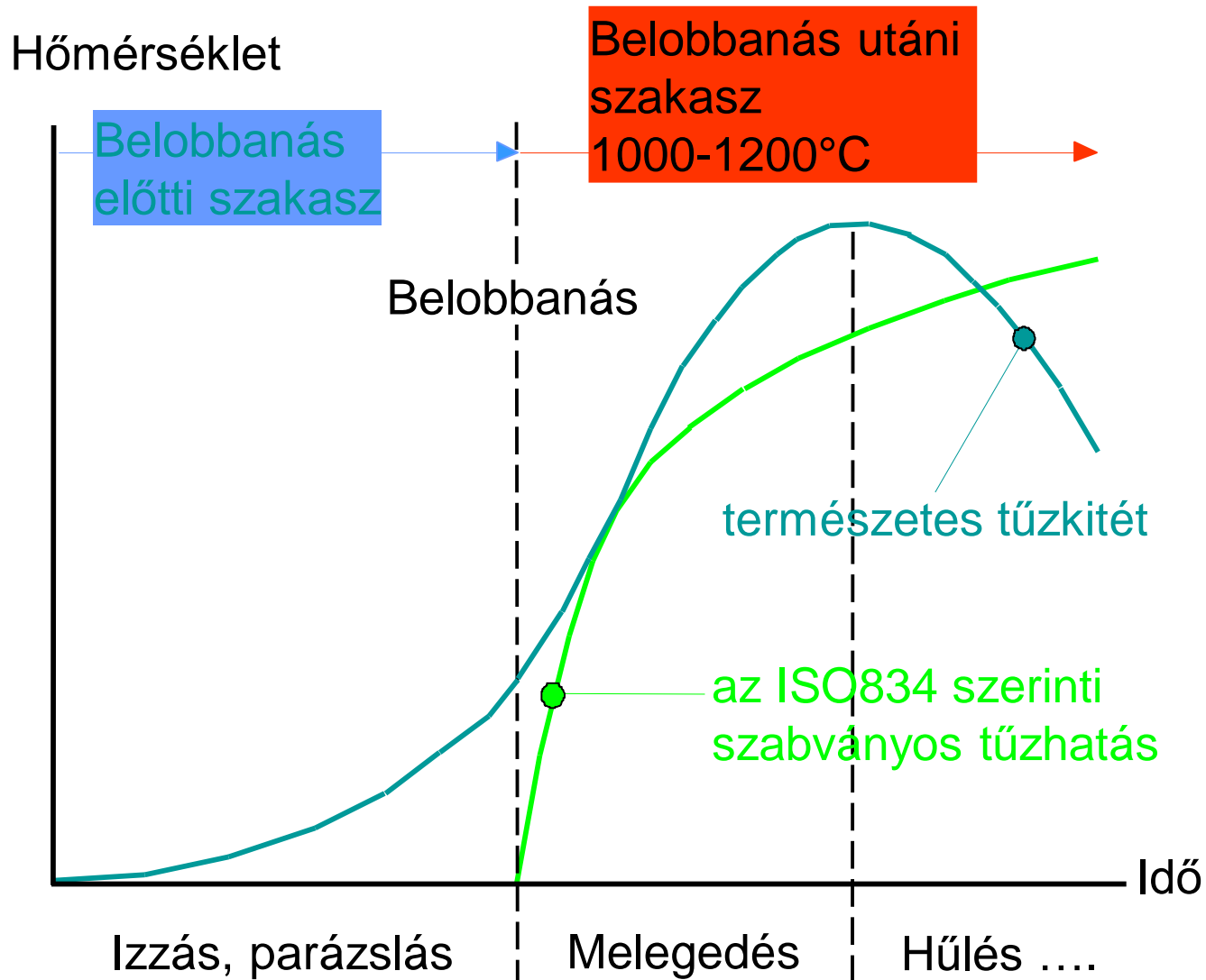
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

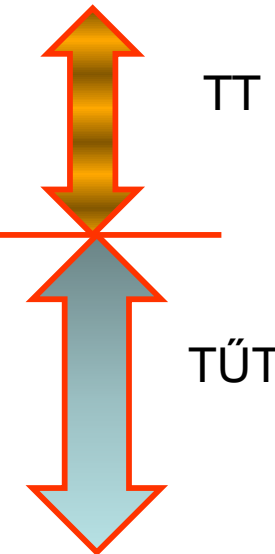


A természetes tűzfolyamat fázisai



Tűzhatások modellezése és gázhőmérsékletek megállapítása

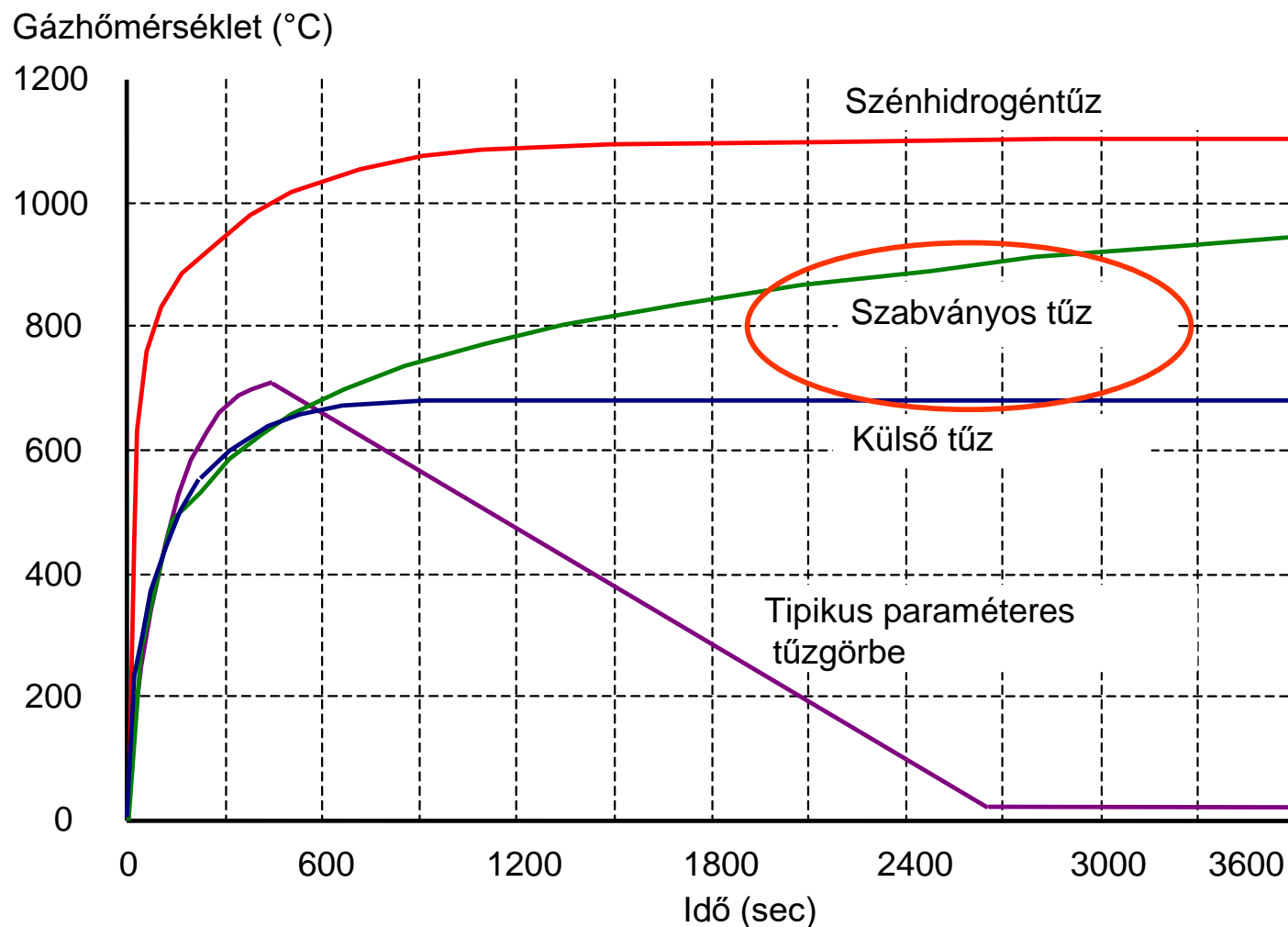
- Névleges tűzhatás-görbék (tűzkitéti görbék)
 - Csak a belobbanás utáni állapotot veszi figyelembe
- Lokális tűzmodellek a belobbanás előtti állapotra
- Tűzhatás szimulációja / tűzszimuláció
 - Tűzfolyamat számítógépi végesselemes követése



Egy időben csak EGY tűszakaszban van tűz – tűz-szenáriók

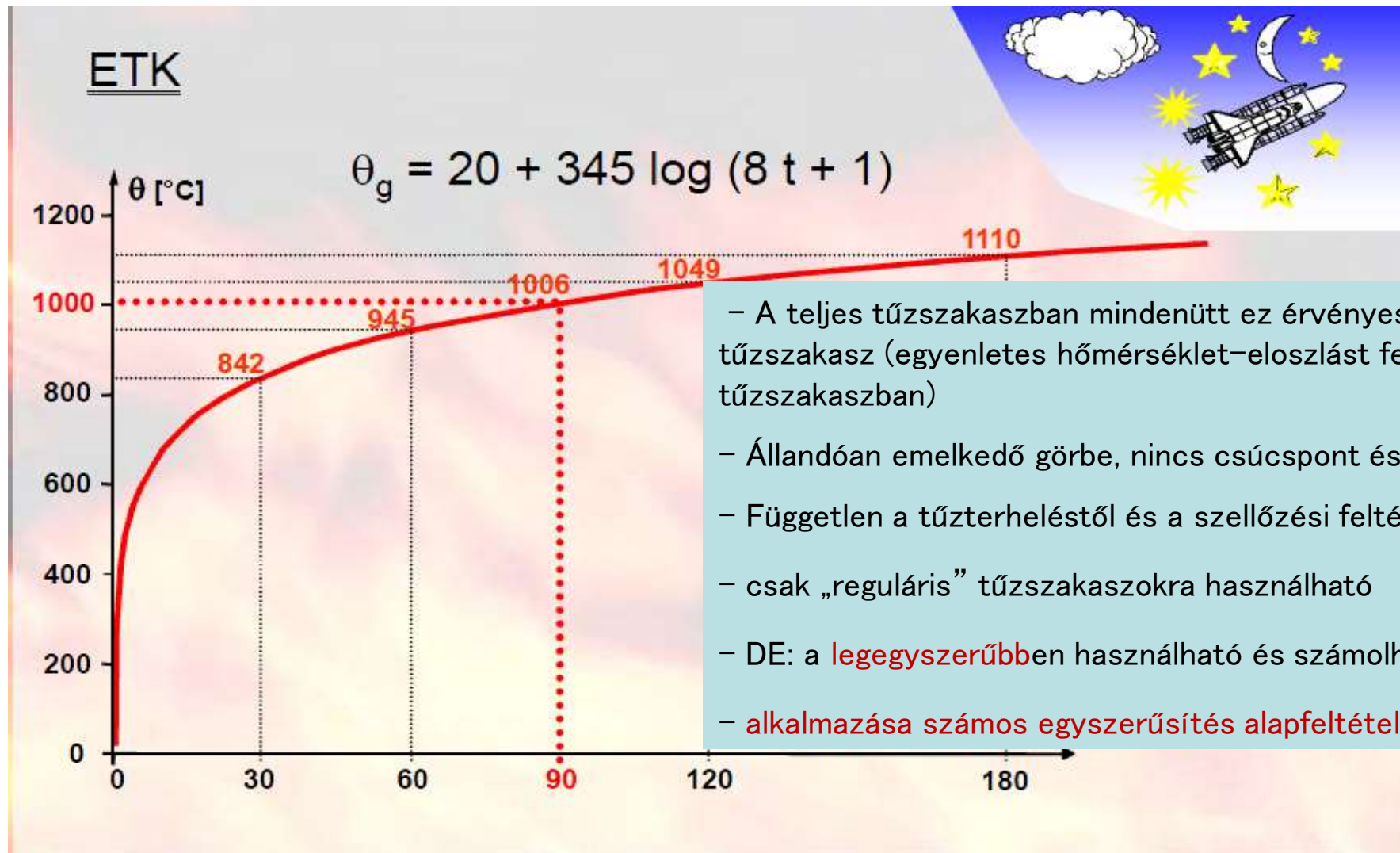
Névleges tűzhatás-görbék – tűzkitéti görbék

- Egyenleteik az EC1-1-2-ben megtalálhatók
- Ha a TÚT mást nem ír elő, akkor szabványos tűzhatásgörbe (ISO834)
- Vannak további görbék is pl. alagúttűz
- Paraméteres tűzhatásgörbe alkalmazása MO-n nem elfogadott




Az ISO834 szerinti szabványos tűzhatásgörbe

EC 1-1-2



25/47

Tűzfolyamatok – gázhőmérséklet pontosabb modellezése

- Lokális tűzhatás figyelembe vétele, vagy tűzszimuláció: tűz esetén a várható hő- és füsthatások számítással való követése
- Pontosabb elemzés, kevésbé konzervatív eredmények, változó hőmérséklet-eloszlás a tűzszakaszban  hatásaiban a tervezéshez kedvezőbb !
- Speciális szoftvereket igényel– pl. Ozone, FDS
- „irreguláris” létesítményeknél, bonyolultabb tűzszakaszok esetében (pl. bevásárlóközpont, sportlétesítmény, múzeum....) nincs más megoldás.

Tűzfolyamatok – gázhőmérséklet pontosabb modellezése

- **Csak** tűzvédelmi tervező/szakértő készítheti el!
- Ismernie kell: éghető anyag mennyisége, oxigén mennyisége, tűz lefolyása, nyílások, aktív tűzvédelem...
- További részletek 3. előadásban
- **Mi történik, ha fentiek megváltoznak? (pl. új technológiát alkalmaznak, más funkciót kap a létesítmény....)? Ez esetben új tűzvédelmi dokumentáció kell!**

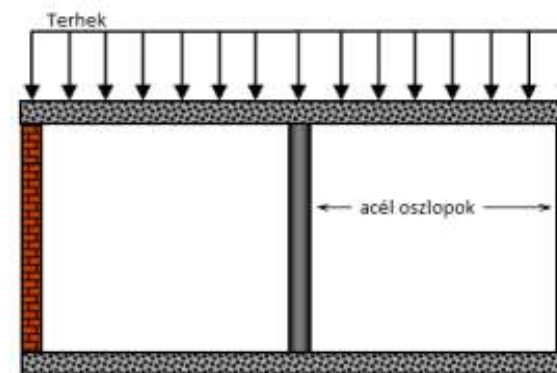
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



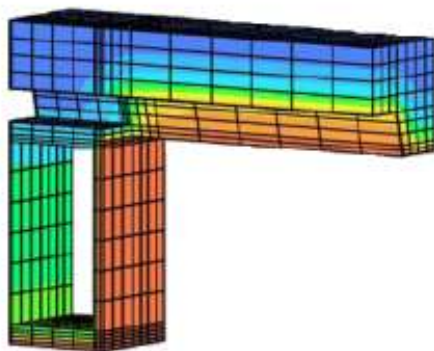
1. Gyújtóhatás



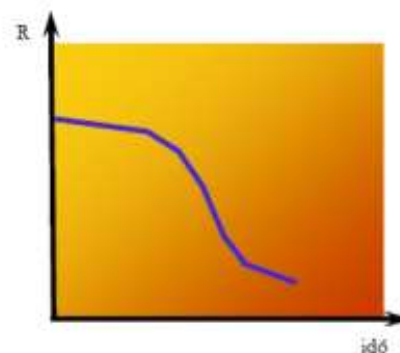
2. Termikus hatás



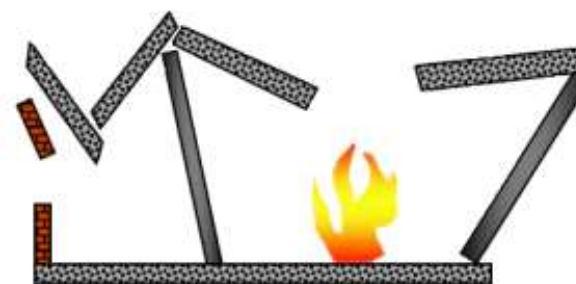
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

Szerkezet felmelegedése a tűzhatás folyamán

EC 1-1-2

EC 2-1-2

EC 3-1-2

- Elve: a tűszakaszban lévő gáz a tartószerkezeti elemek felületén adja át a hőt
- Felületen: hőszugárzás + hőáramlás
- Tartószerkezeti elemek belül: hővezetés
- Szerkezet anyagától nagymértékben függ
- Számítására az anyag szakszabványa ad útmutatást (acél EC3-1-2, vasbeton EC2-1-2...)
- Tűzvédő burkolatok, bevonatok hatását is tekintetbe lehet venni

Szerkezet hőmérséklete a tűzhatás folyamán

EC 1-1-2

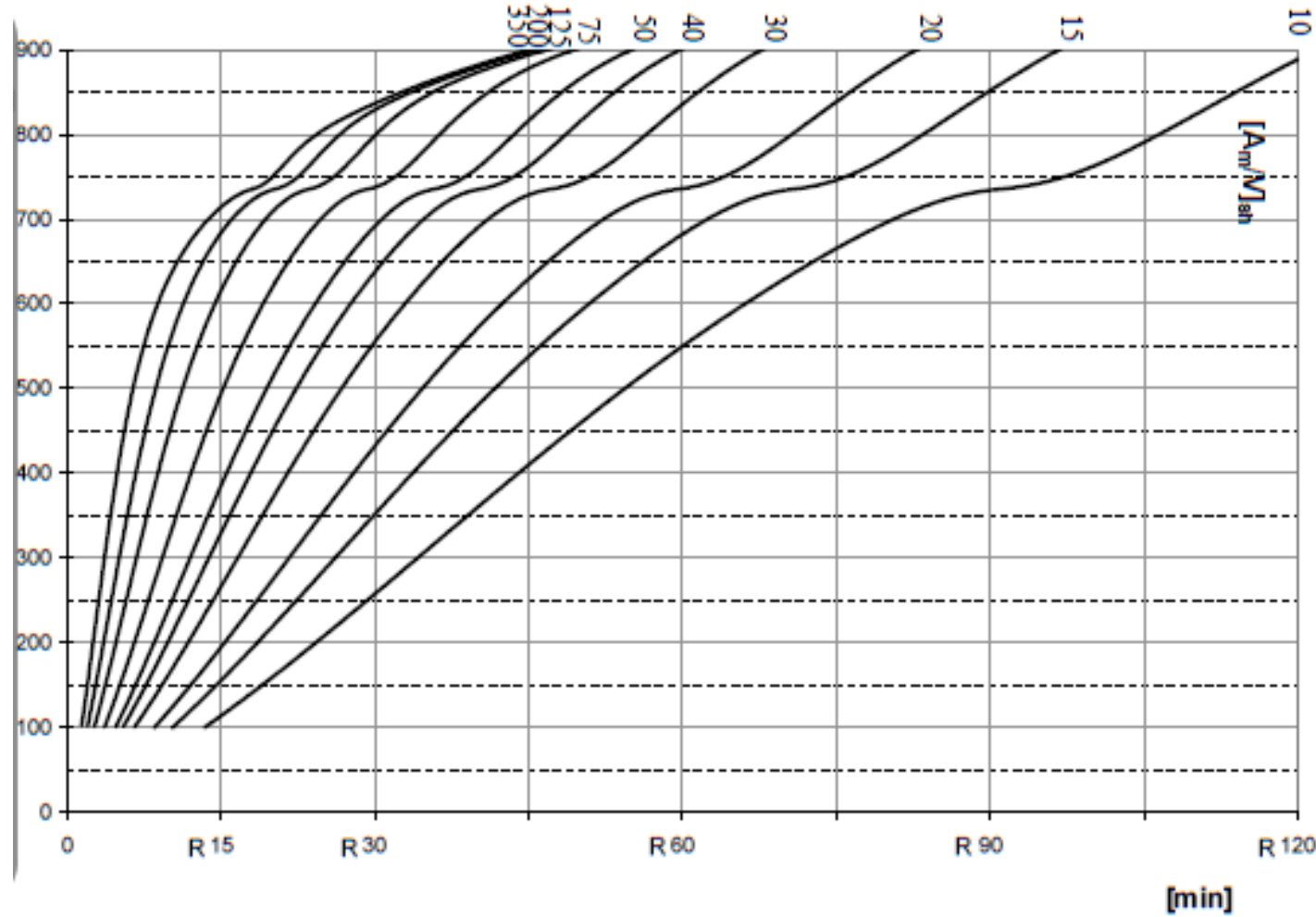
EC 2-1-2

EC 3-1-2

Módszerek:

- Nomogramokkal, táblázatokkal (acél, vasbeton)
- Iteratív kézi számítással: Excel, MathCad, MathLab (acél)
- Mérnöki tervező szoftverekbe implementálva (ConSteel, AxisVM, ...)
- Célszoftverrel (Ozone, FidesC4, SAFIR...)
- Végeelemes szoftverrel (Ansys)
- Tűz-szimuláció eredményeként
- Vagy: kísérleti úton...

Nomogram – védelem nélküli acél elemekre



3. Nomogram for unprotected steel members



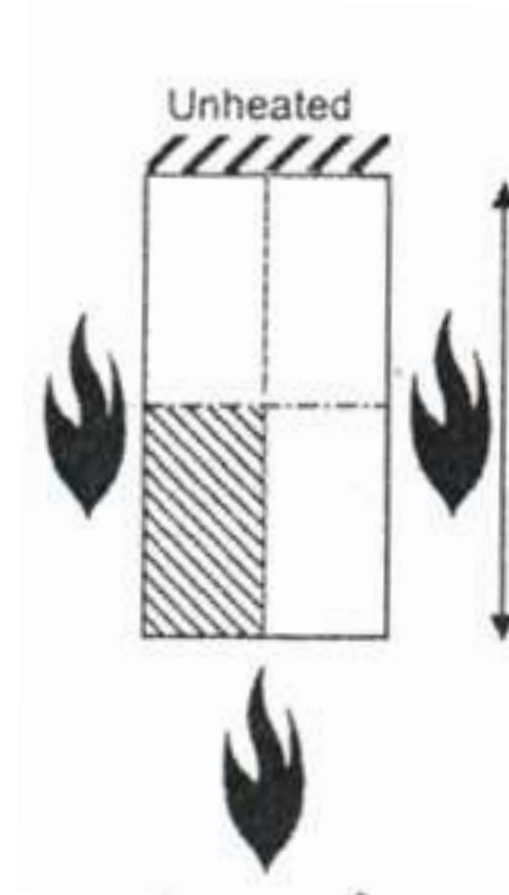
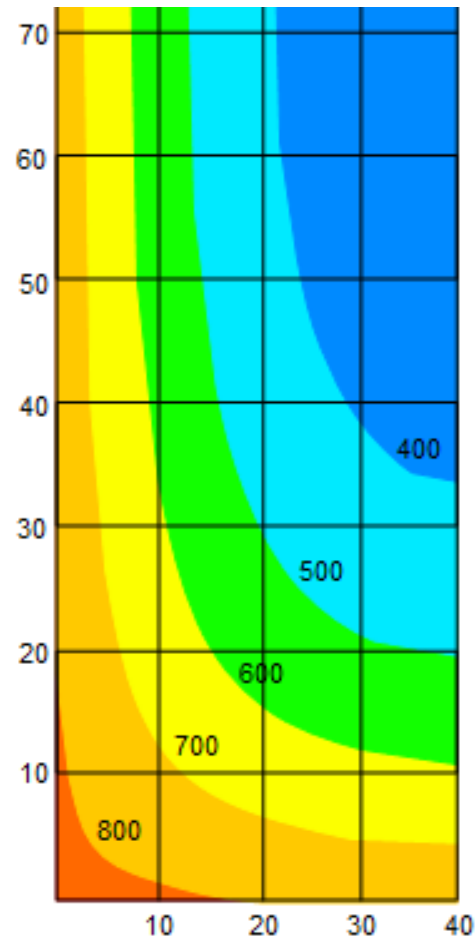
Data: Nomogram for unprotected members
SD004a-EN-EU



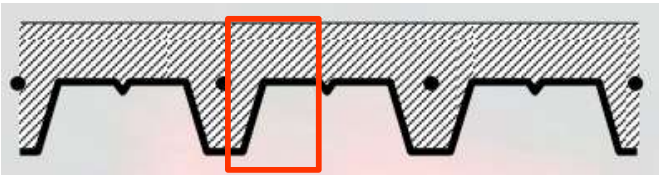
VB gerenda 2D hőmérsékleti analízise

Vb. gerenda hőmérséklet-eloszlása (izotermák)

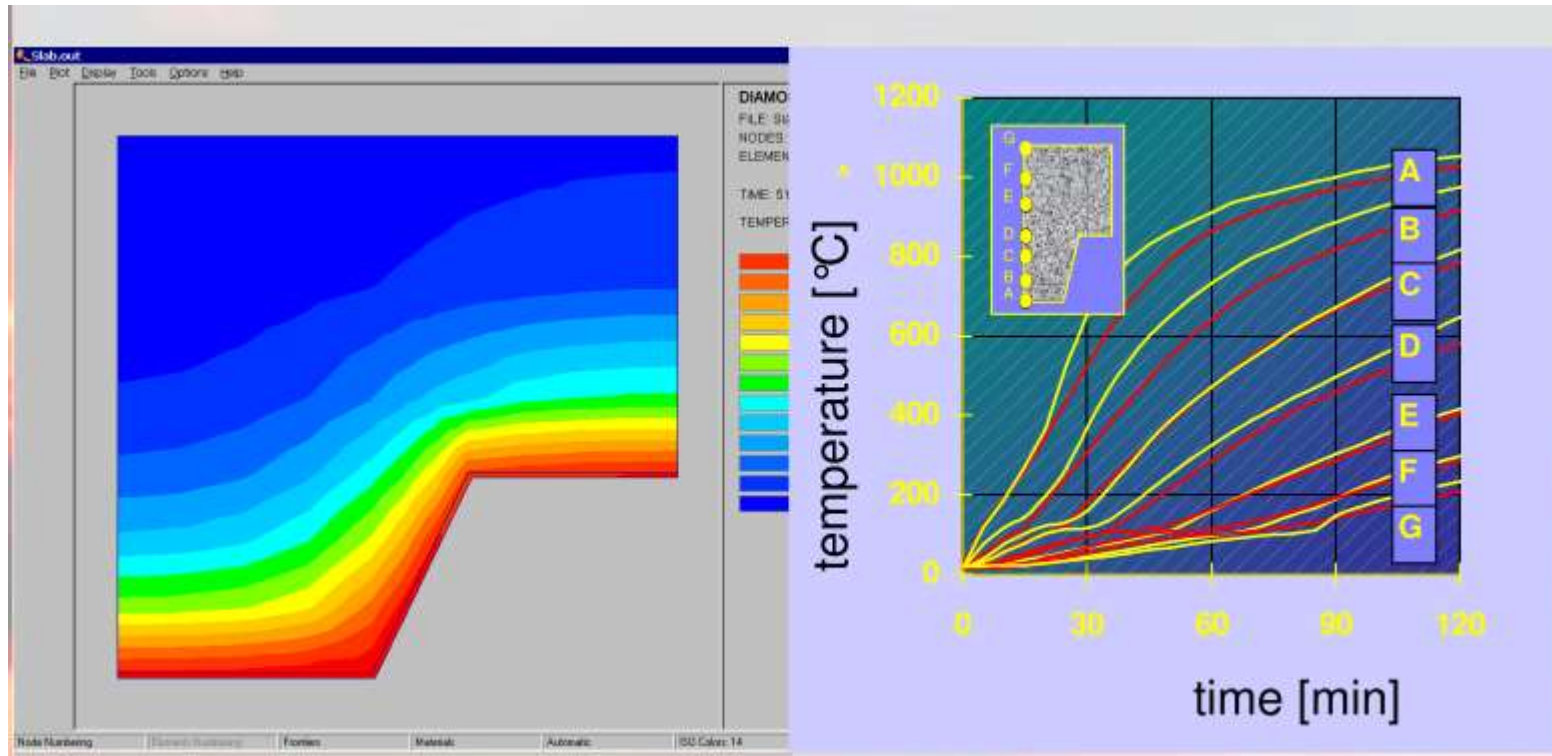
**EC2-1-2
vagy FEM számítás**



Öszvérfödém 2D hőmérsékleti analízise

FEM számítás

Acél trapézlemez + beton



FEM számítás

kísérleti mérés és számítás

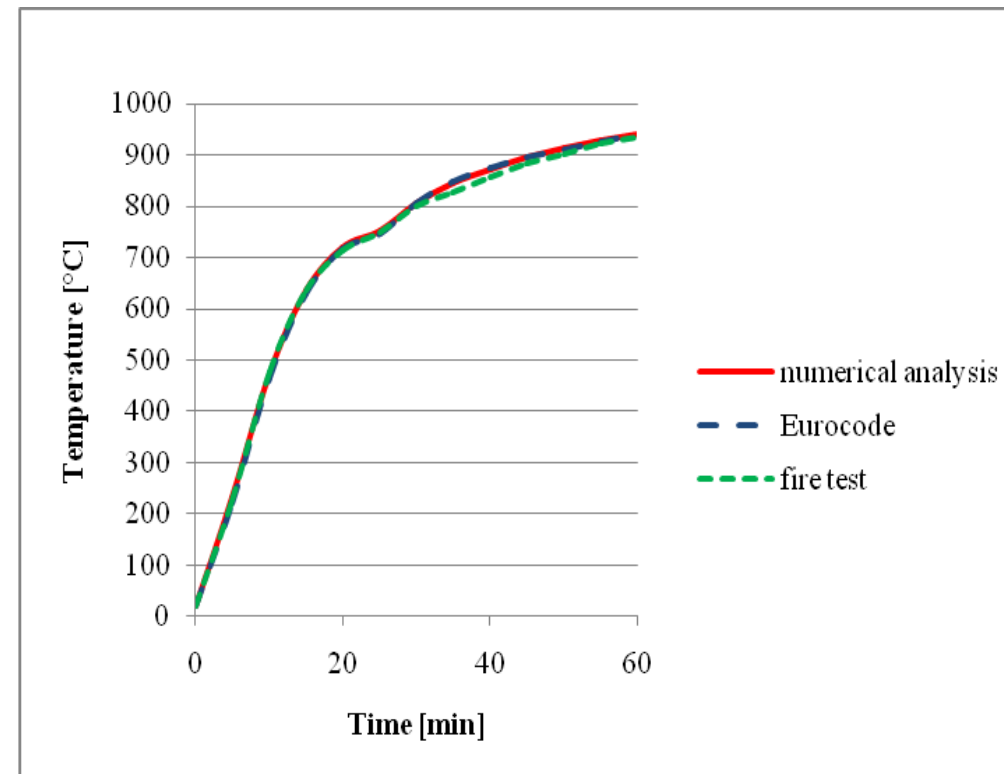
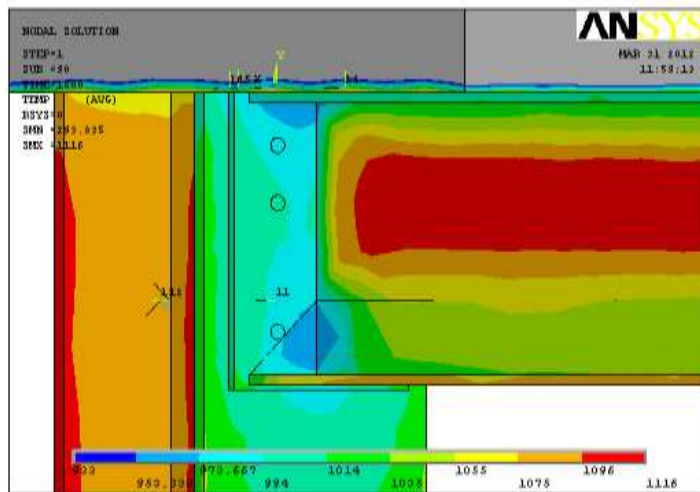


3D hőmérsékleti analízis – szerkezeti csomópont

FEM számítás

Gerenda alsó övének hőmérséklete - összehasonlítás

Hőmérséklet-eloszlás



[Erdélyi Anka MSc.diplomatervéből]

34/47

Tűzkísérletek – mért eredmények

1:1 léptékű építményeken

Cardington fire tests

Video:

<http://fire.fsv.cvut.cz/Cardington/index.htm>



5/47

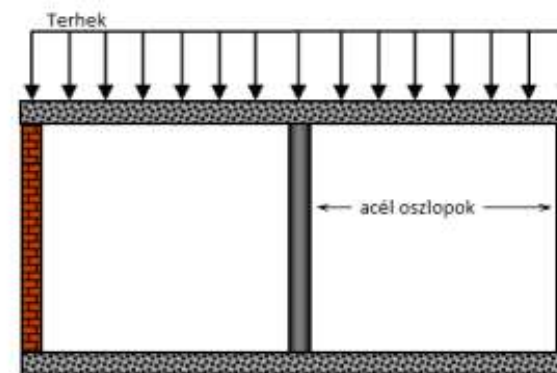
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



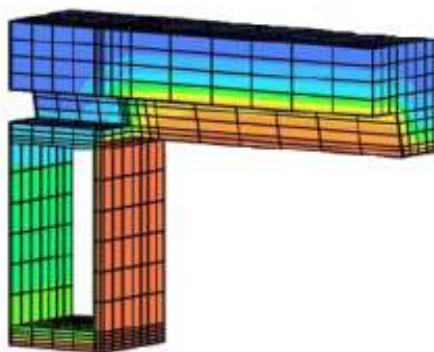
1. Gyújtóhatás



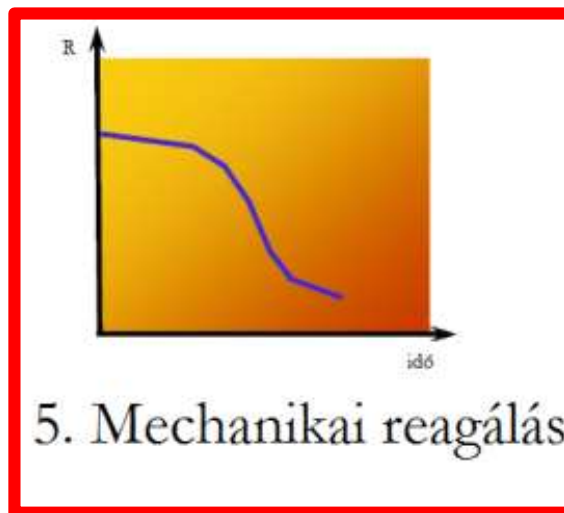
2. Termikus hatás



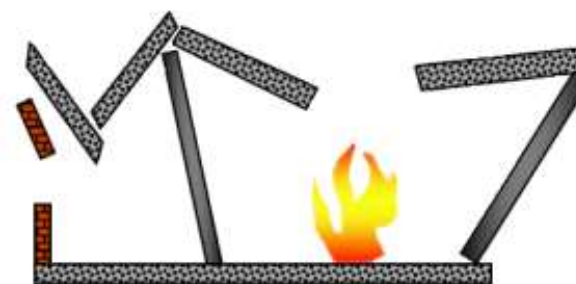
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

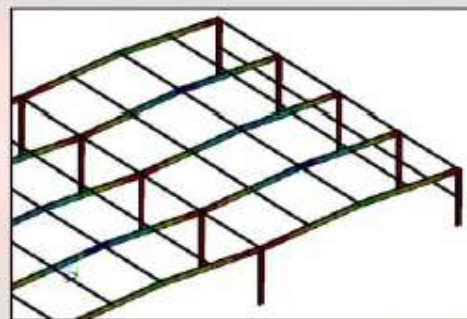


6. Lehetséges összeomlás

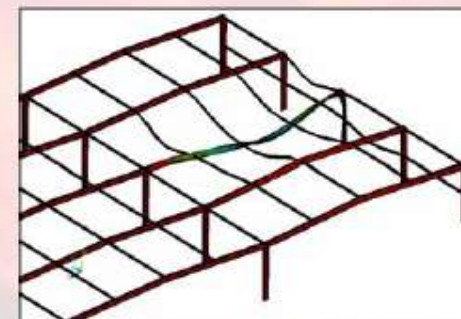


Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

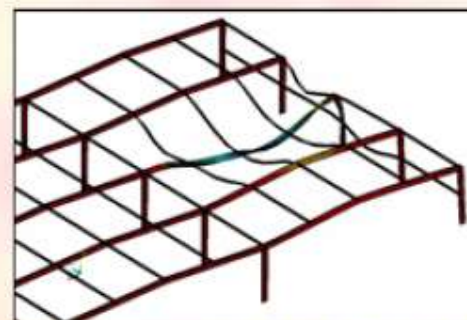
- A hőmérséklet nő → hőtágulás + merevség és ellenálló képesség elvesztése → járulékos deformáció ⇒ **összeomlás lehetősége**



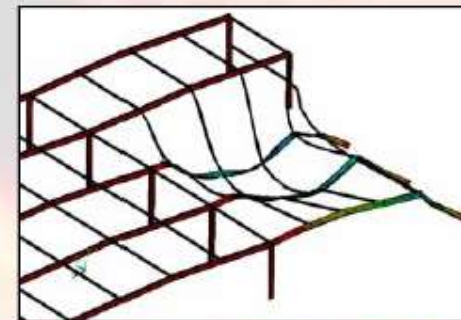
$t = 0$ $\theta = 20^\circ\text{C}$



16 perc $\theta = 620^\circ\text{C}$



22 perc $\theta = 720^\circ\text{C}$



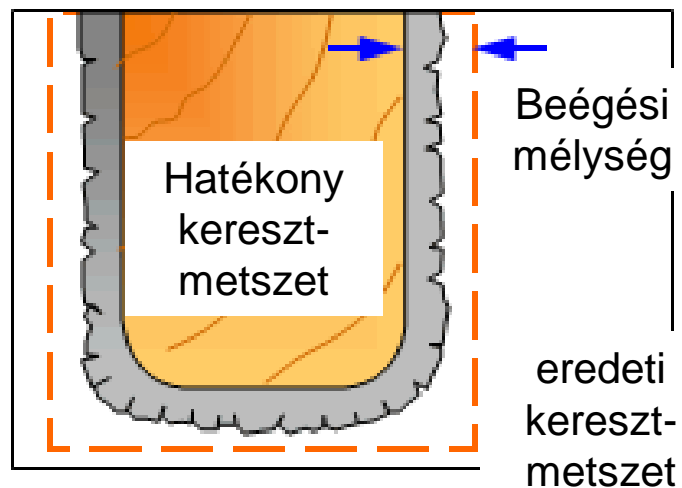
31 perc $\theta = 850^\circ\text{C}$



Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

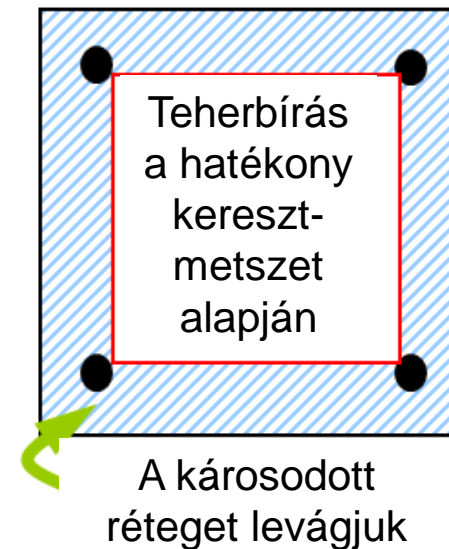
Nagyon anyagfüggő !!

- fa:



- Acél: szilárdság és merevség leépül
- Szakszabvány ad útmutatást

- vasbeton:



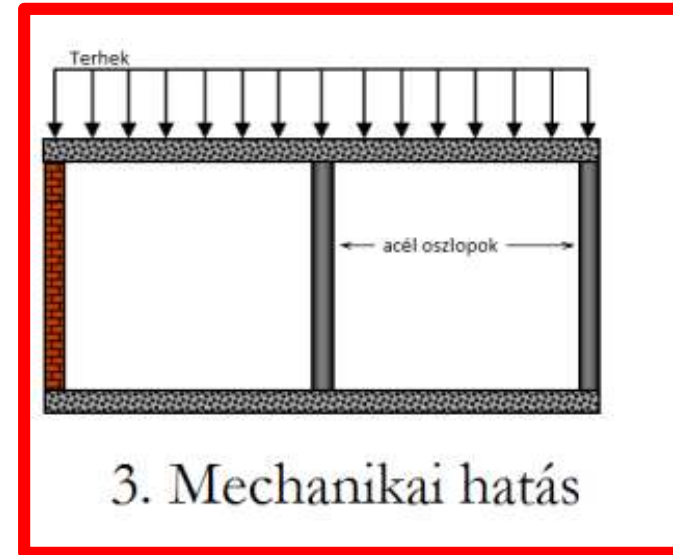
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



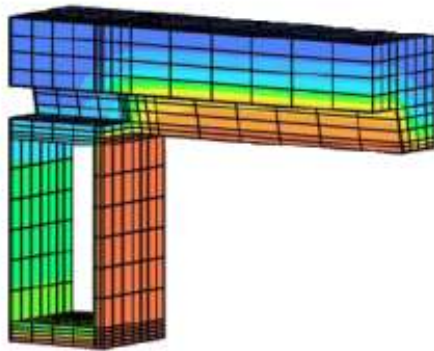
1. Gyújtóhatás



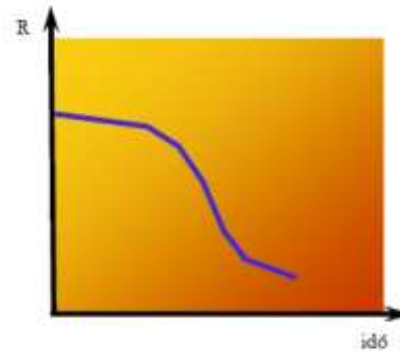
2. Termikus hatás



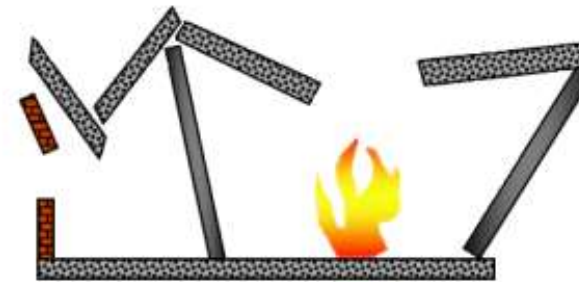
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



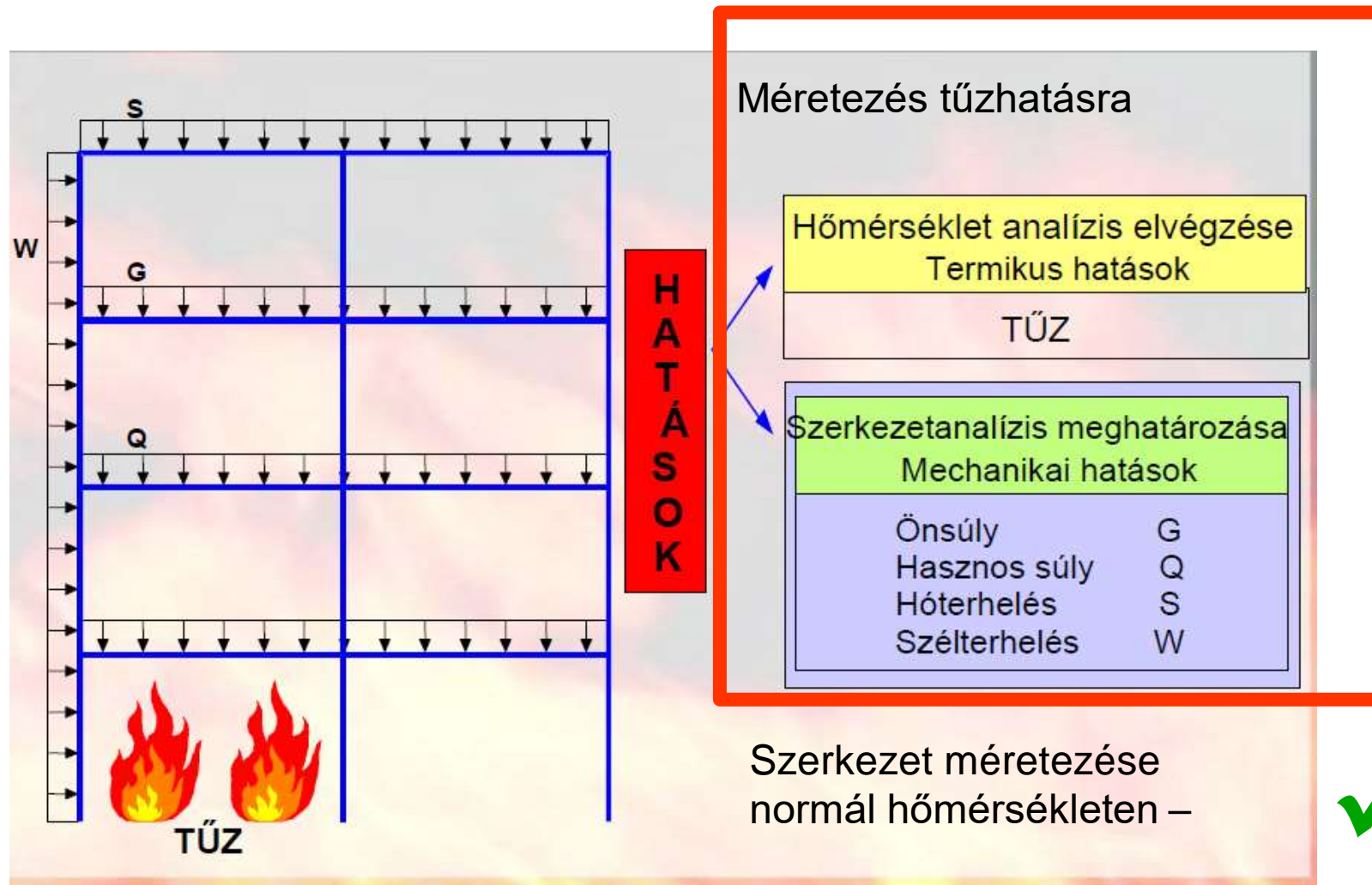
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás



Tartószerkezet méretezése - tűzhatás



Szerkezeti anyagok és elem-méretek megtervezése

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

Mechanikai hatások – „tűz állapota” rendkívüli teherkombináció MSZ EN 1990

EC 1-1-2

Hatás	Tényező számértéke		
	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Födém- és tetőteher			
A kategória (lakás)	0,7	0,5	0,3
B kategória (iroda)	0,7	0,5	0,3
C kategória (egyéb középület)	0,7	0,7	0,6
D kategória (áruház)	0,7	0,7	0,6
E kategória (raktár)	1,0	0,9	0,8
F kategória (könnyű járművel járt födém)	0,7	0,7	0,6
G kategória (közepesen nehéz járművel járt födém)	0,7	0,5	0,3
H kategória (közönséges tető)	0	0	0
Hóteher (általános eset)	0,5	0,2	0
Szélteher	0,6	0,2	0
Hőmérsékleti hatások (de nem tűzteher)	0,6	0,5	0

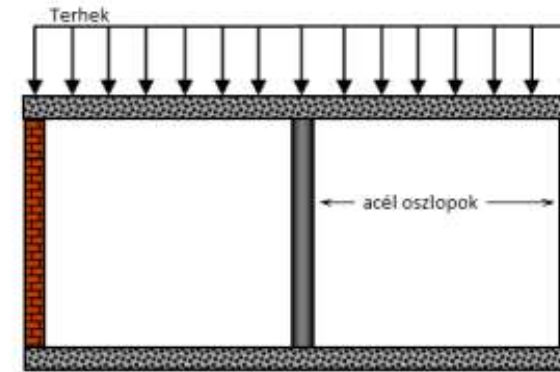
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



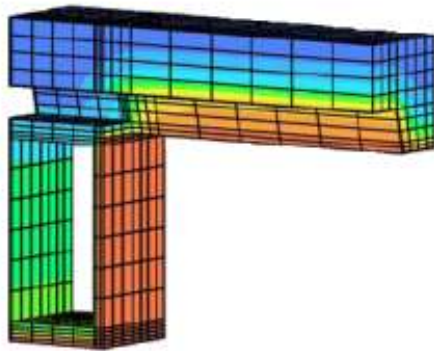
1. Gyújtóhatás



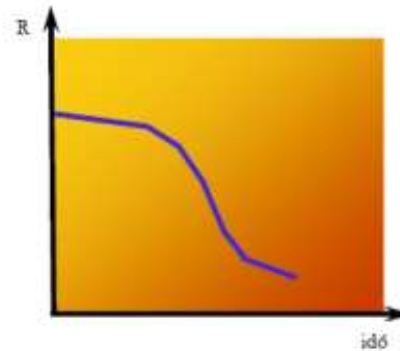
2. Termikus hatás



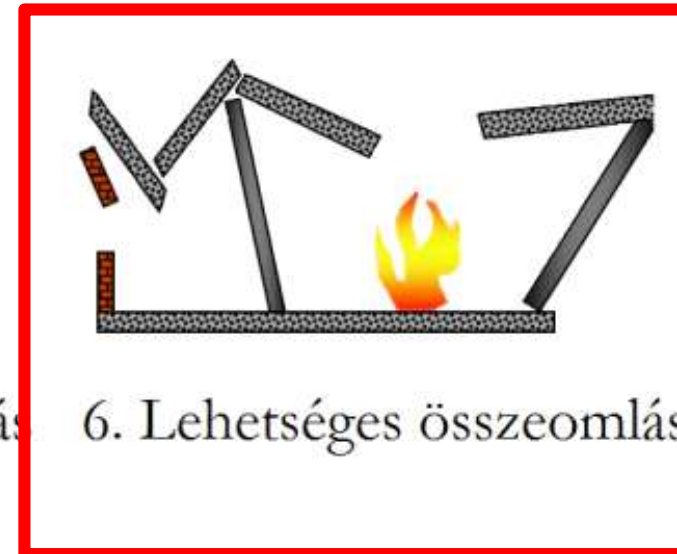
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



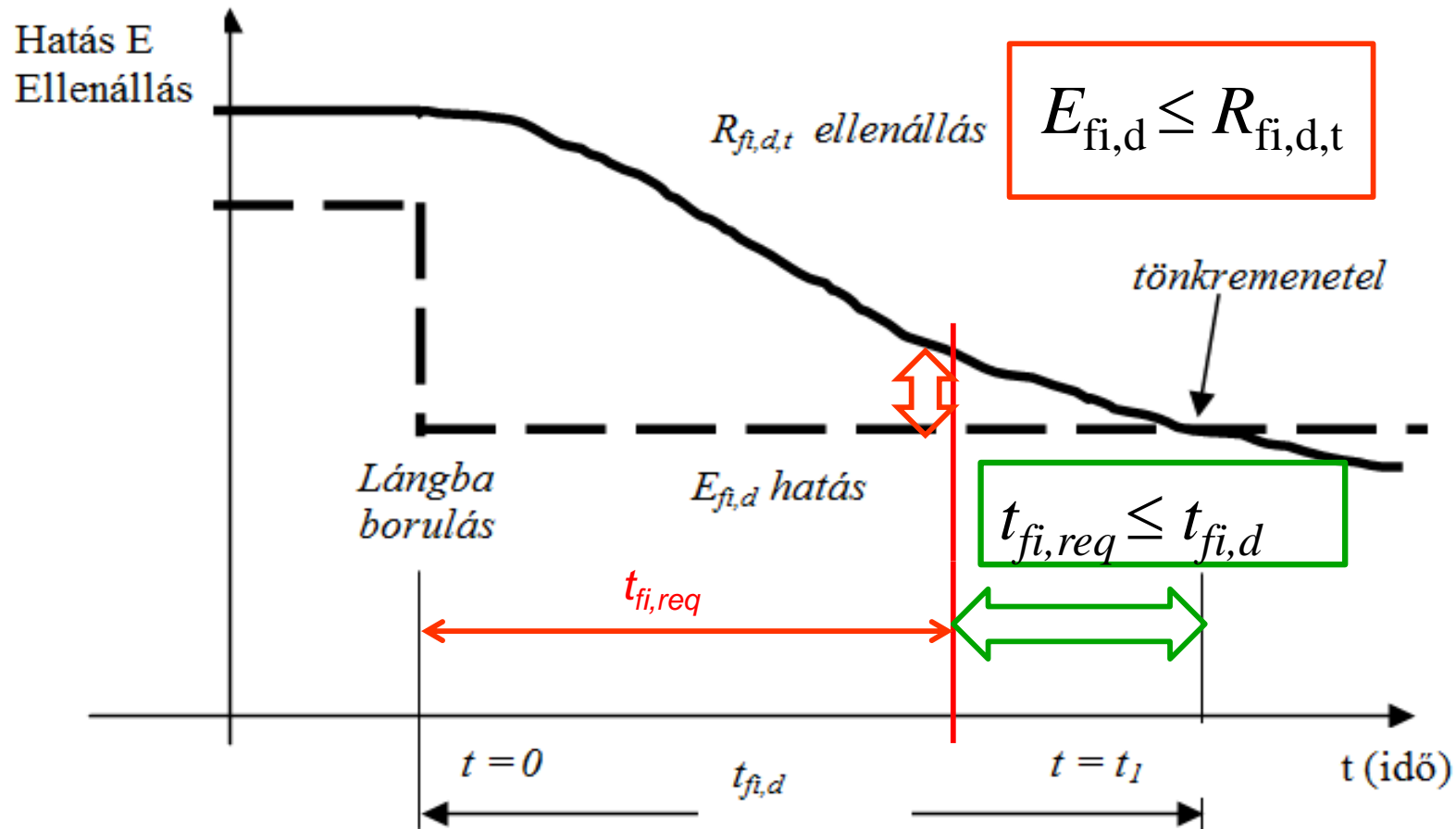
5. Mechanikai reagálás



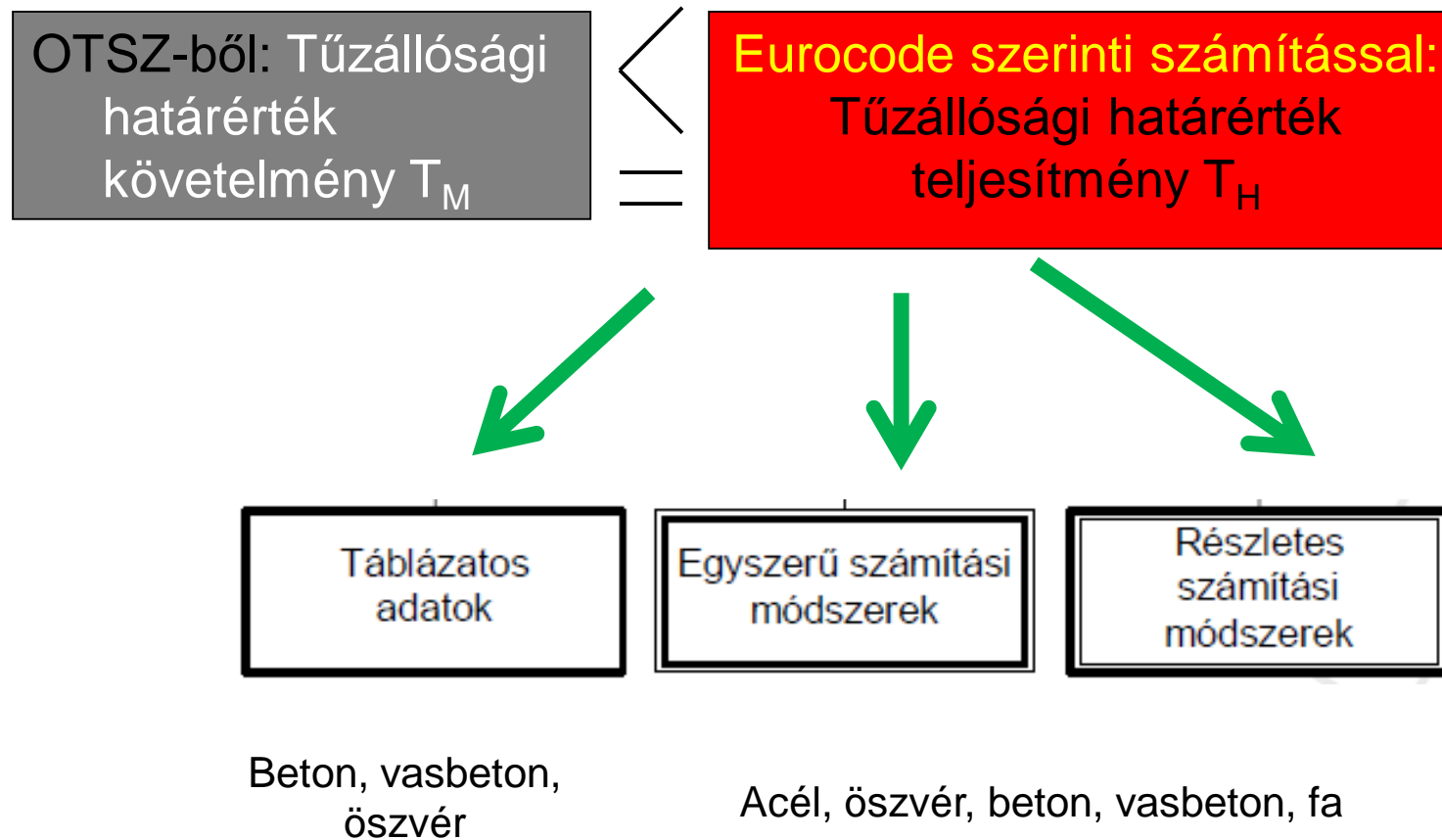
6. Lehetséges összeomlás



Szerkezet állékonyságának igazolási elve tűzhatás esetén



Mérnöki tűztervezés módszere



Szerkezetek ellenállása tűzben

EC 4-1-2

EC 3-1-2

EC 2-1-2

- Szerkezet anyagának megfelelő szabvány alapján
- Anyagtól függően más eljárásokkal
 - Beton/Vb/Öszvér: általában táblázatos módszerek vagy egyszerűsített eljárások
 - Acél: a szerkezeti elem ellenállásának csökkentése a hőhatás miatt lecsökkenő folyáshatár figyelembevételével

Köszönöm a figyelmet!

Folyt. köv....



Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra – Acél anyagú tartószerkezetek

Dr. Horváth László

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Tartalom

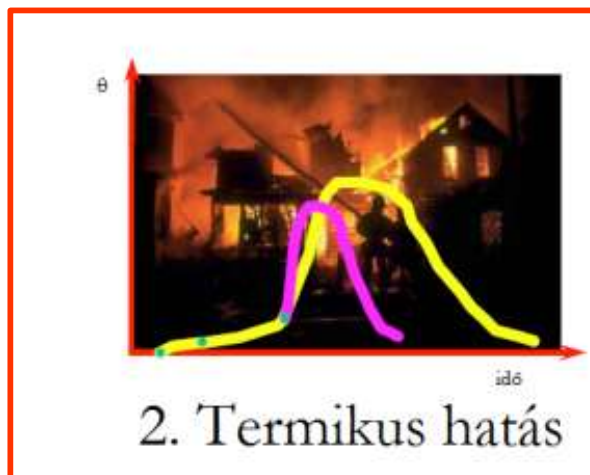
- Mérnöki tűztervezés lépései
- Acél elemek hőmérsékletének megállapítása
- Acél mechanikai tulajdonságainak megváltozása a hőmérséklet hatására
- Méretezés – elemeként, szerkezeti rész vagy teljes szerkezet
- Mintapéldák



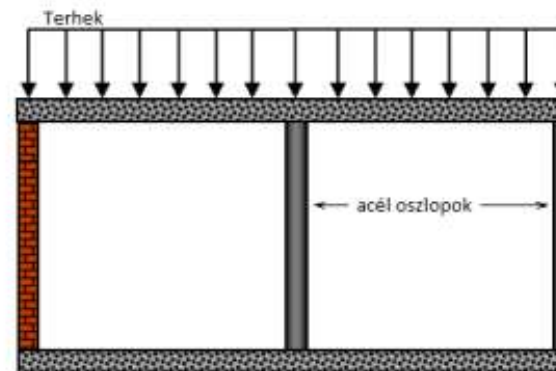
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



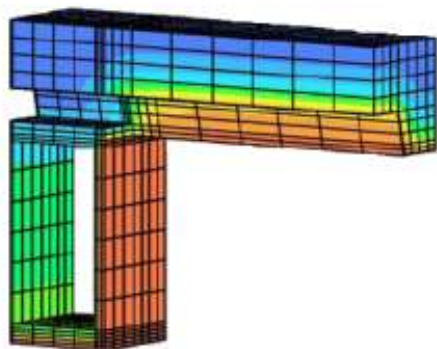
1. Gyújtóhatás



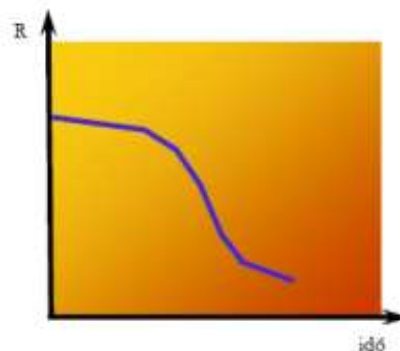
2. Termikus hatás



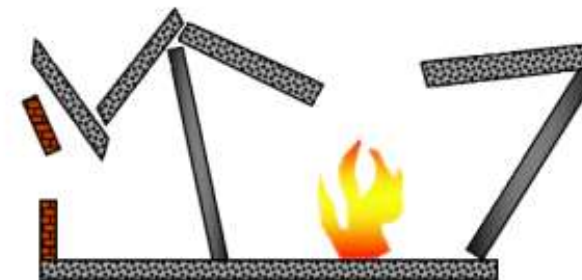
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

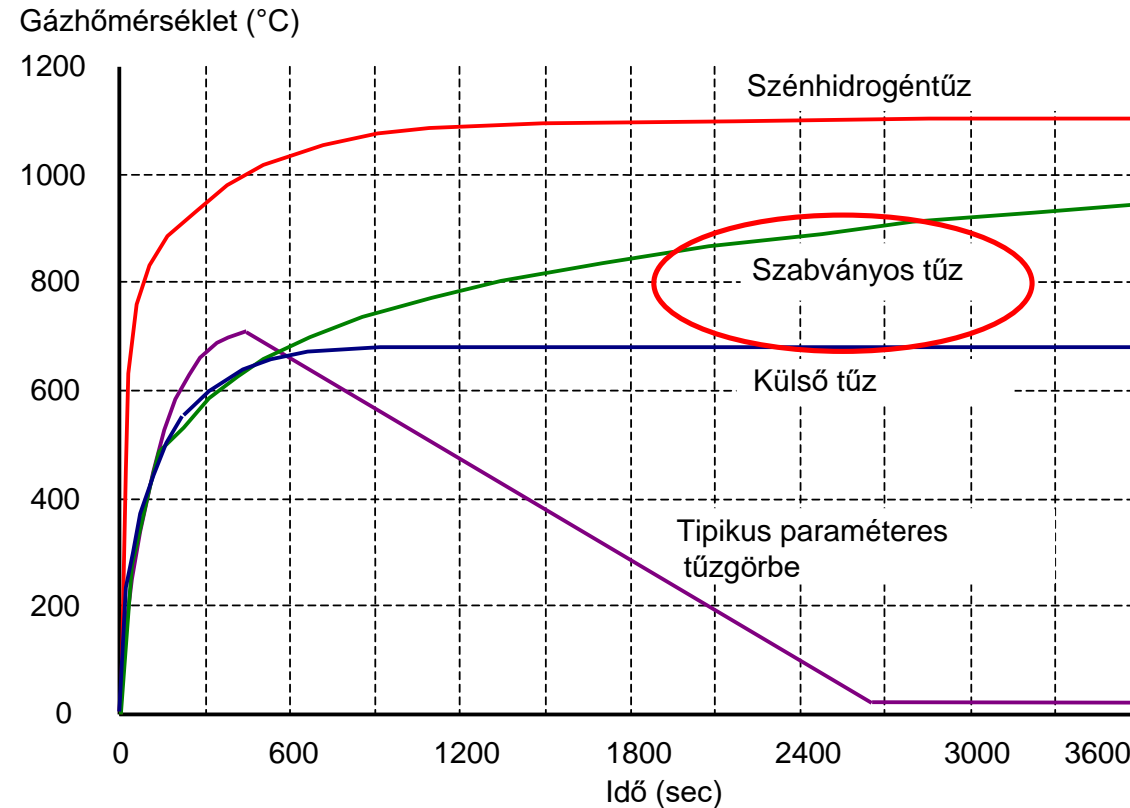


6. Lehetséges összeomlás



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!

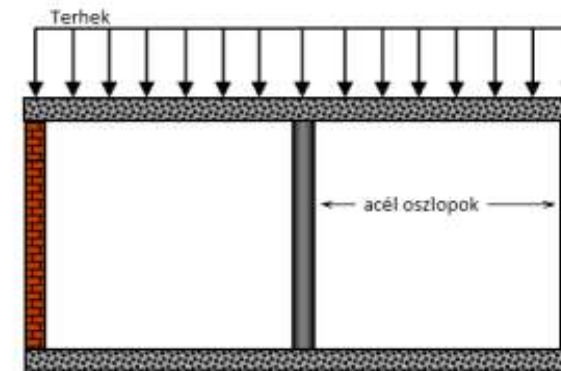
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



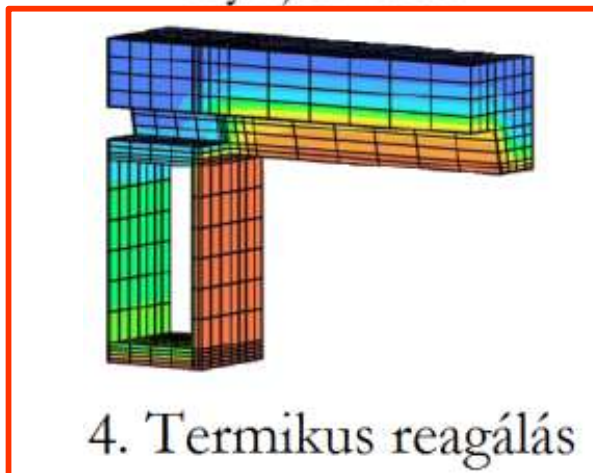
1. Gyújtóhatás



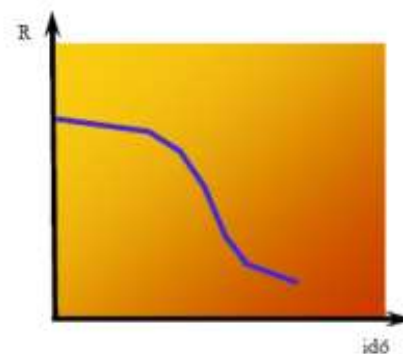
2. Termikus hatás



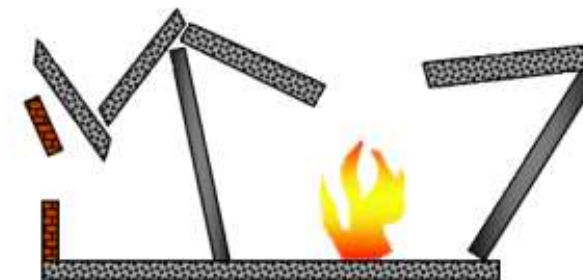
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás



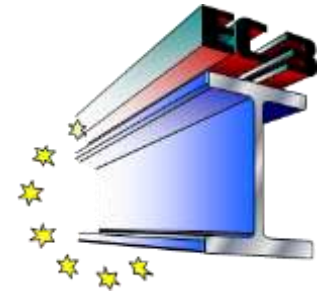
6. Lehetséges összeomlás



Acélhőmérséklet meghatározása

EC 1-1-2

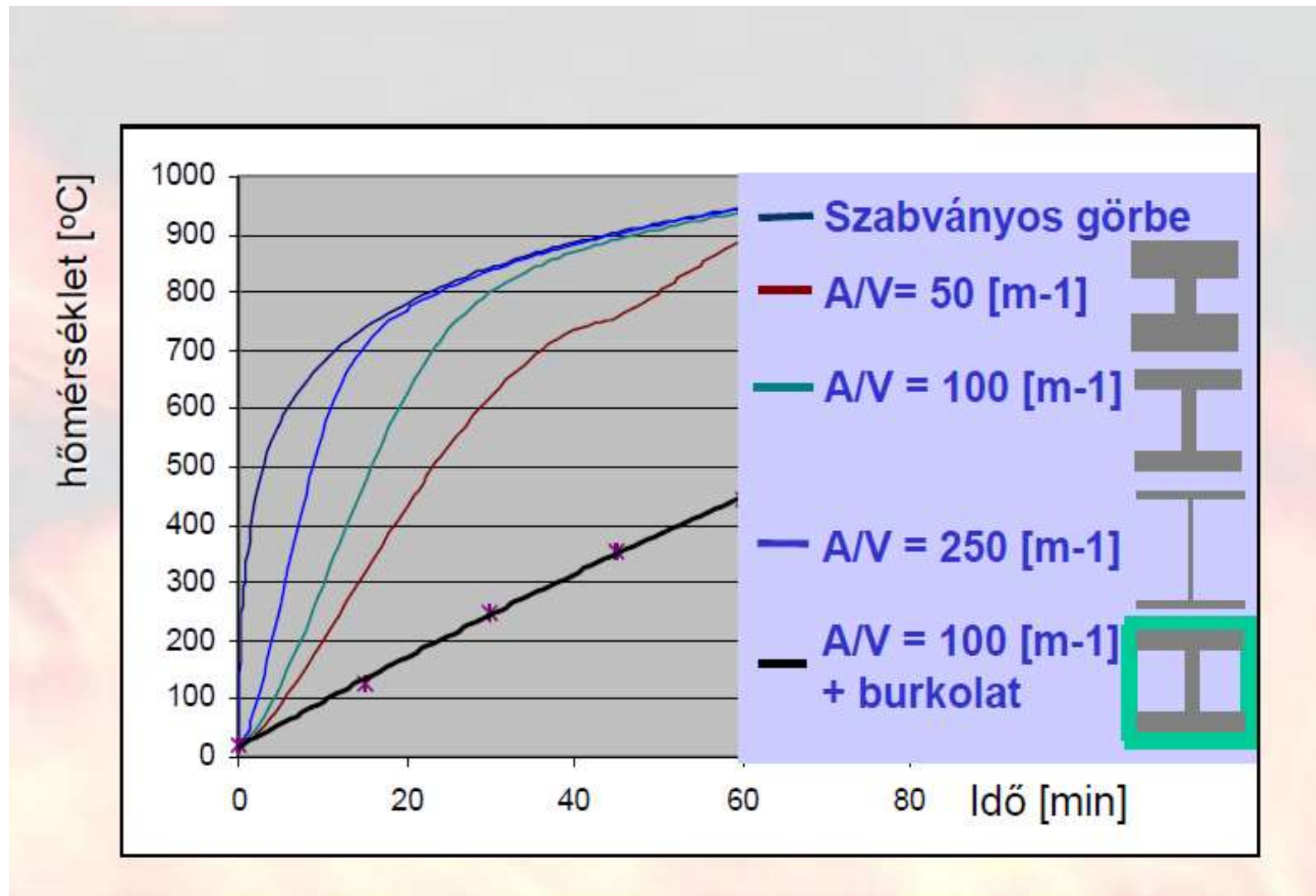
EC 3-1-2



- 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

A keresztmetszeten belül **egyenletes hőmérsékletet** feltételezünk.

Acélhőmérséklet emelkedése tűz hatására

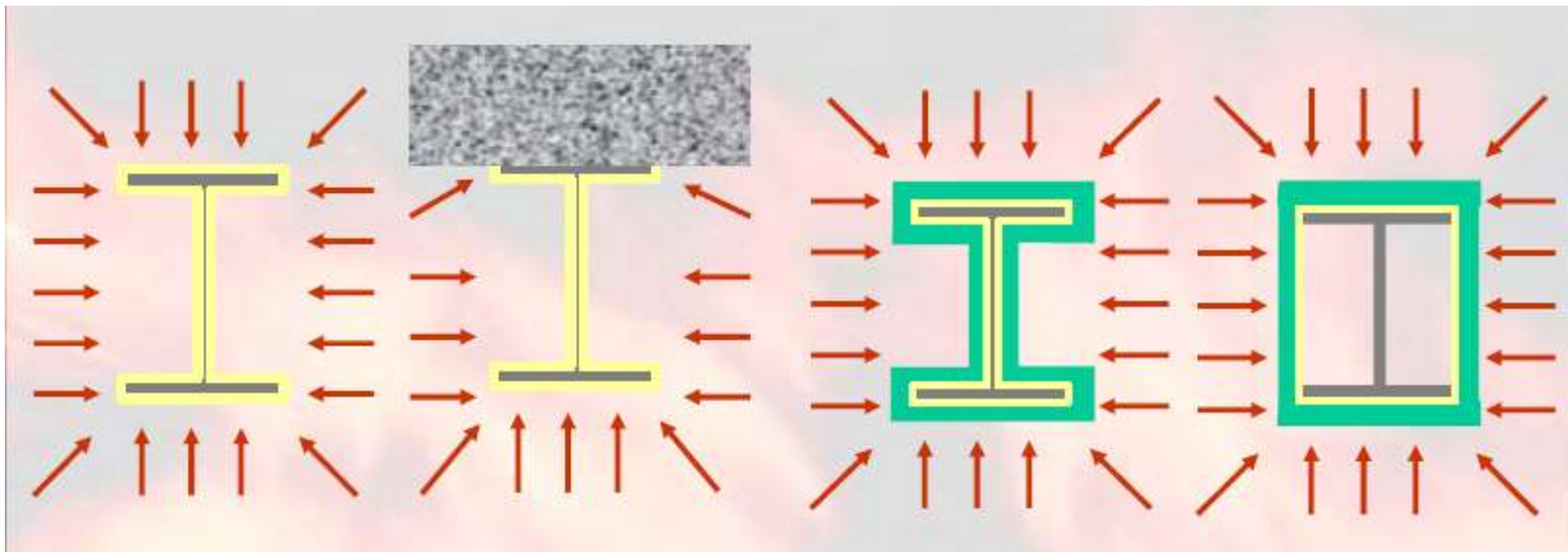
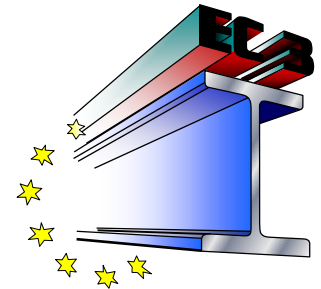


Szelvénytényező A_m / V

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:

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

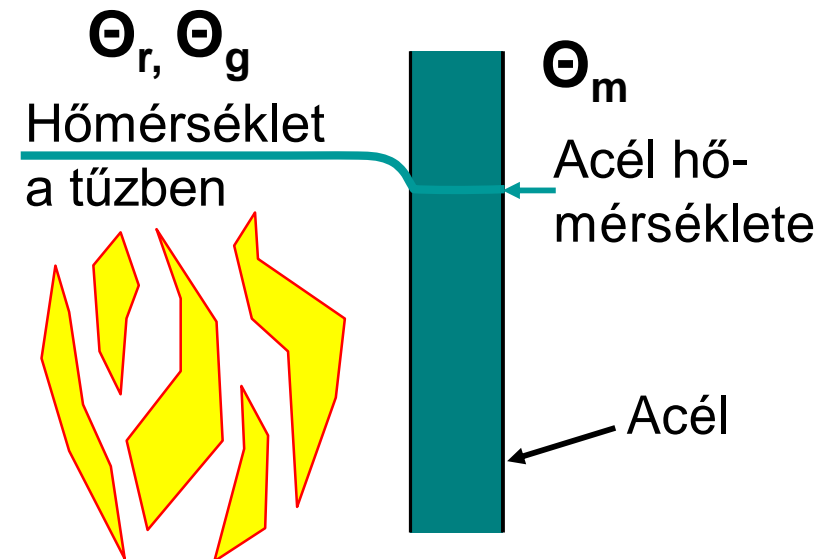
A $h_{net,d}$ hőáram 2 részből áll:

Sugárzás:

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

Konvekció:

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



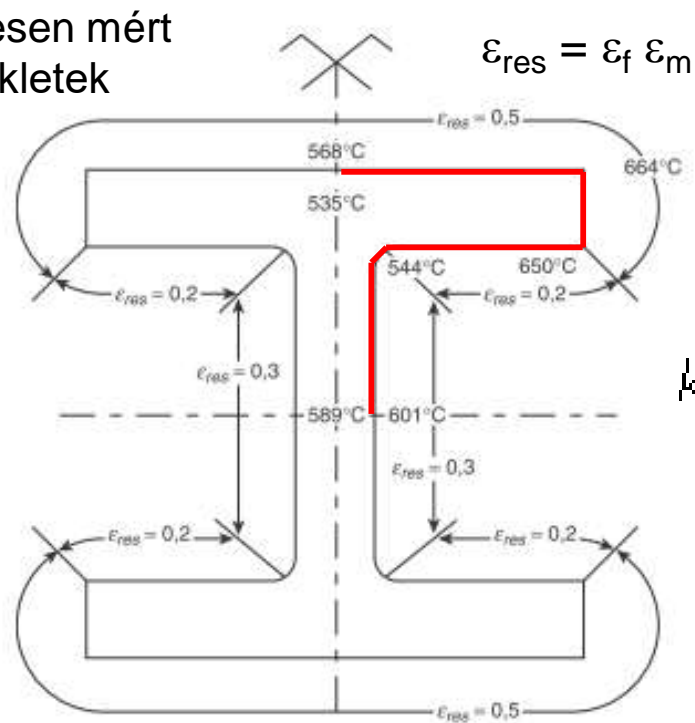
Befolyásoló tényezők

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 $\epsilon_m = 0,7$

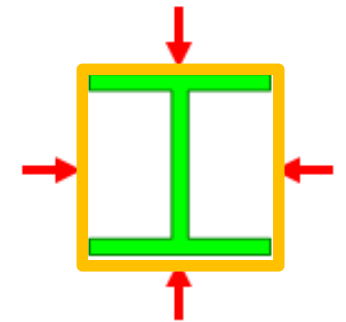
Ténylegesen mért hőmérsékletek



$$\epsilon_{res} = \epsilon_f \epsilon_m$$

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

$(A_m / V)_b$ „dobozos érték”

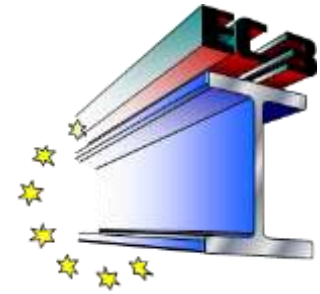


A_m kerület —
 V terület — 10/50

Acélhőmérséklet meghatározása

EC 1-1-2

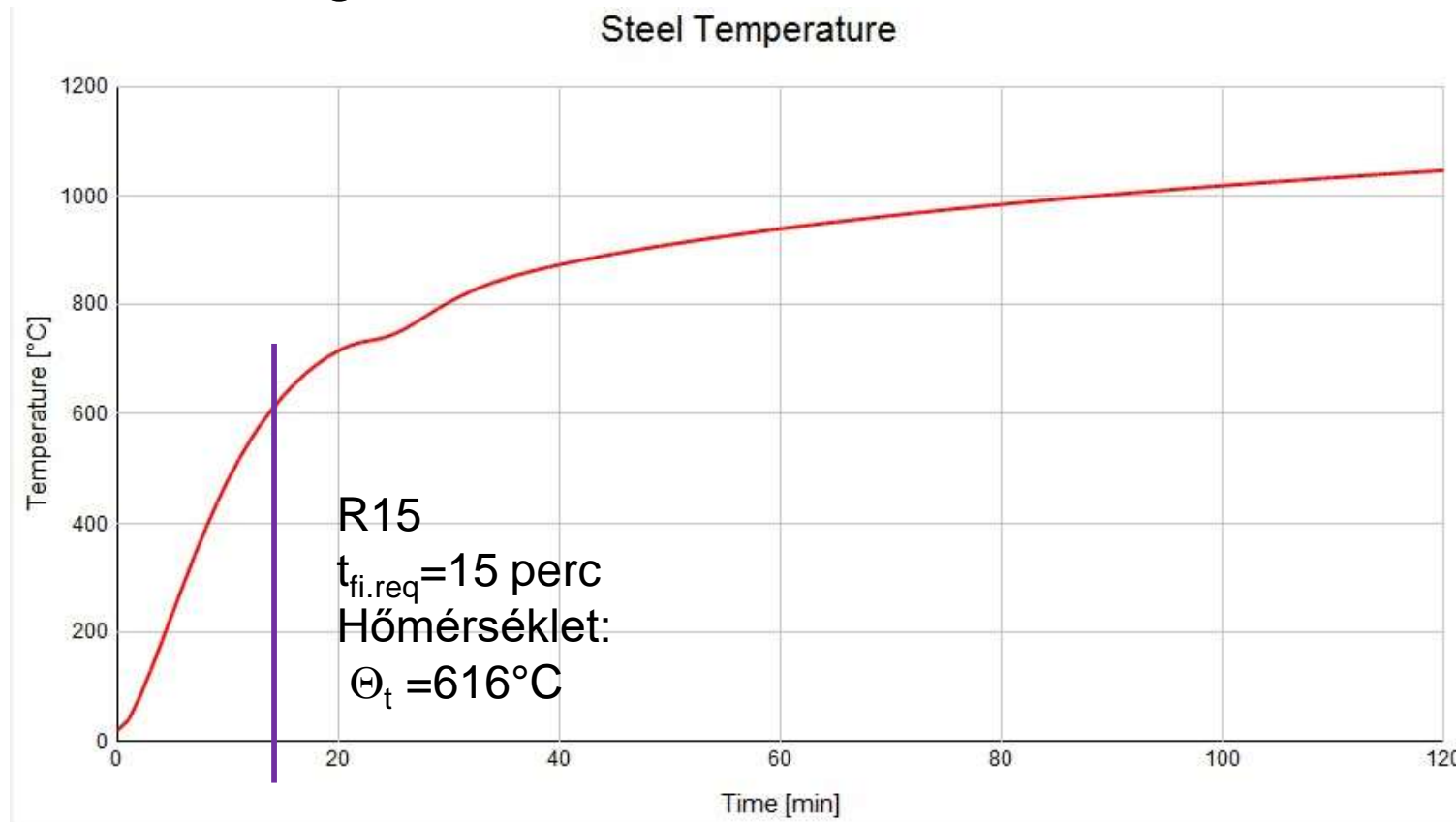
EC 3-1-2



- 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



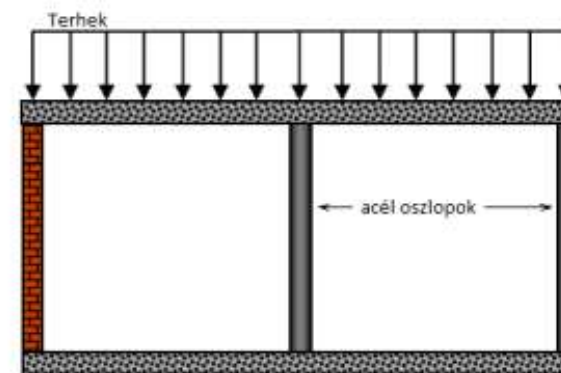
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



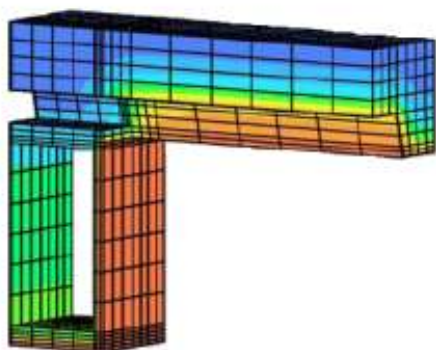
1. Gyújtóhatás



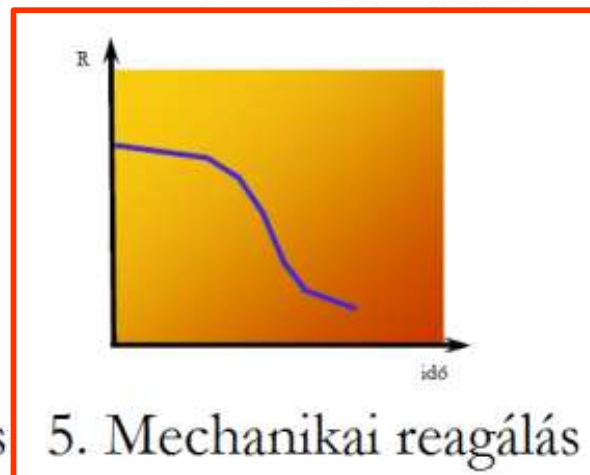
2. Termikus hatás



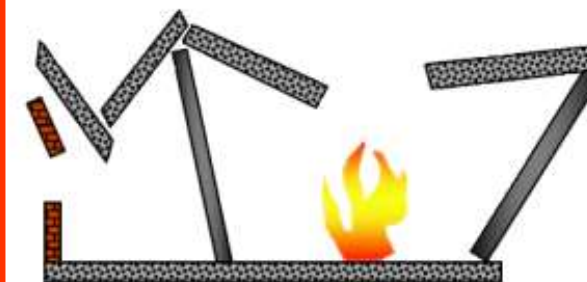
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

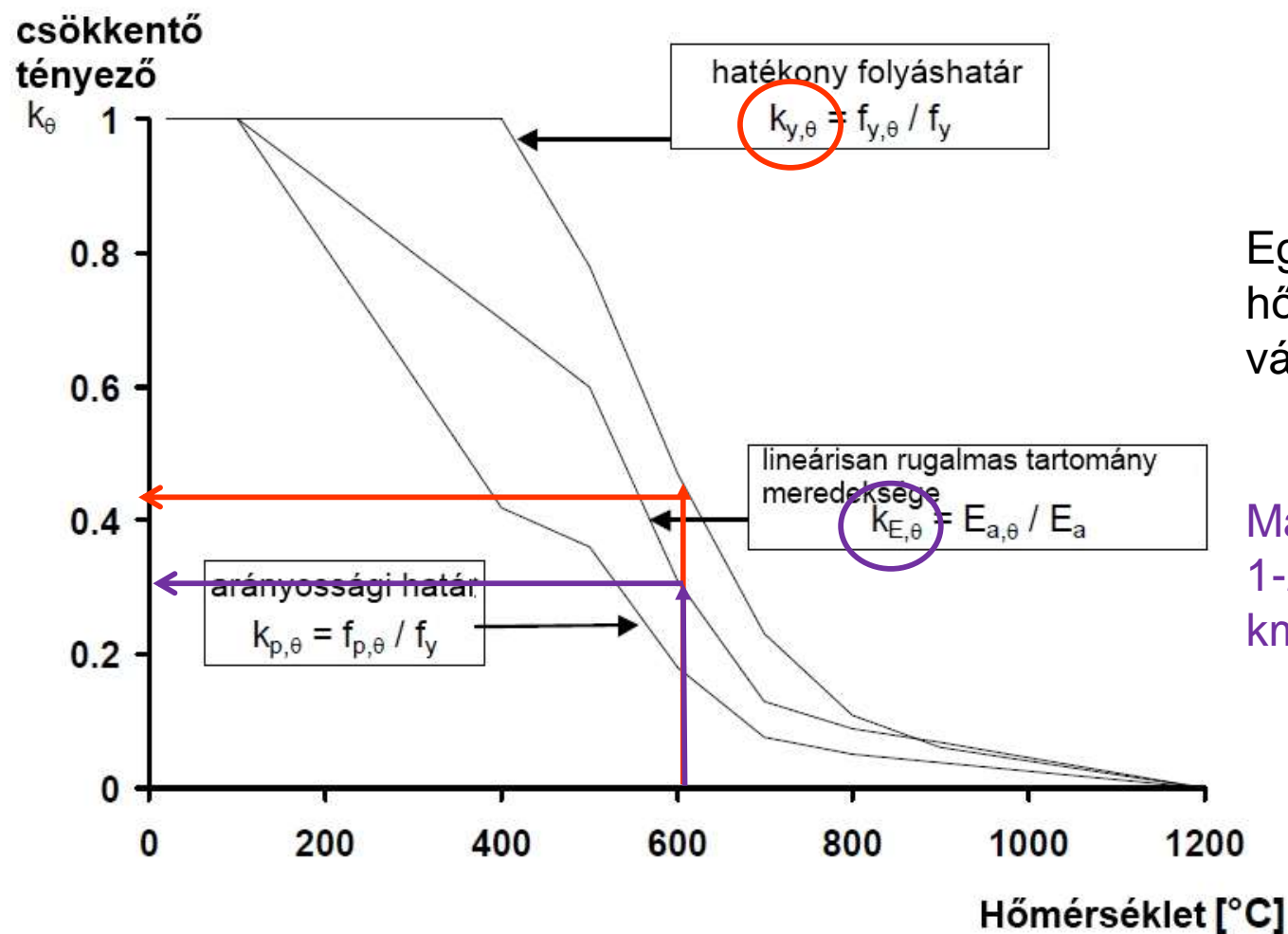
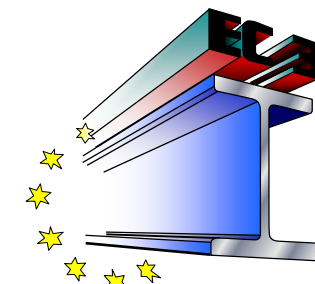


6. Lehetséges összeomlás



EC 3-1-2

Az acél szilárdságának és merevségének leépülése



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

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

14/55

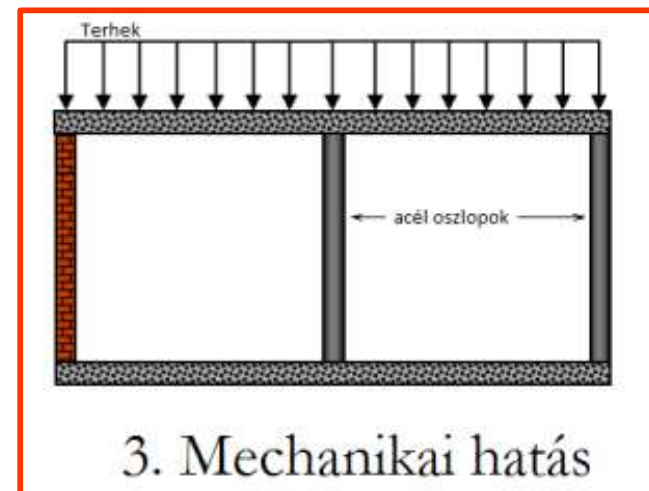
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



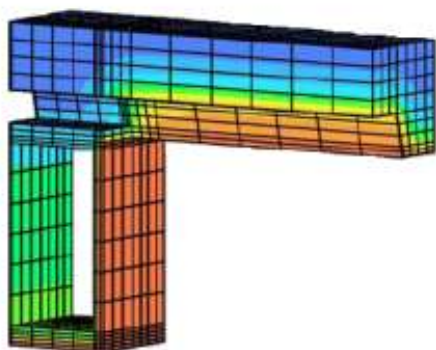
1. Gyújtóhatás



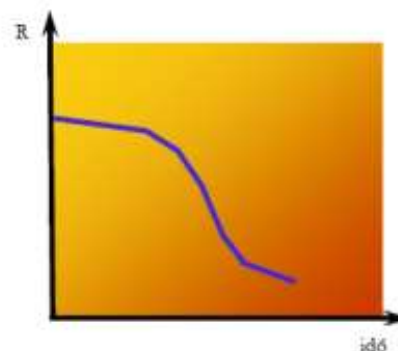
2. Termikus hatás



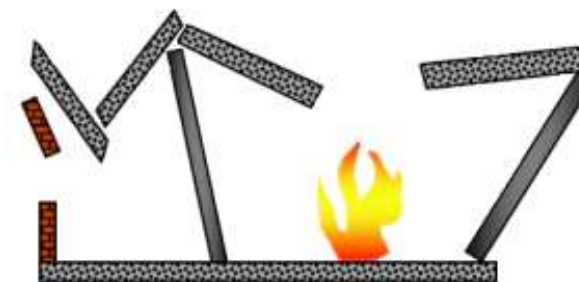
3. Mechanikai hatás



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

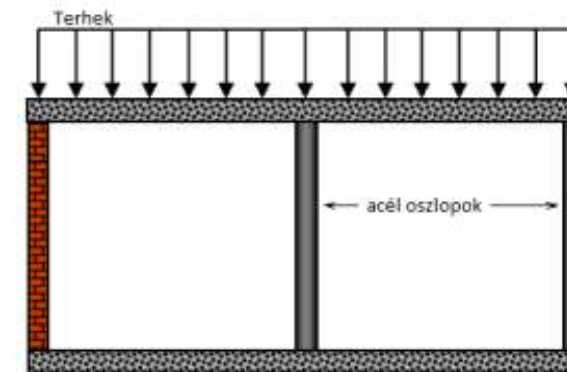
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



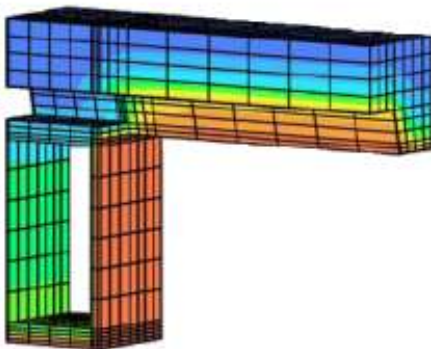
1. Gyújtóhatás



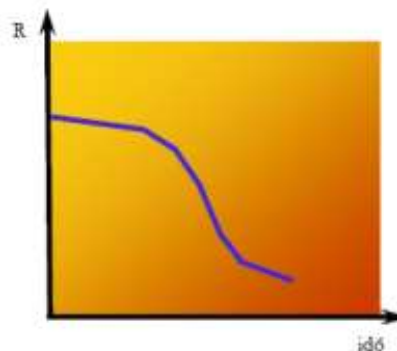
2. Termikus hatás



3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás

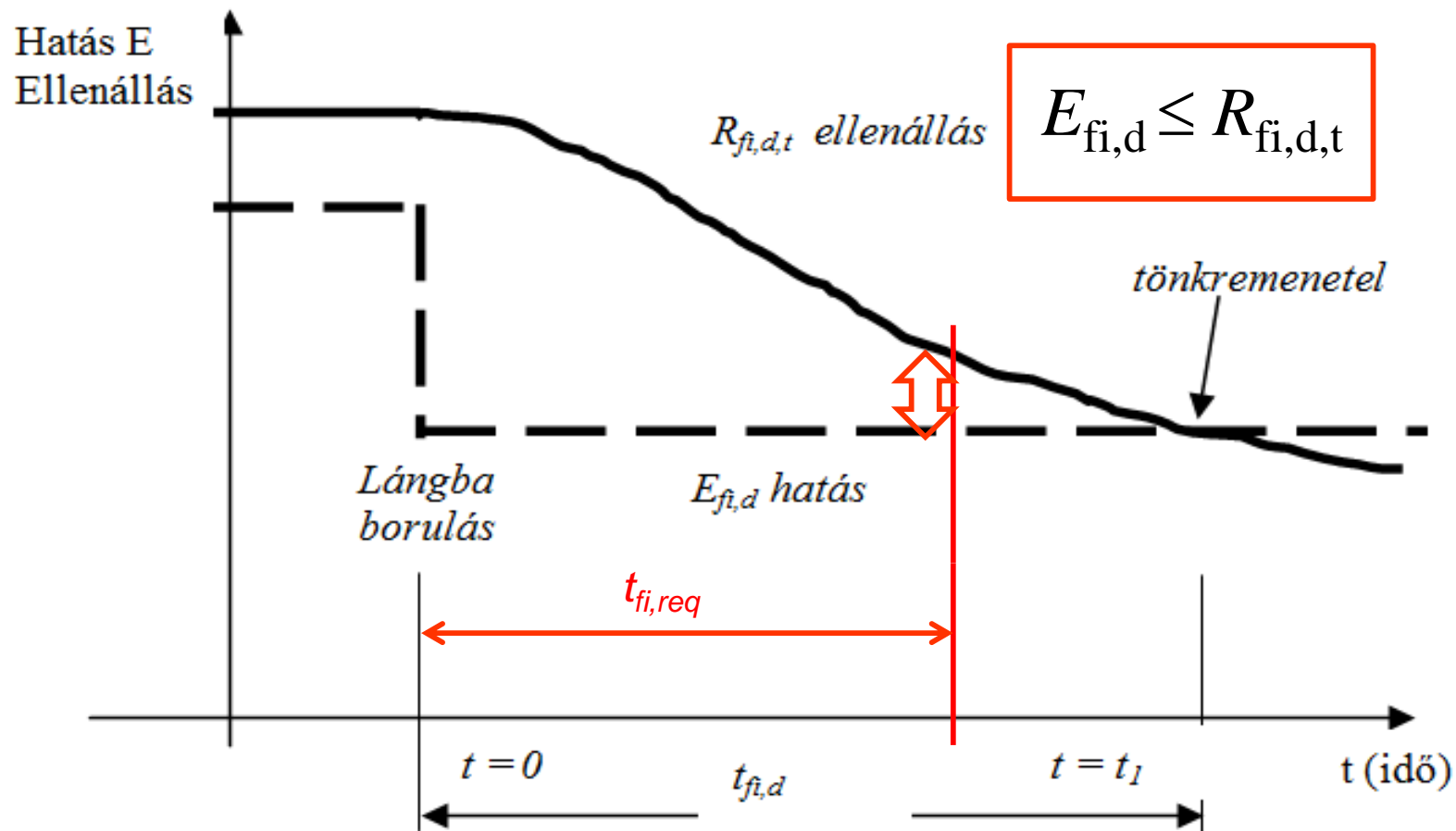


6. Lehetséges összeomlás



Szerkezet állékonyságának igazolási elve tűzhatás esetén

EC 1-1-2



18/50

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

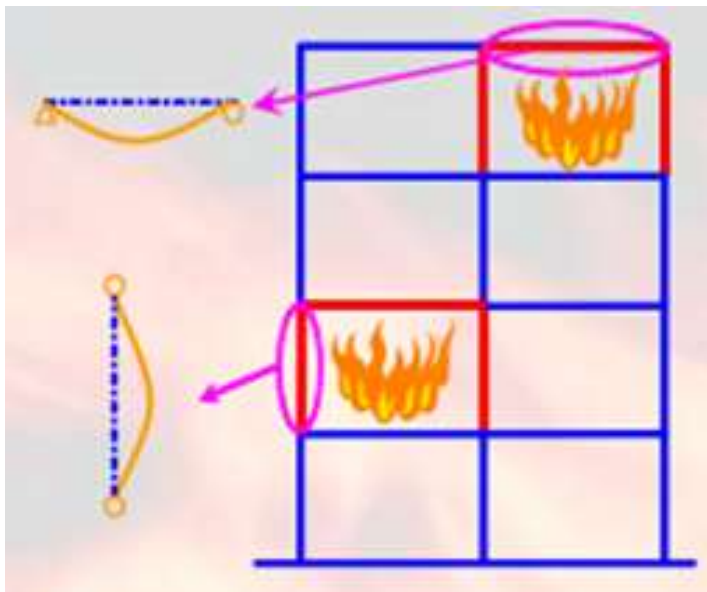
- Tűzállósági időtartam $t_{req} = R_{req}$ (R15; R30; R45...)
- Gázhőmérséklet \rightarrow szerkezeti elem hőmérséklete t_{req} idő múlva Φ_d
- Anyag mechanikai tulajdonságai Φ_d hőmérsékleten
- Ellenőrzés szabvány szerint $E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$
- NEM a tönkremenetel folyamatát követjük (azaz a 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

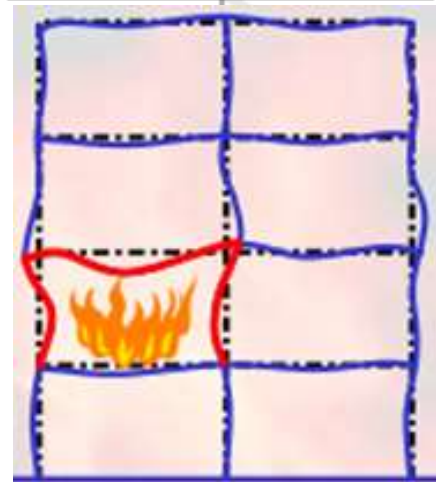
OTSZ-ből: Tűzállósági határérték követelmény T_M

Eurocode szerinti számítással:
Tűzállósági határérték teljesítmény T_H

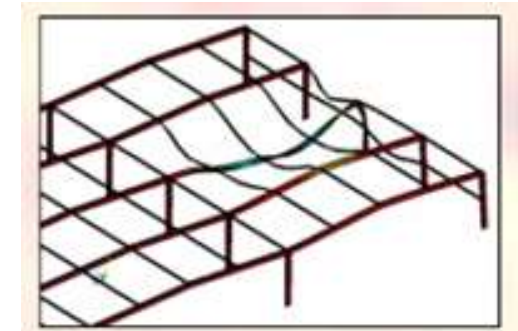
Szerkezeti elemek vizsgálata elkülönítve



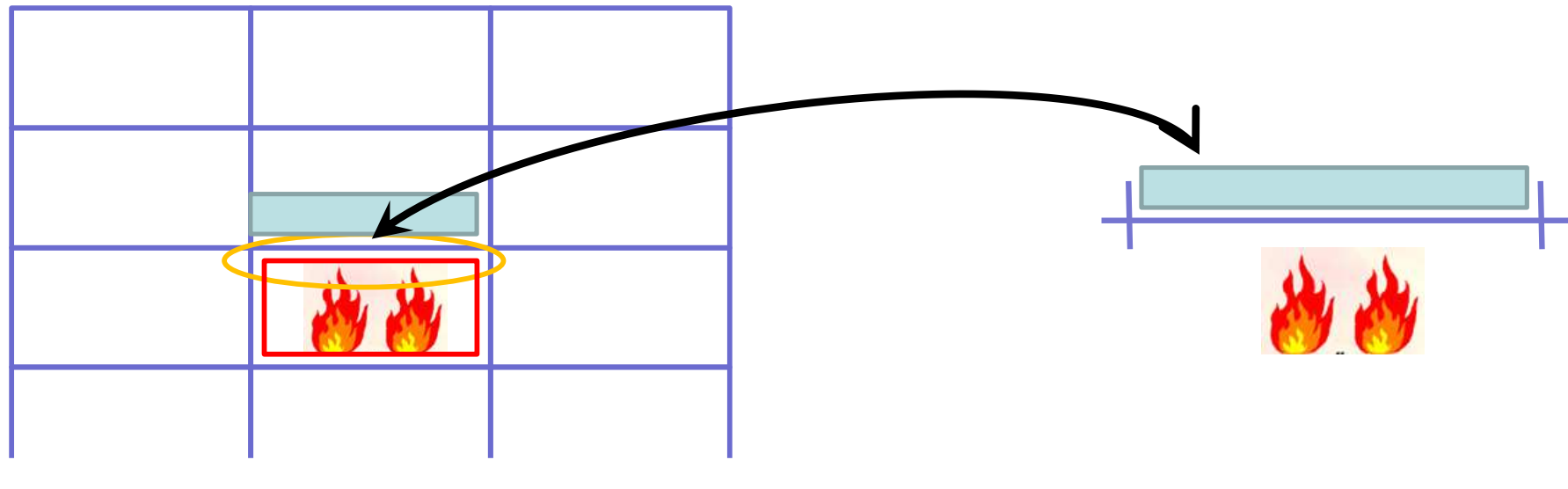
A szerkezet egy részének vizsgálata



A teljes szerkezet vizsgálata



Szerkezeti elemek elkülönített vizsgálata

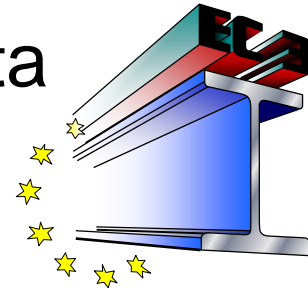
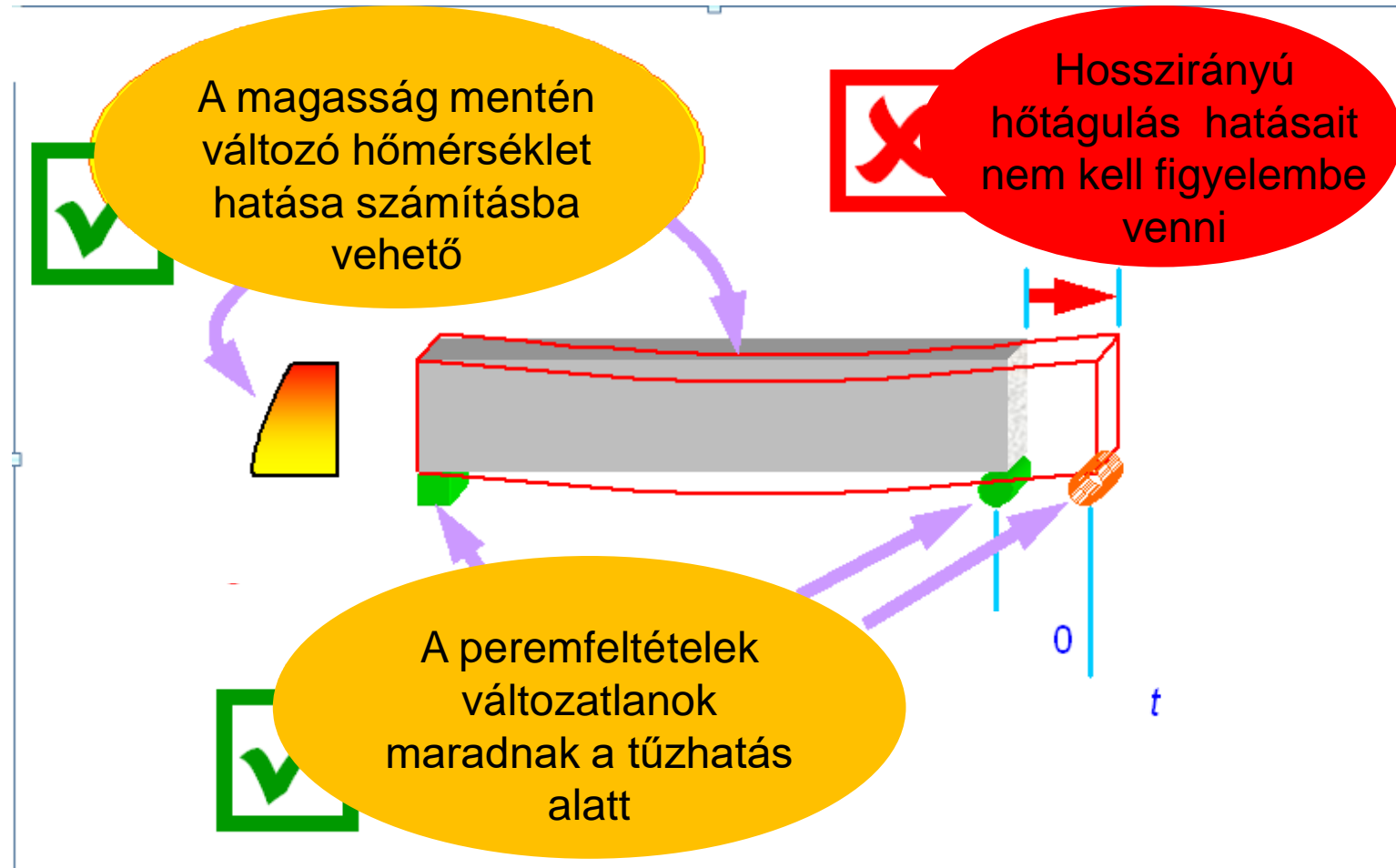


- A szerkezettől elkülönítve, abból kiemelve vizsgálunk, elemenként
- Elkülönítés ugyanúgy történjék, mintha normál hőmérsékleten számolnánk (megtámasztások maradnak)
- Teljes a párhuzam a laborkísérlettel, ha szabványos tűzhatásgörbét használunk!

Szerkezeti elemek egyenkénti vizsgálata

EC 3-1-2

- Egyszerűsítések ISO834 szabványos tűzhatásgörbe használata esetén:



22/50

Keresztmetszeti ellenállások számítása tűz esetén

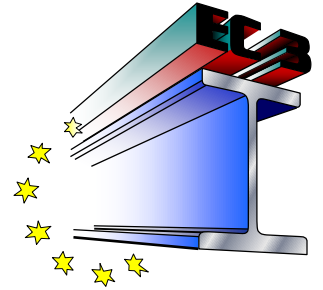
- Keresztmetszeti osztályok – mint EC3-1-1, de:

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

vagy egyszerűsítve:

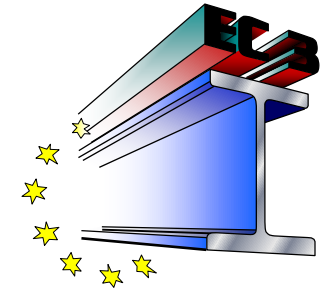
$$\varepsilon = 0,85 \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

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

- 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!

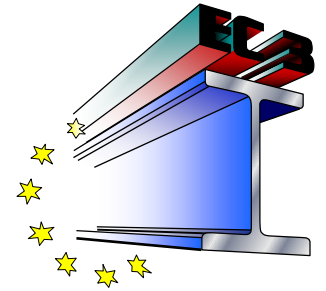
- Kifordulás:

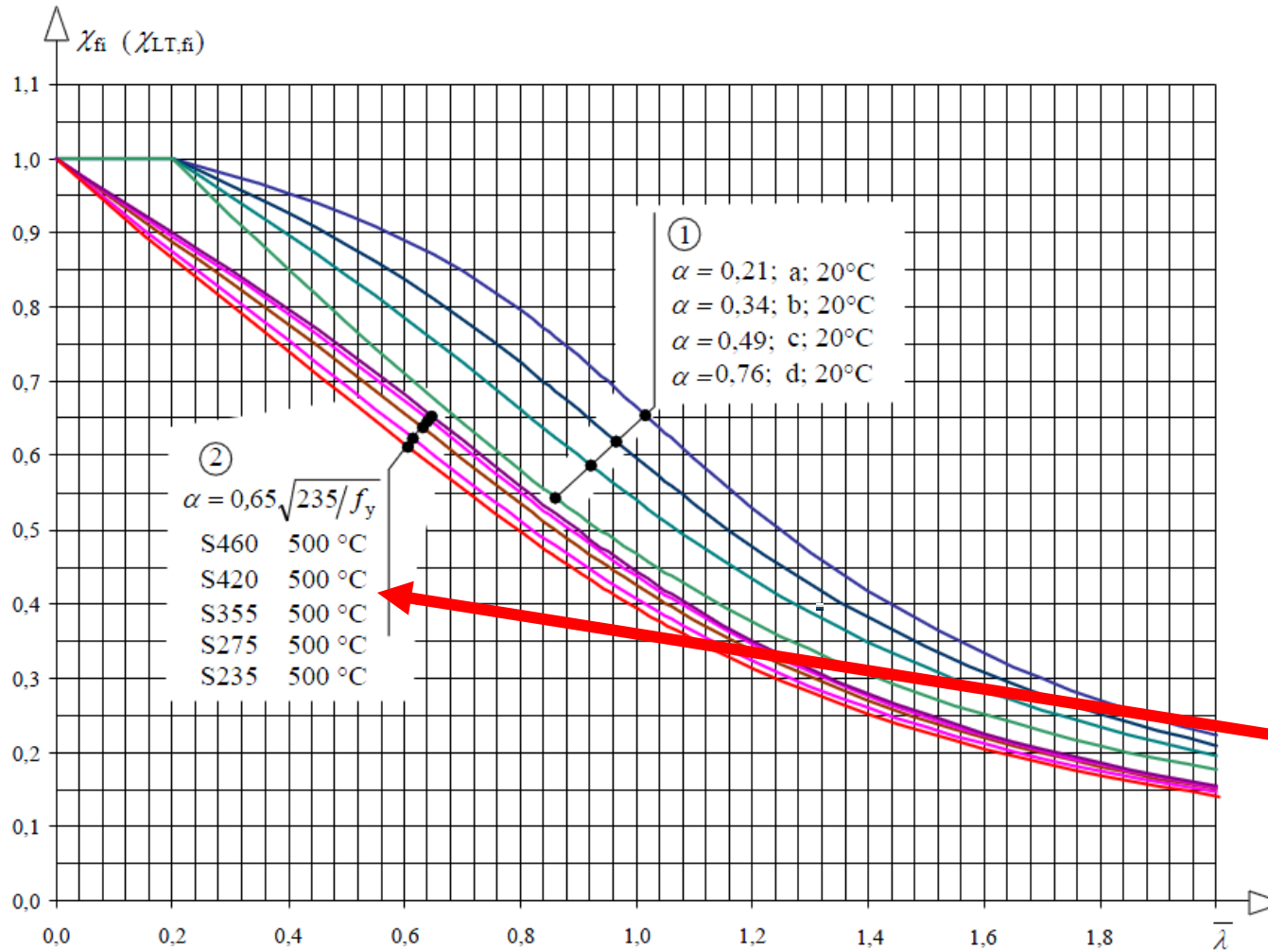
$$M_{b,Rd,\phi,fi} = \kappa_{LTfi} \cdot W \cdot k_{y\theta,com} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

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

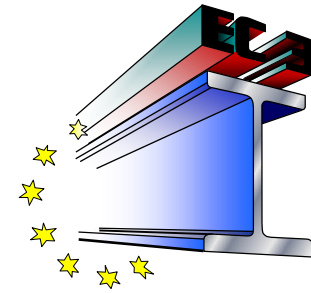
κ_{LTfi} speciális képletek! Eltérő az EC3-1-1-től!

EC 3-1-2





Kihajlási tényezők tűzhatás esetén



ezek is hőmérsékletfüggők!

Key:
 1 Curves at room temperature
 2 Curves at elevated temperature

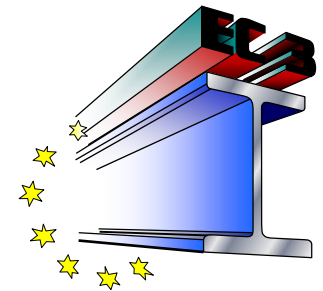
Figure 1.1 Reduction factors at room temperature and at 500 °C for carbon steels S235, S275, S355, S420, S460

EC 3-1-2

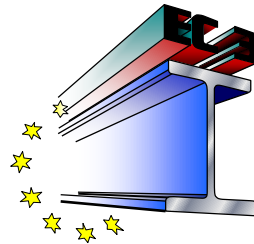
Egyszerűsített számítási eljárás

„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



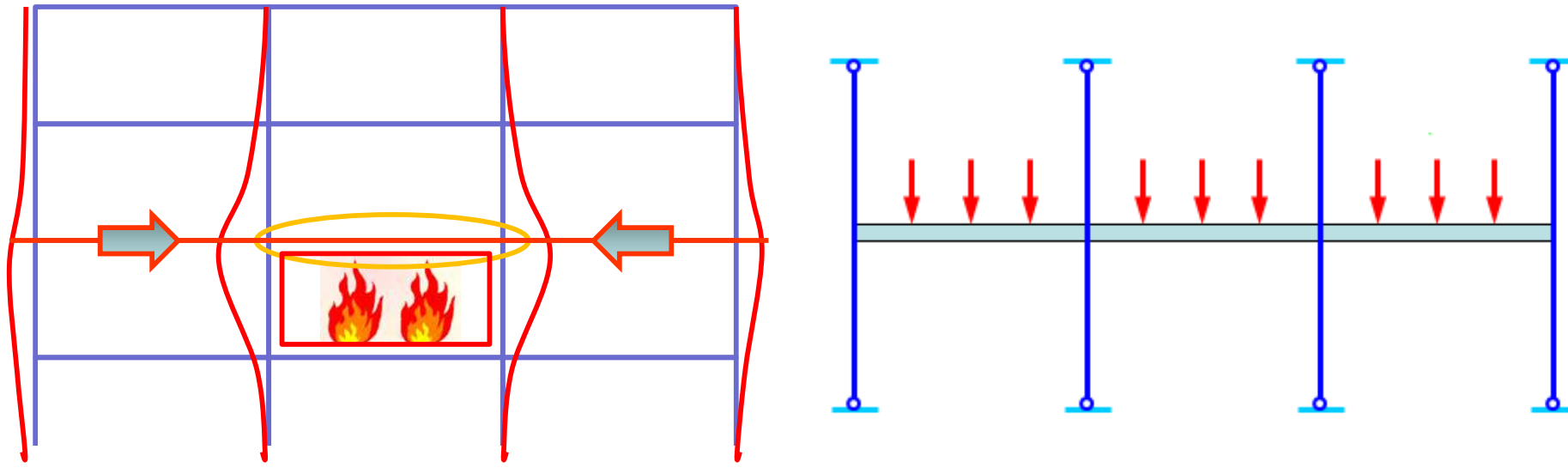
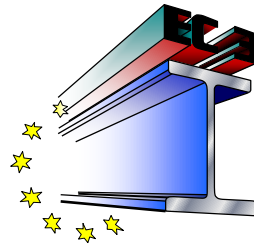
Szerkezeti elem elkülönített vizsgálata

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

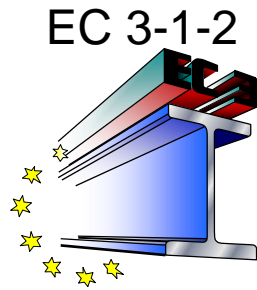
EC 3-1-2



- 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.

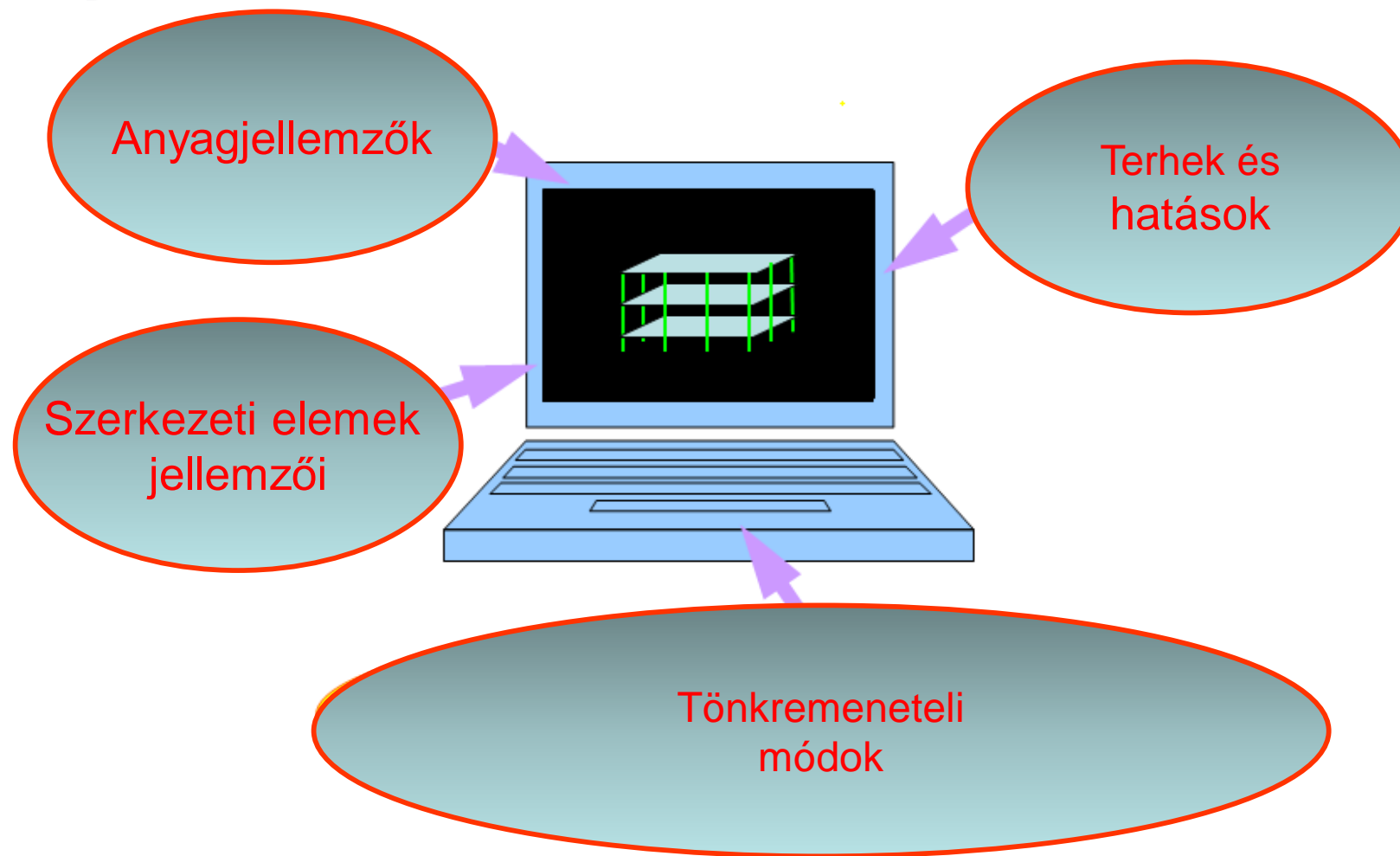
29/50

Szerkezet egy részének vizsgálata



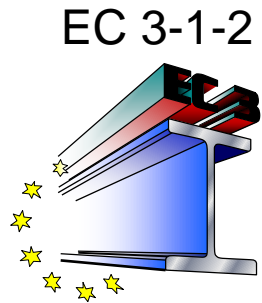
- A szerkezet modellezése könnyen megoldható (pl. főtartó keret ellenőrzése - síkbeli modellel)
- A rugalmassági modulus és a folyáshatár megváltozását a hőmérséklet függvényében tekintetbe kell venni!
- A síkba eső hőtágulás nem elhanyagolható, tehát a szerkezeti elemekre a számított hőmérsékletük teherként 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

- 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 számítani – vagy speciális célszoftvert alkalmazni.

Szerkezeti analízis (igénybevételek számítása és ellenőrzés) lehetőségei

ISO834 szabványos tűzhatás

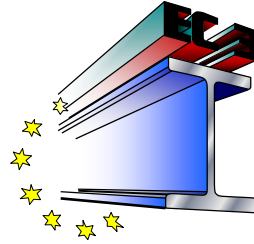
- A normál hőmérsékleti számításhoz képest változatlan modellen számíthatók az igénybevételek (akár 2D akár 3D)
- Hőmérsékleti hatásokat teherként nem kell számításba venni (hőtágulástól eltekinthetünk)
- Igénybevétel-számításnál vizsgálandó teherkombináció: rendkívüli állapot, tűzhatás
- Szerkezeti 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

- 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

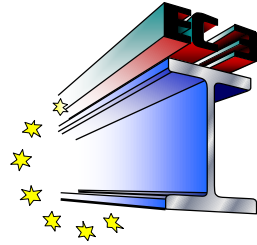
EC 3-1-2



- 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



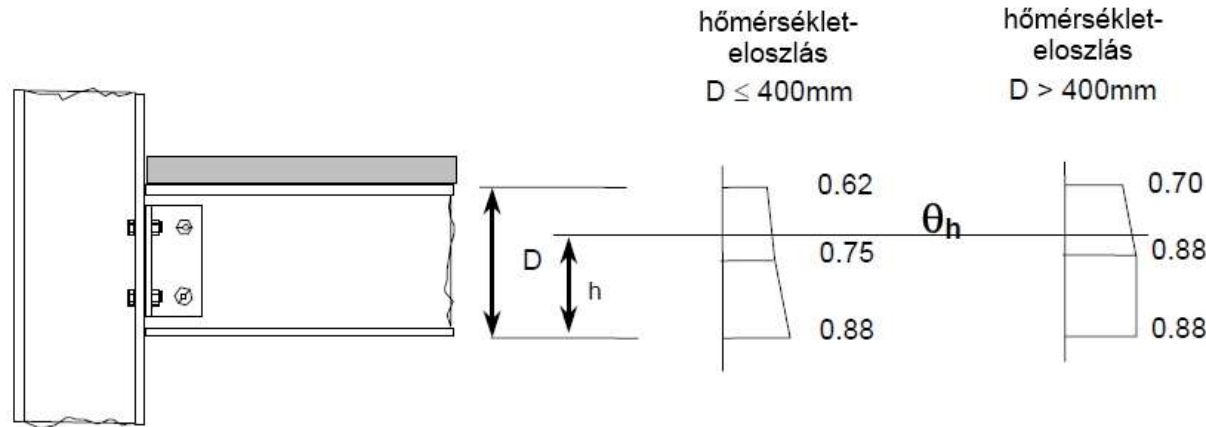
- „D” melléklet szerint (ez sem ad részletes útmutatást)

- 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



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

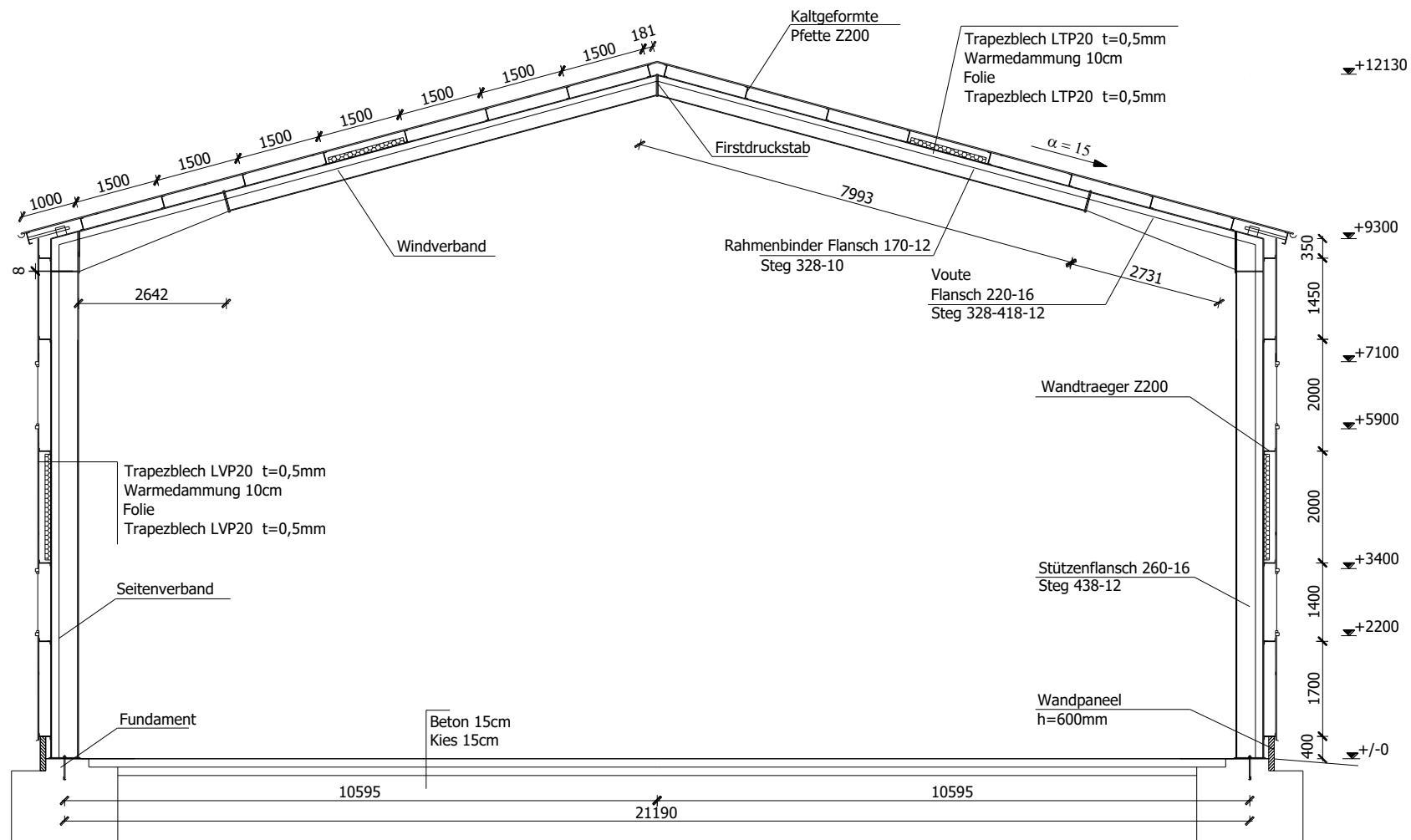
Ha nem felel meg védelem nélkül – tűzvédő bevonat vagy burkolat kell!

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

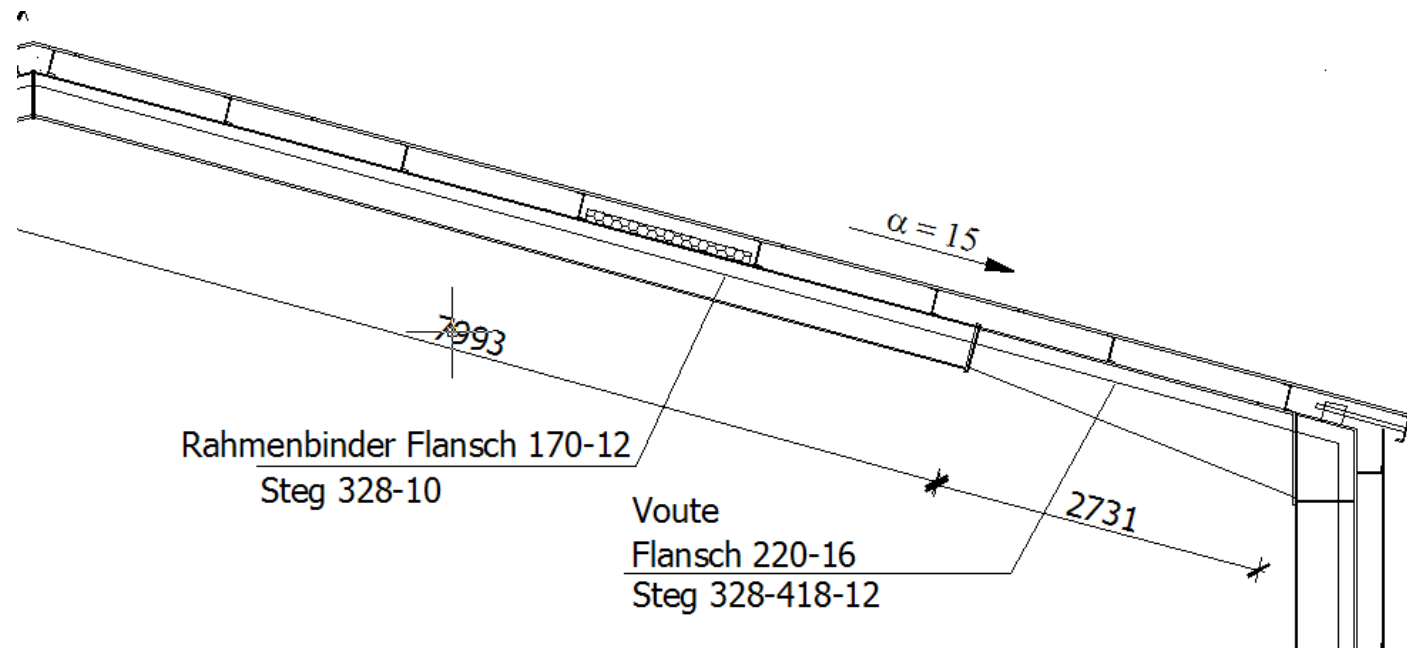


Normál hőmérséklet:

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

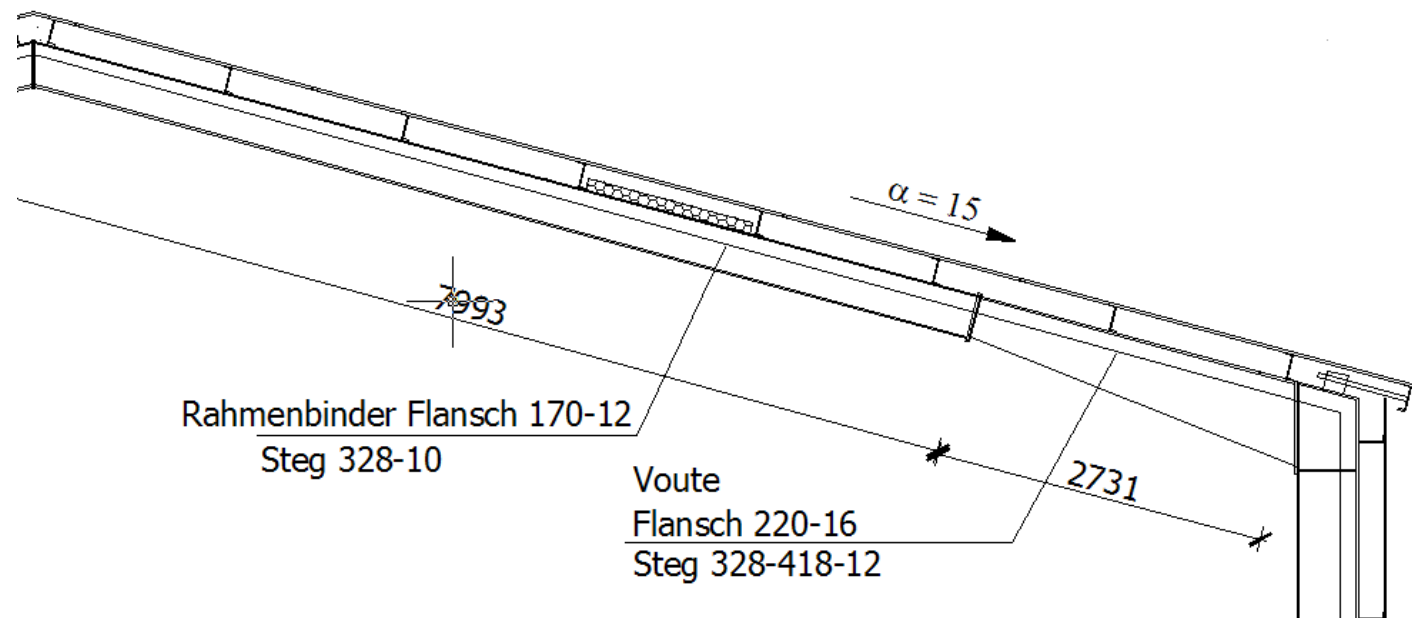
öv 220-18

gerinc 328 – 428 - 14

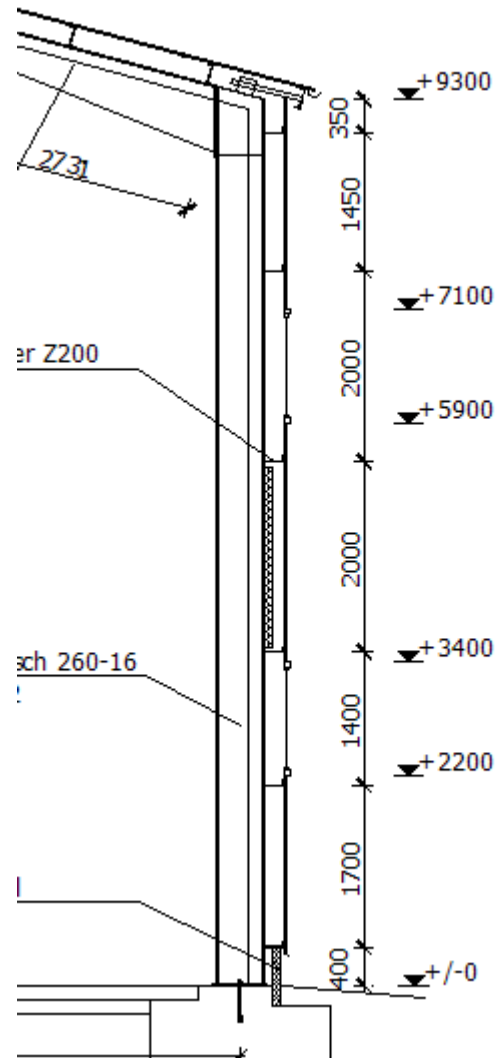
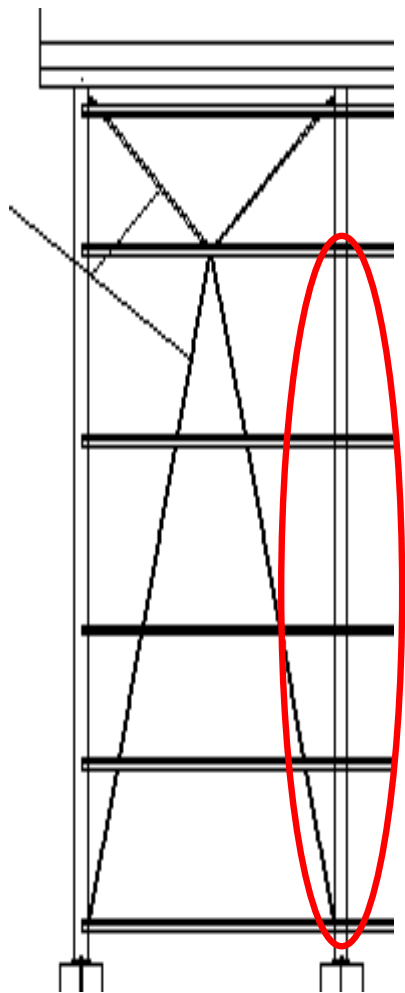
hajlítás 45%

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

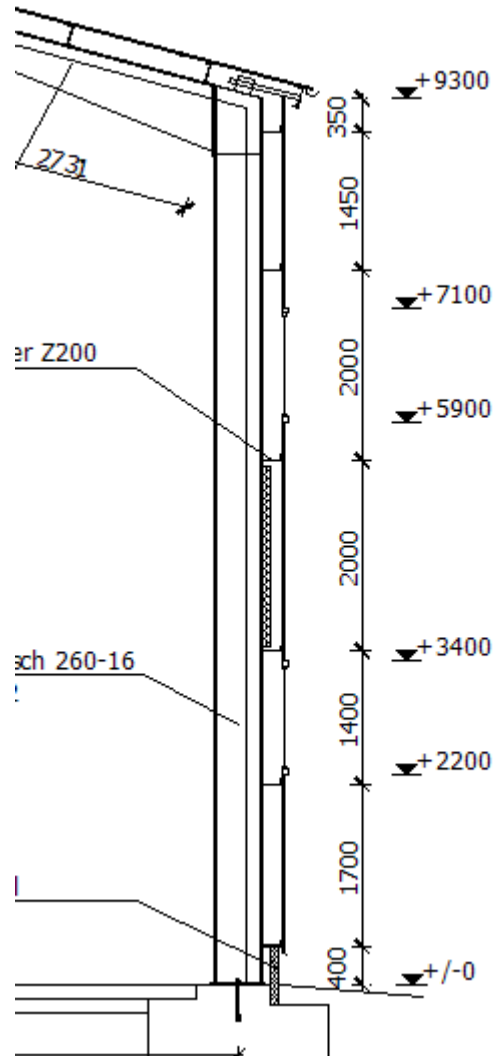
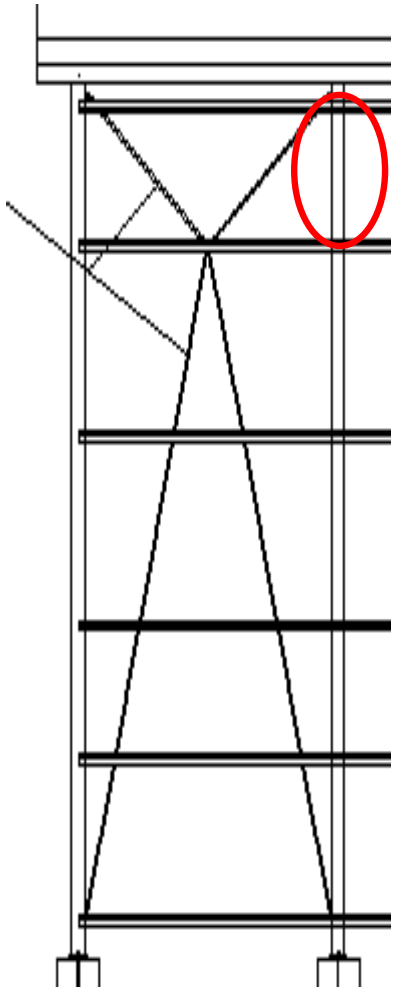
gerinc 438 - 12

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%



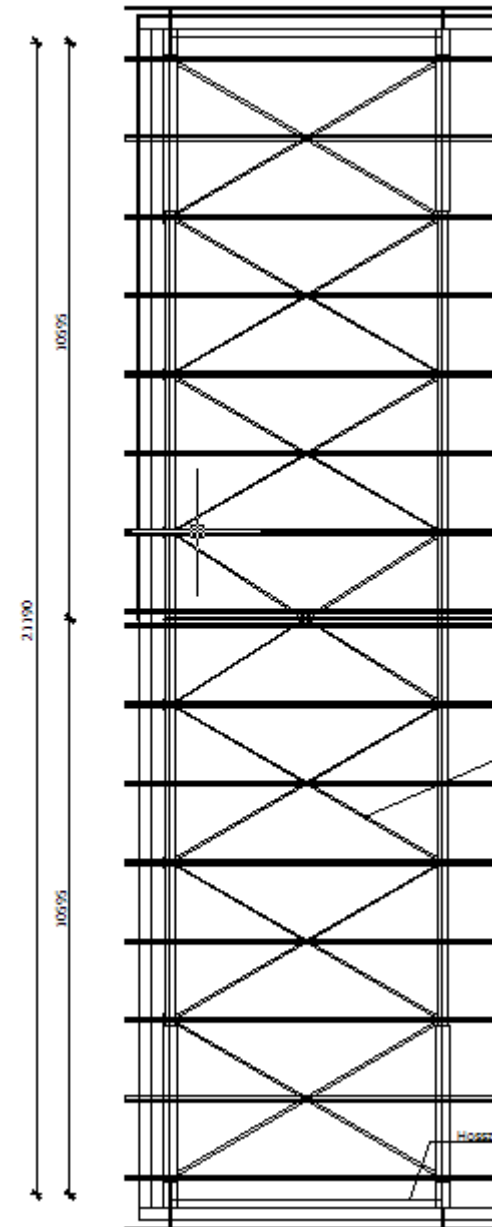
Normál hőmérséklet:
 Öv 260-16
 Gerinc 438 - 12
 Kihajlás 22%
 Kifordulás 53%
 Interakció KIH-KIF 97%

Szélrács R15

normál:
köracél $\Phi 20$ mm



tűzben: 758°C
köracél $\Phi 25$ mm



Vékonyfalú szelvények R15

Profilméret $A = 100 - 350$ mm

Lemezvtg. $t = 1 - 3$ mm

Profilmfaktor $U/A: 500 - 2000$

Hőmérséklet: $730 - 738^\circ\text{C}$

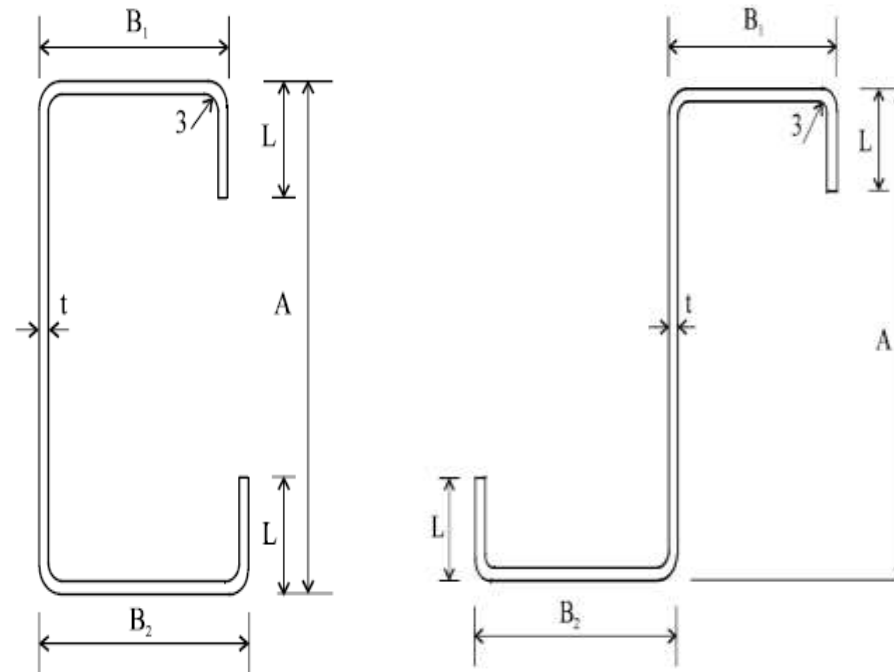
Csökkentő tényezők

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

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

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 – vagy 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: 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....

Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra – Számítógépi módszerek, alkalmazások

Dr. Horváth László

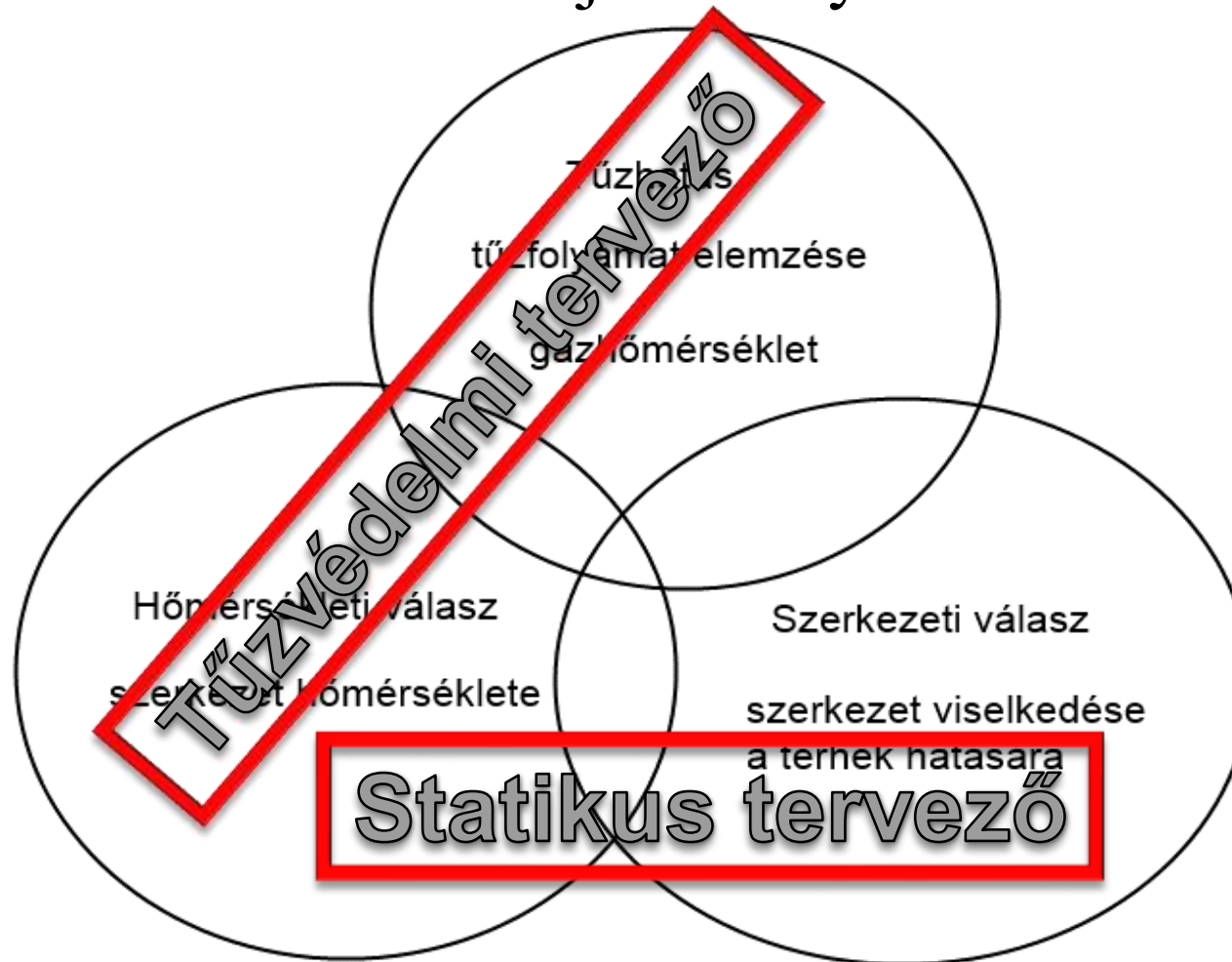
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Tartalom

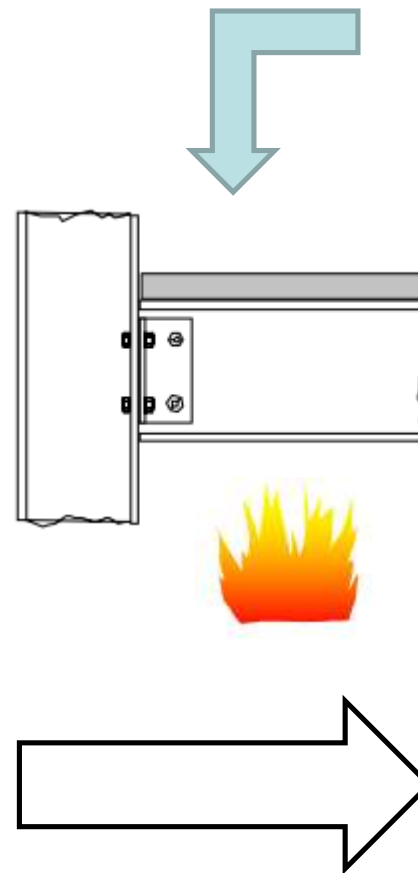
- Egyszerű célszoftverek
 - Hőmérsékletek számítása
 - Méretezés tűzhatásra – elemenkénti ellenőrzés
- Komplex tervező szoftverek (termikus és szerkezeti analízis)
- Fejlett tűzmodellezés alkalmazása
- Fejlett számítógépi módszerek a szerkezeti viselkedés követésére
- Konstruktív kérdések

Viselkedés-alapú tervezés

Tartószerkezetek tűzvédelmi teljesítményének ellenőrzése



Tartószerkezet számítógépi méretezése tűzhatásra

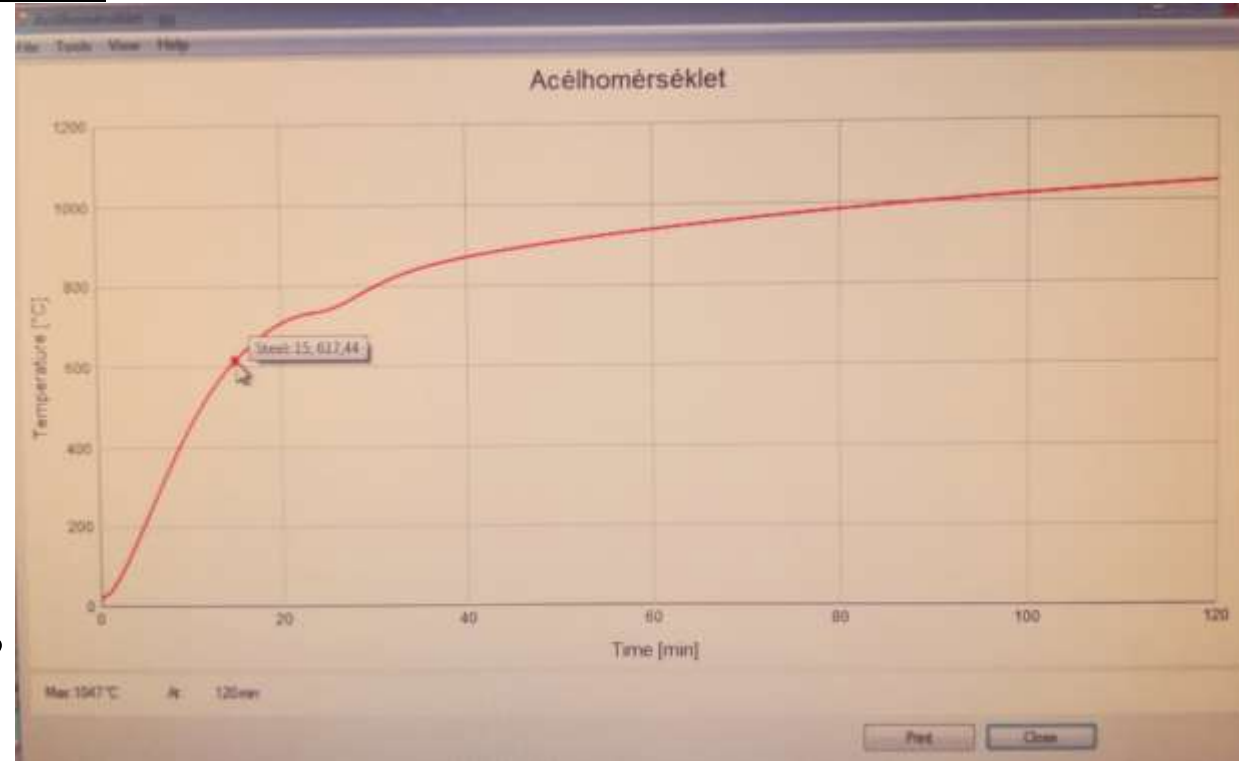


Acél elemek hőmérsékletének megállapítása

OZONE 3 szoftver (ArcelorMittal)



- Csak melegen hengerelt szelvények
- 3 vagy 4 oldali tűzhatásnak kitéve
- Védtelen profilokra és védelemmel ellátott szelvényekre is
- Tűzhatás: tűzhatásgörbék (ISO, ASTM, szénhidrogén) + lokális és zóna modellezés (TÚT!).
- Csak hőmérsékleti diagramot ad (gáz és acél), leolvasni nem egyszerű (belekattintani, egérmutatót a diagramra illeszteni)



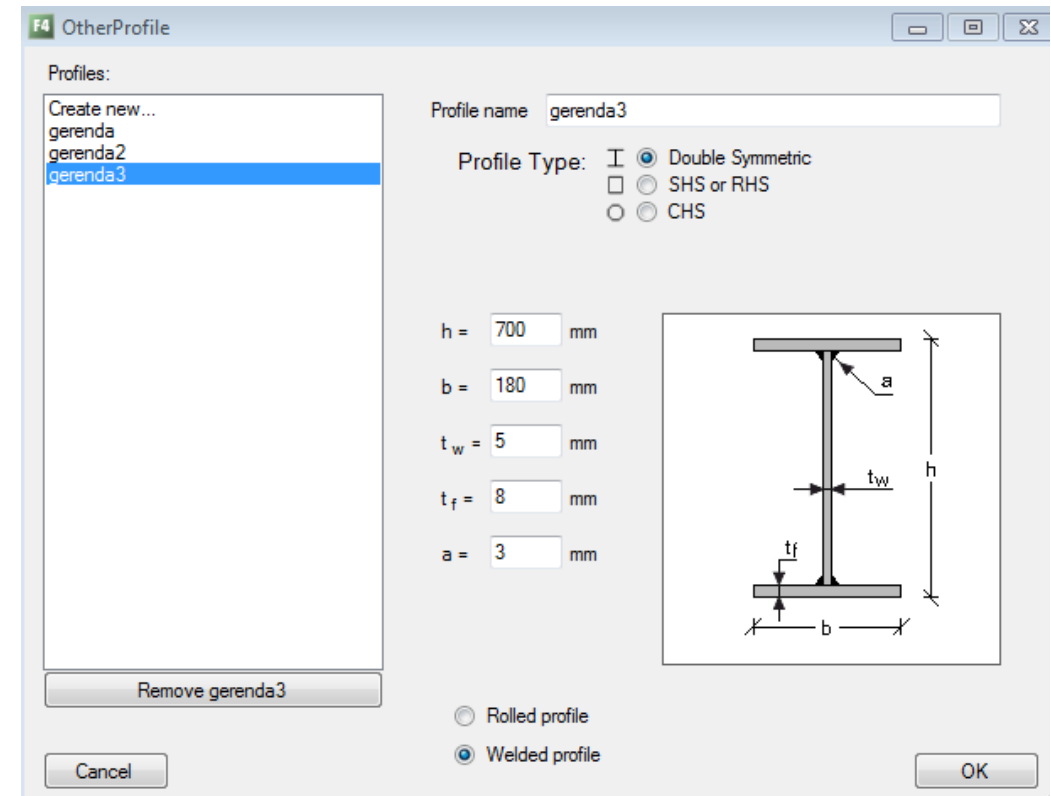
5/47

Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

FIDESC4 (CTICM)



- Széles szelvényválaszték
 - Melegen hengerelt szelvények
 - Zártszelvények
 - Hegesztett profilok
 - Felhasználó által definiált méretekkel
 - Akár 4. osztályú szelvények is lehetnek!
- Csak ISO834 szabványos tűzhatás
- Tűzhatás alatti igénybevételeket beírva kritikus hőmérsékletet számol
- Szelvényhőmérsékletet beírva ellenállásokat számol és ellenőriz

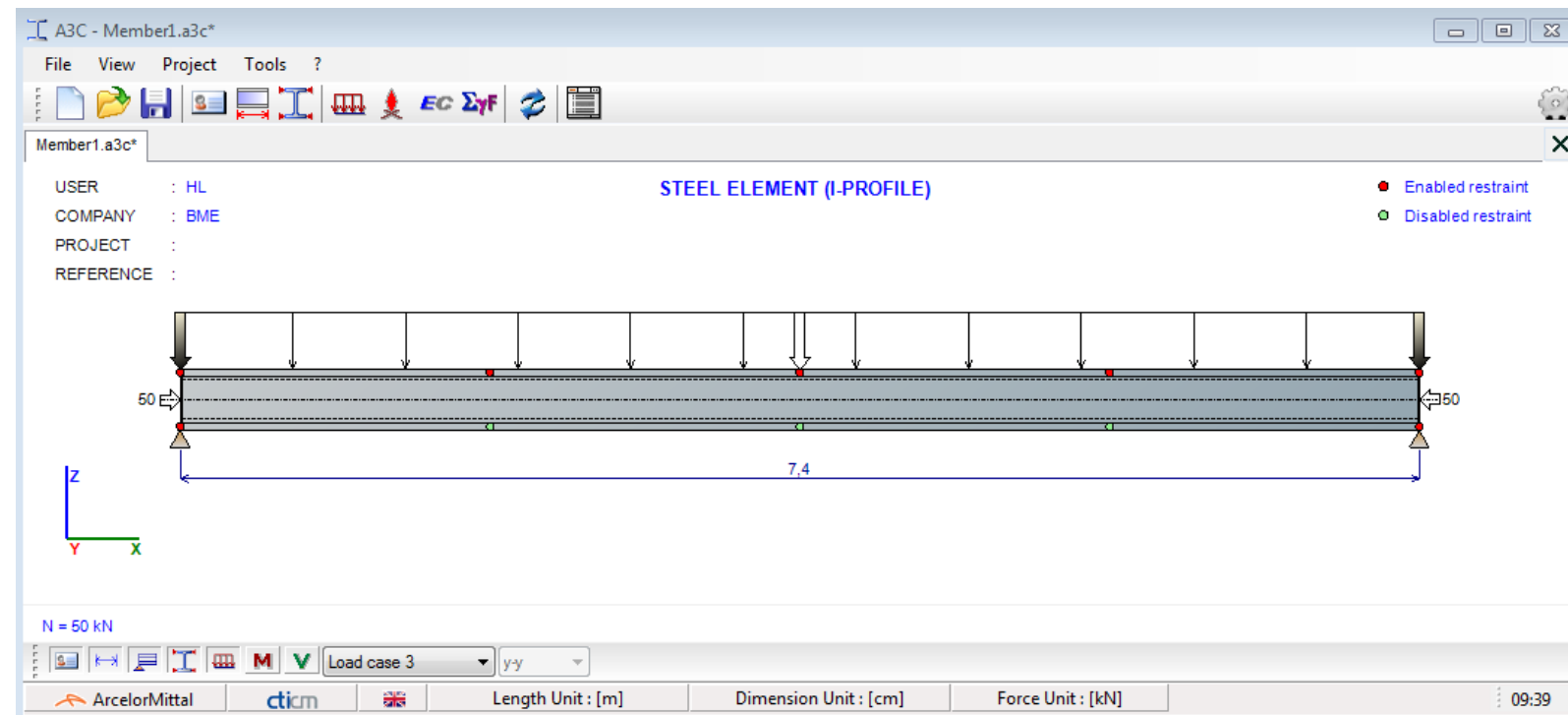


Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

A3C (Arcelor-Mittal)



- Hajlított, nyomott és hajlított-nyomott acél elemek teljeskörű statikai ellenőrzése – normál hőmérsékleten és tűzhatásra is EC szerint
- Igénybevételeket számol, stabilitási ellenőrzéshez megtámasztási viszonyok korrekten definiálhatóak



Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

A3C (Arcelor-Mittal)



- CSAK melegen hengerelt szelvények, CSAK S355-S460-S500 acélból
- Csak ISO834 szabványos tűzhatás
- Kiválasztott R... értékhez kritikus hőmérsékletet és tűzvédelmet számol
- Adott tűzvédelmi megoldáshoz tűzállósági időtartamot számol

Fire resistance

Calculation of the standard fire resistance

Calculation options

Standard fire resistance R15 min
The thickness of fire protection will be determined

Thickness of fire protection material
The duration of fire resistance will be estimated

Type of fire protection

Intumescent paint
 Spray
 Board

Fire protection material

Generic product
 Commercial product

INTUMESCENT COATING (ECCS Publ.)

Fire exposure configuration

3 sides 4 sides

Element position in the structure

Column in the top storey
 Column in a intermediate storey
 Other

Buckling length

$L_{fi} = 1,00 \times L$

Intermediate lateral restraints

Fully lateral restraints taken into account in the fire calculation

OK Cancel

Egyszerű segédsoftverek alkalmazása

- Ingyenesen hozzáférhetőek
- Az interneten számos további szoftver hozzáférhető (pl. az Arcelor-Mittal honlapján ABC, LUCA....)
- Általában nincs vagy csak kevés útmutatás a használathoz
- Korlátaik vannak
- Gyakorlást igényelnek
- Nem kapcsolódnak más szoftverekhez

Komplex acélszerkezeti tervezőszoftverek



- Termikus és szerkezeti analízis
- Szerkezeti elemek hőmérsékletének megállapítása névleges tűzhatás esetén (ISO834 szabványos és más tűzhatásgörbék)
- Adott hőmérséklet is beállítható mint tűzhatás
- Mechanikai jellemzők automatikus beállítása a hőmérséklethez
- Analízis és ellenőrzés tűzhatásra
- Későbbi előadásban a Consteel alkalmazása bemutatásra kerül (Vaszilievits-Sömjén Bálint)

Fejlett tűzhatásmodellezés

- A tűz nem a teljes tűzszakaszban működik, hanem lokalizálva a tűzfészekben
- Az ott lévő éghető anyagok mennyiségét és tulajdonságait figyelembe veszi a hőfejlődésnél
- A tűzszakaszban a gázhőmérséklet térbeli eloszlására információkat ad
- Ezen túl a modell pontosságától és lehetőségeitől függően tekintetbe veszi:
 - égés folyamata, sebessége
 - égés terjedése
 - oxigén mennyisége, légcsere, szellőzés
 - aktív tűzvédelmi rendszerek beavatkozásának következményei
 -

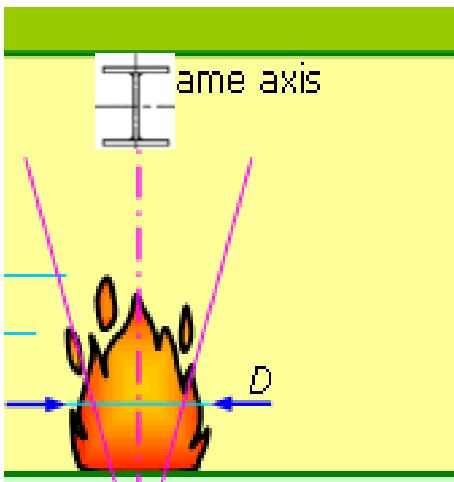
Lokális tűzhatásmodellek



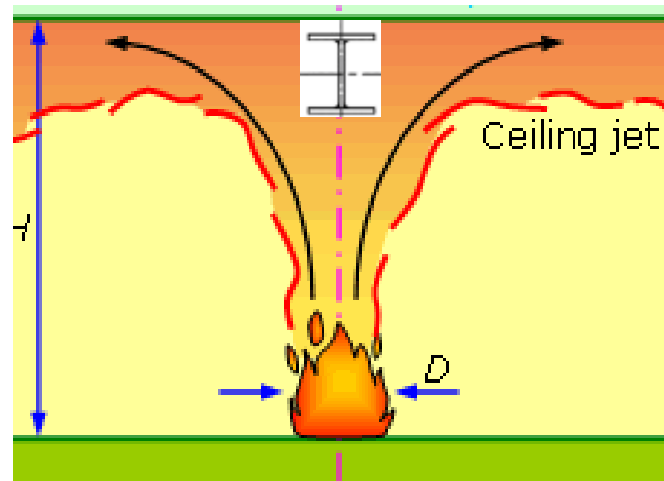
Tűzhatás szimulációja (FDS) ^{11/47}

Lokális tűzmodellek

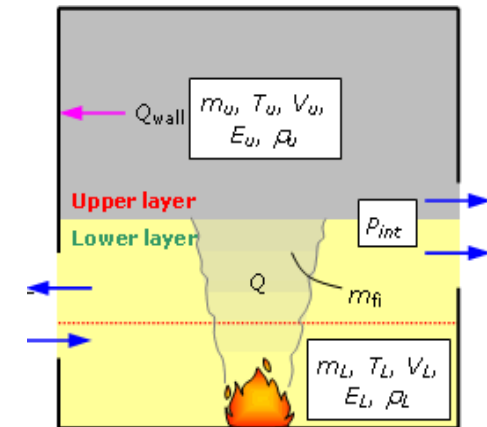
Hasemi



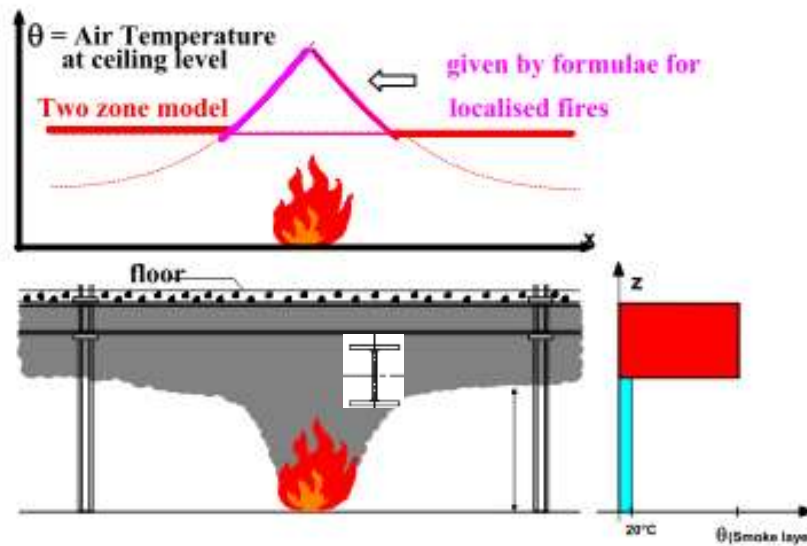
Heskestad



Zóna modell



Kombinált modell

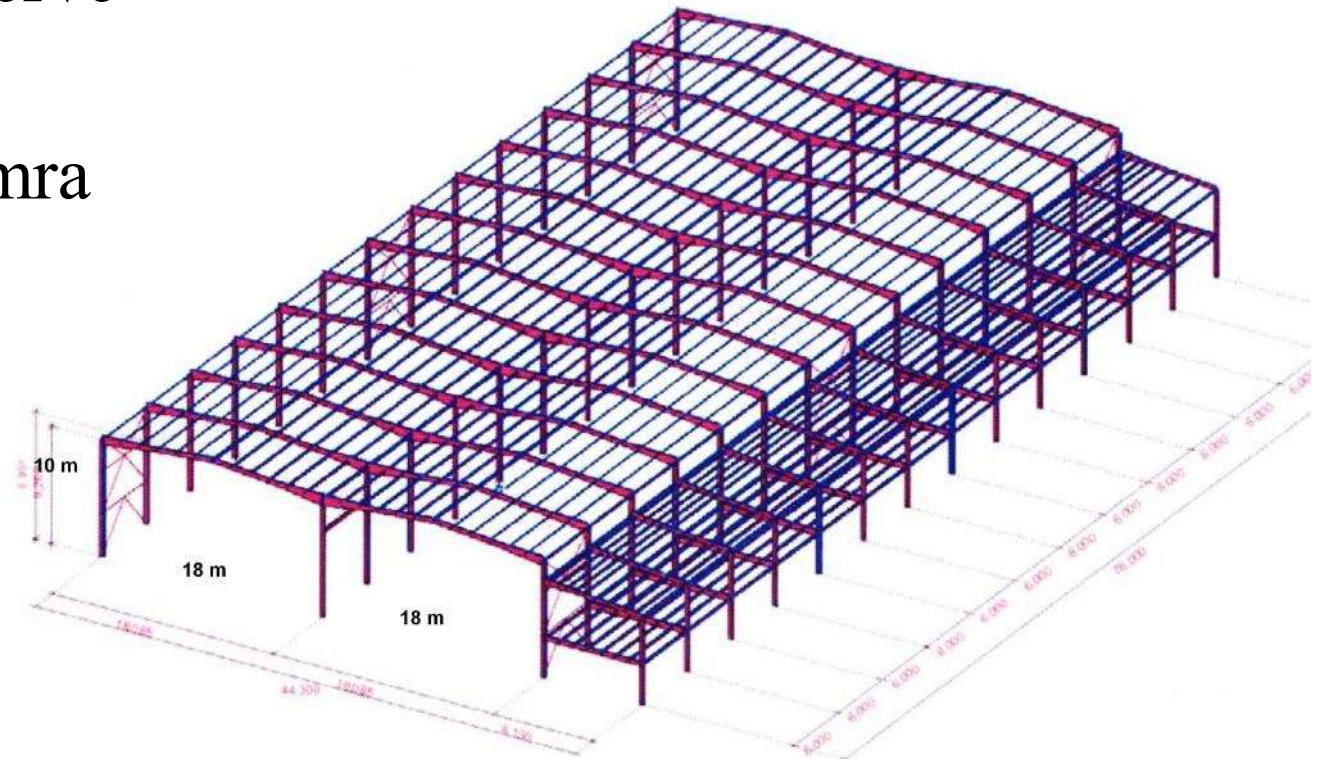


Használatuk egyszerűbb, célszoftver vagy akár Excel-MathLab.

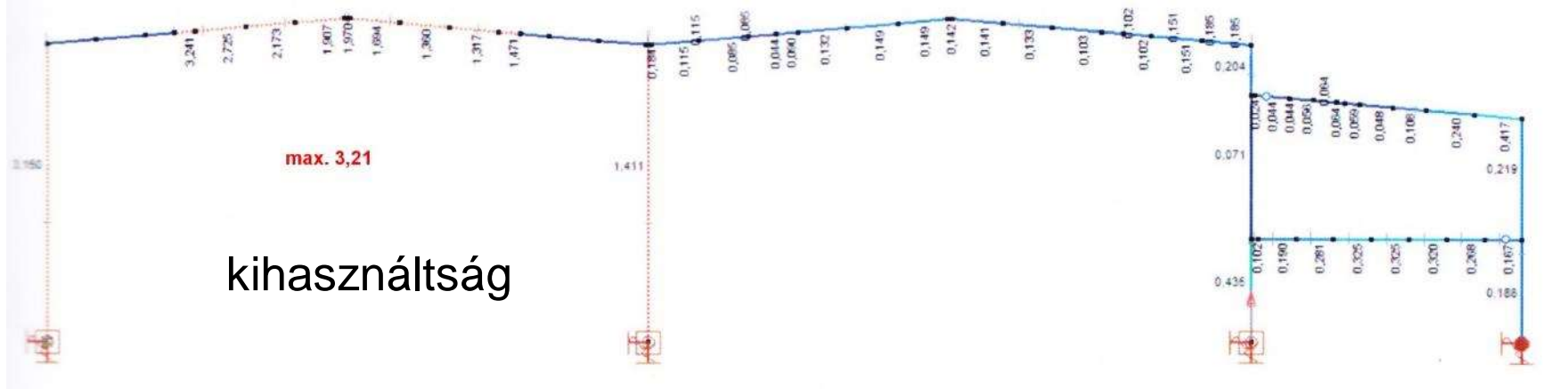
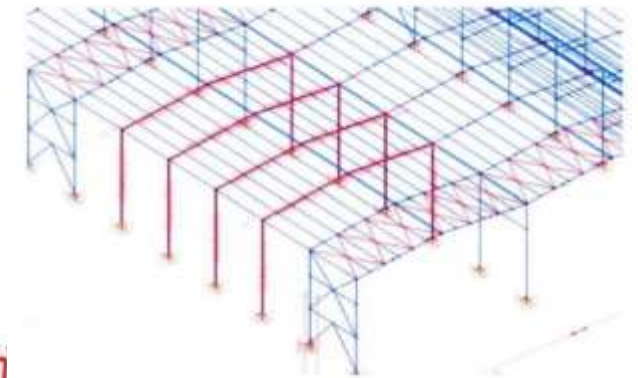
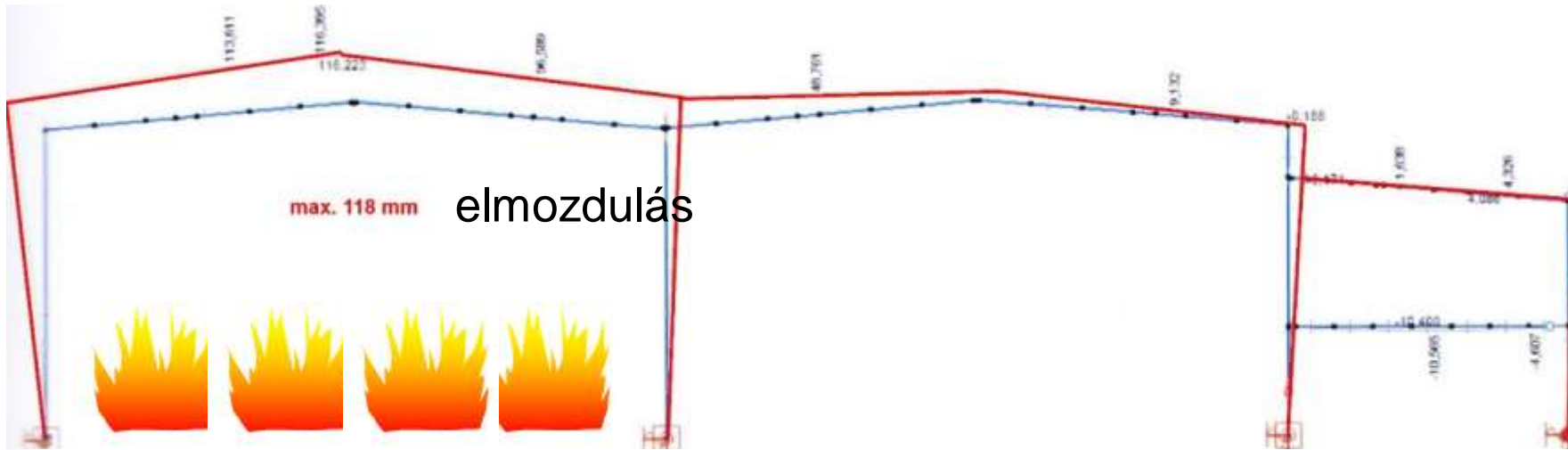
Eredmény: gázhőmérséklet eloszlása a tűzszakaszban

Kéthajós ipari csarnok ellenőrzése tűzhatásra

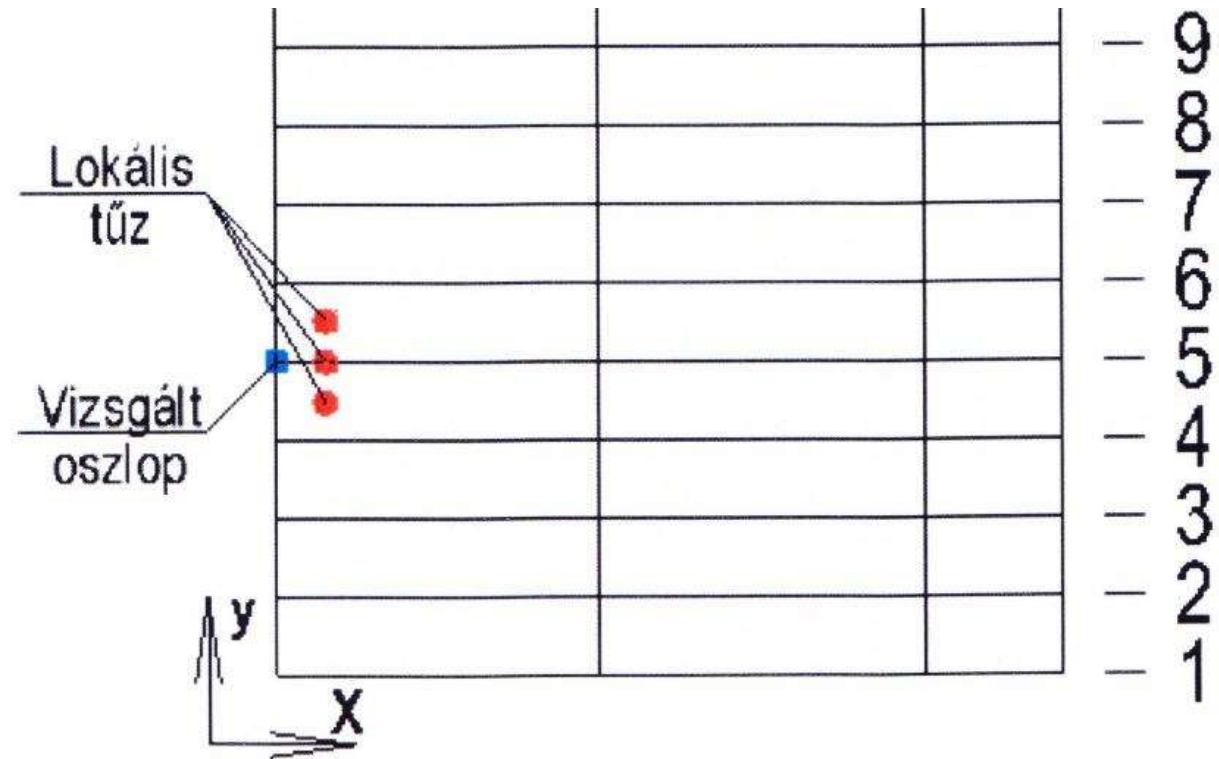
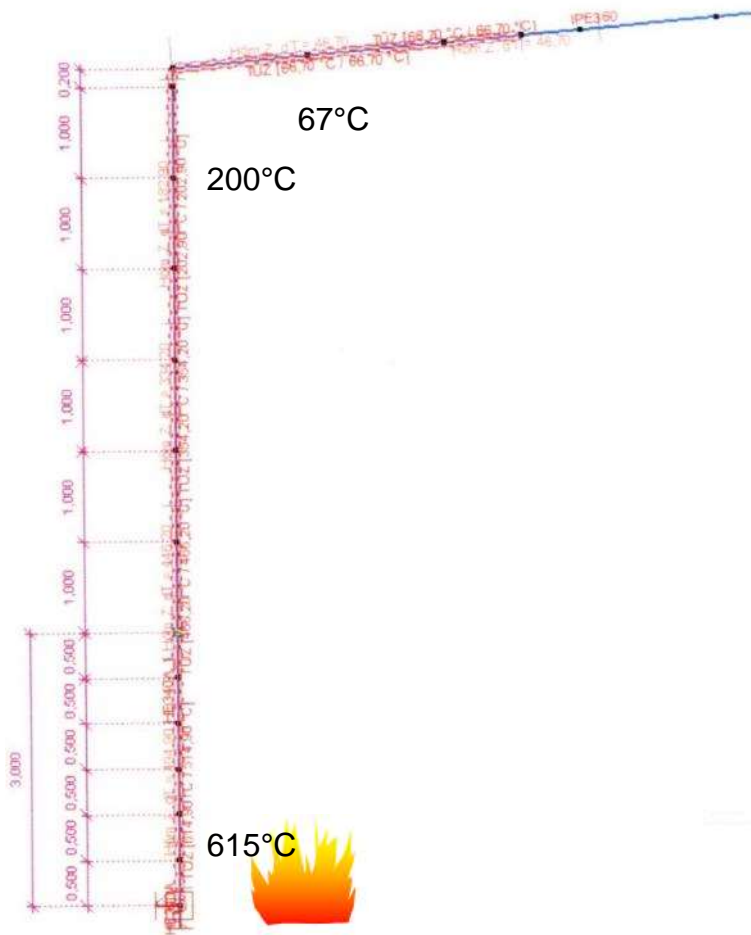
- Zseránszky Nándor MSc diplomaterve (2019)
- Vizsgálat R15 tűzállósági időtartamra
- Lokális tűzhatásmodellek és ISO tűzhatásgörbe alkalmazása, eredmények összevetése
- Lokális tűzhatások számításában Szikra Csaba TŰSZ (BME) közreműködött



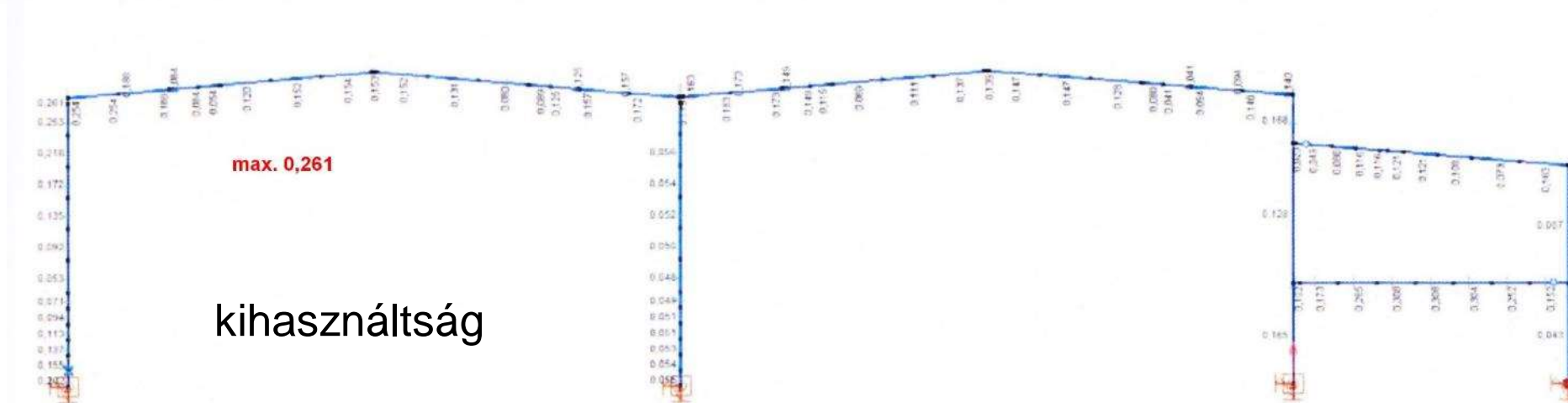
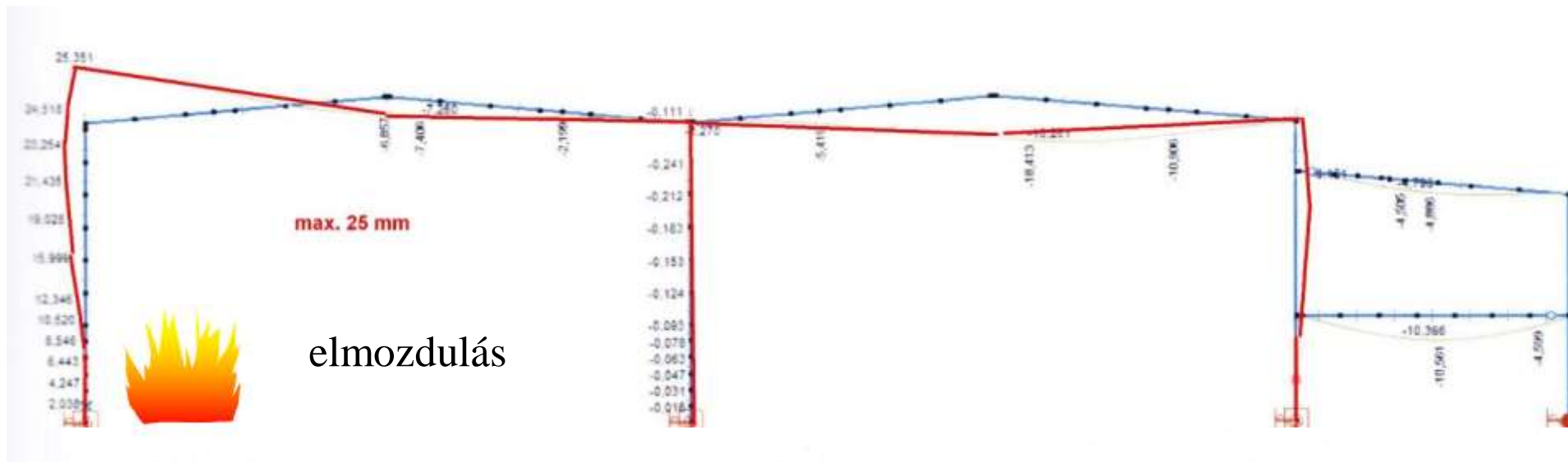
ISO szabványos tűz



Lokális tűz a szélső oszlopnál

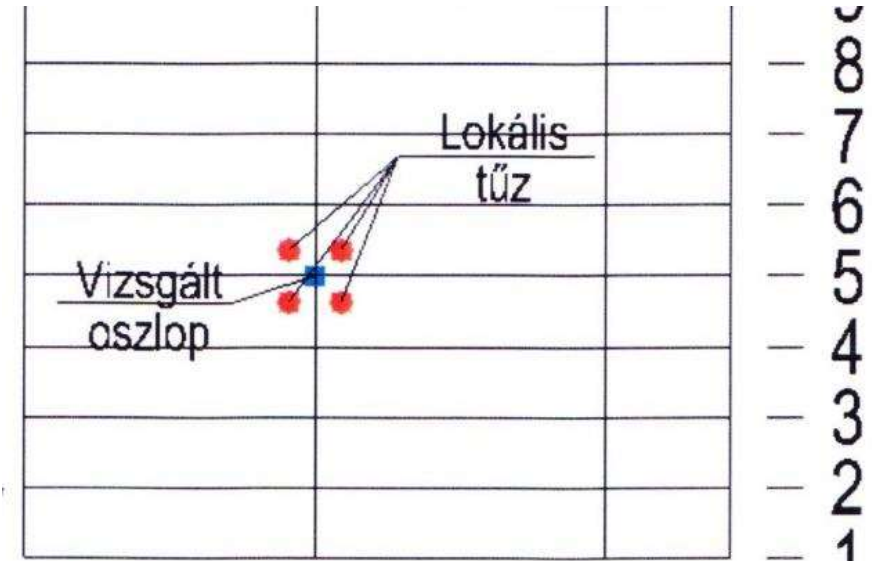
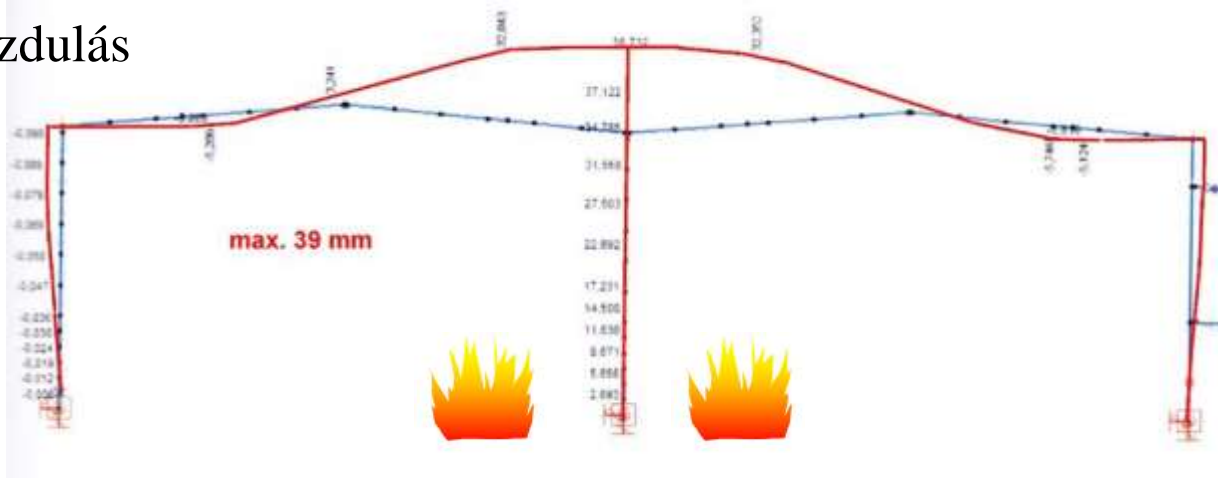


Lokális tűz a szélső oszlopnál

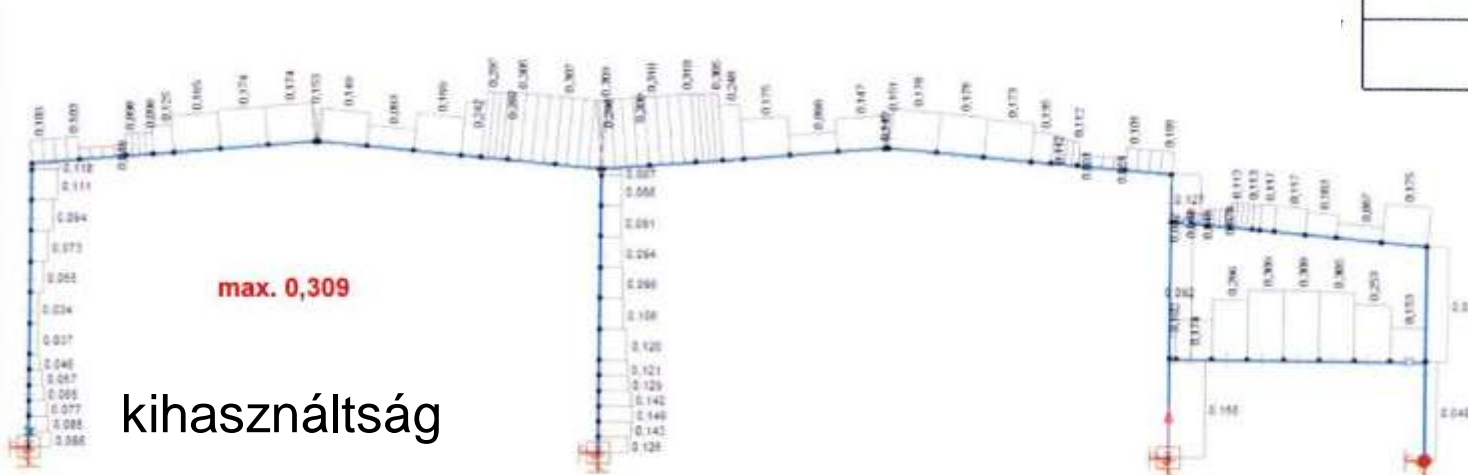


Lokális tűz középső oszlopnál

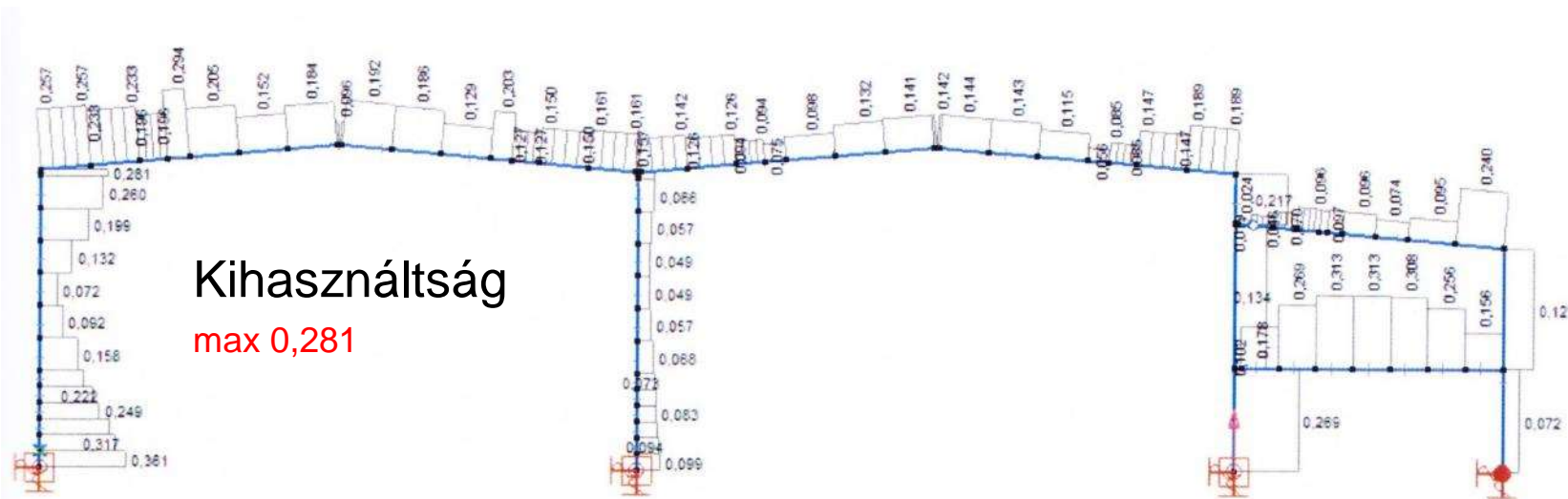
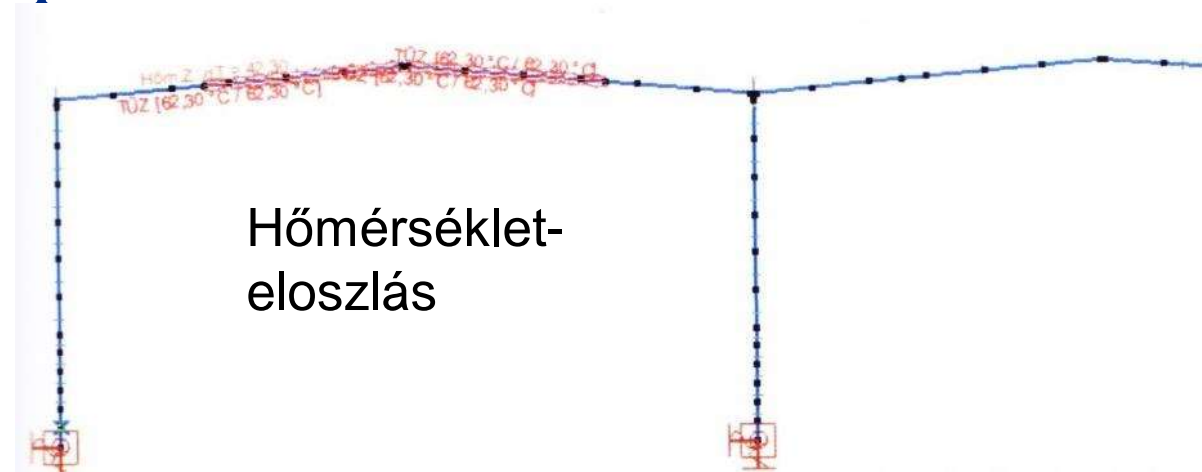
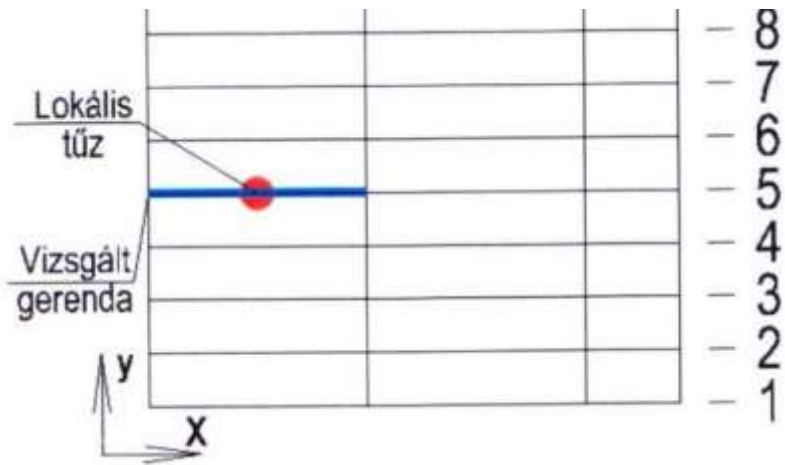
elmozdulás



kihasználtság



Lokális tűz a bal hajó közepén



Tűzhatás szimulációja (tűzszimuláció)

- Modellezi a tűz égésének folyamatát, a hő- és füstfejlődést és előbbieket terjedését a tűzszakaszban.
- Módszer: 3D áramlási szimuláció (hasonló a 3d testmodelles FEM-hez)

Program:

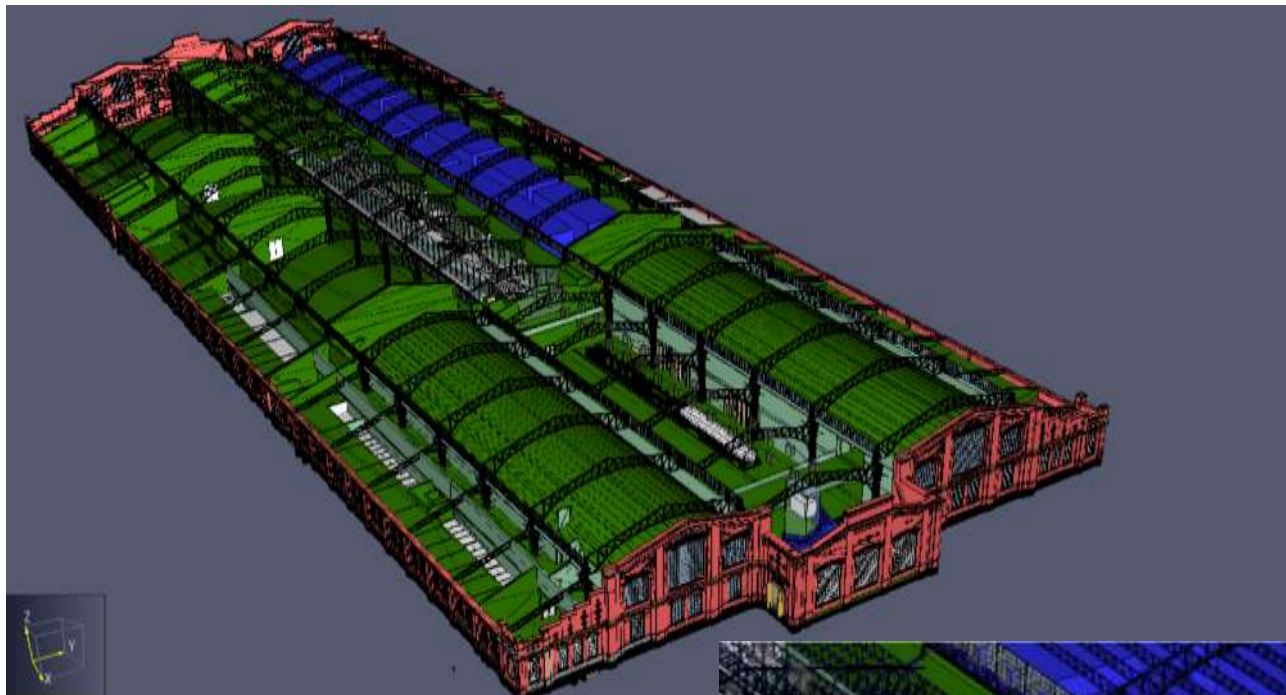
- NIST Fire Dynamics Simulator FDS V6.1.2 —(<https://pages.nist.gov/fds-smv/>)
- Smokeview – az eredmények vizualizálásához
- PyroSym Pre- és Postprocesszor - Modellépítés, eredmények analízálása

Tűzhatás szimulációja

- Tűzszakaszonként több tűz-szenárió
- Változó: tűzforrás helye, oka, tűzterhelés mértéke
- Légcserre feltételei (levegő be- ki)
- Sprinkler bekapcsolás
- CFD-számítás 3D modellen
- Eredmények: **Gázhőmérsékletek**, füstkeletkezés, láthatóság
- KELL: gyakorlott, tapasztalt TŰ szakértők, mert validálni kell a modelleket! (OKF jóváhagyás kell)
- FONTOS: egyeztetni velük, hova tegyenek „hőmérőt” – a szerkezet mely pontjai környezetében kellene gázhőmérsékletek?

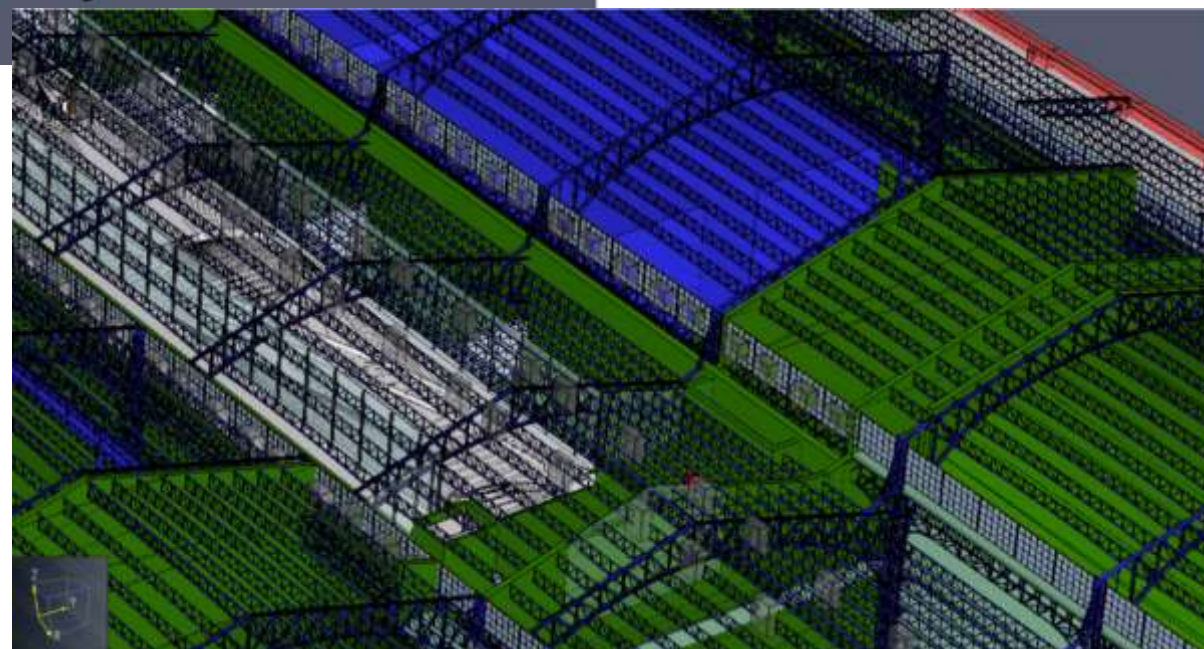
Tűzszimuláció egy rácsos acélszerkezetű csarnokban

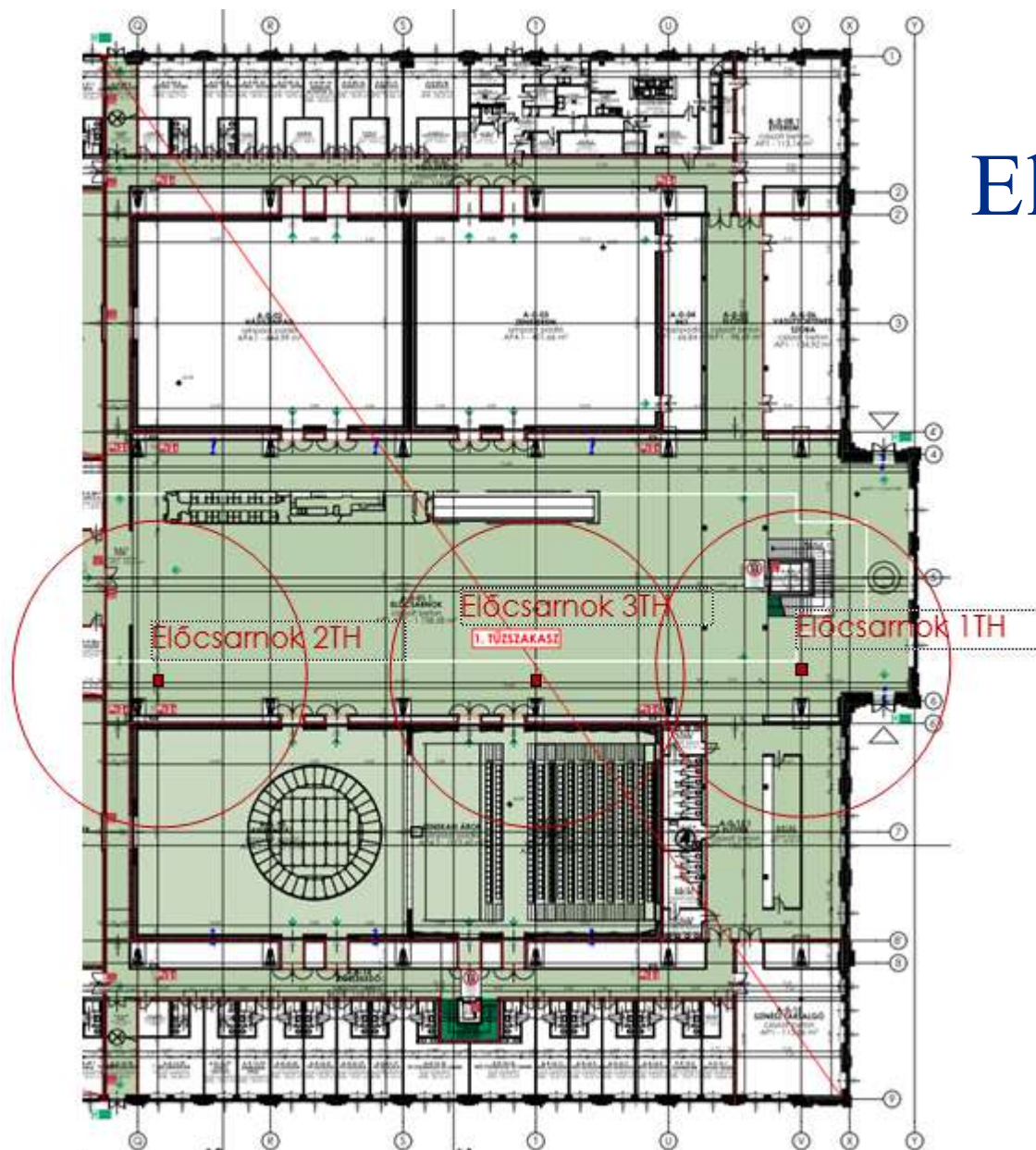
- Tűszakaszok megállapítása - TT
- Követelmények: R30 – R45 TT
- Tűzhatás: tűzhatás szimulációs számítása FDS szoftverrel – Tűzvédelmi szakértők, specialisták (BME Épületszerkezetani Tanszék, Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba)



Létesítmény 3D modellje

[BME Épületszerkeztani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

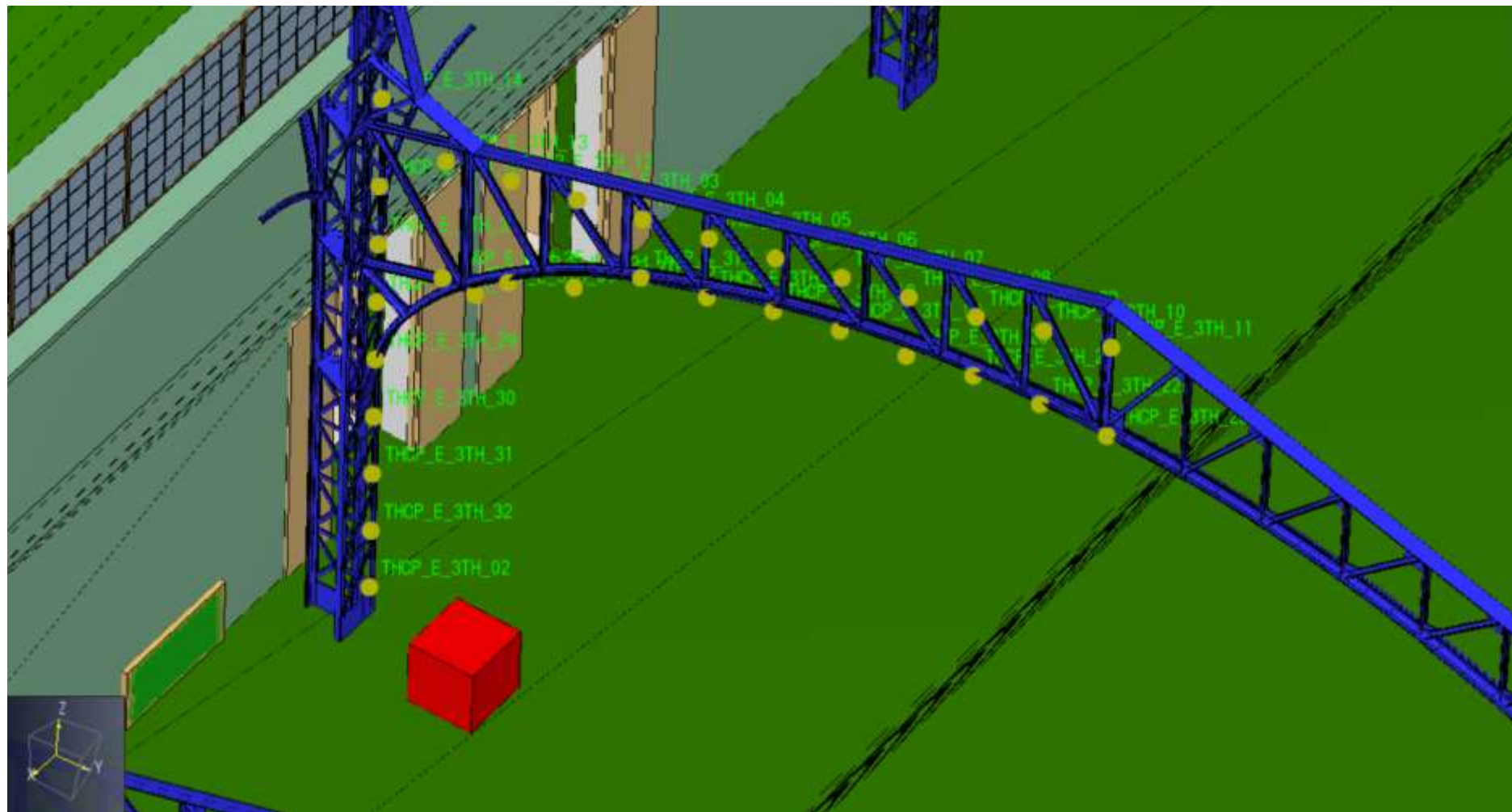




Előcsarnok tűzscenáriók

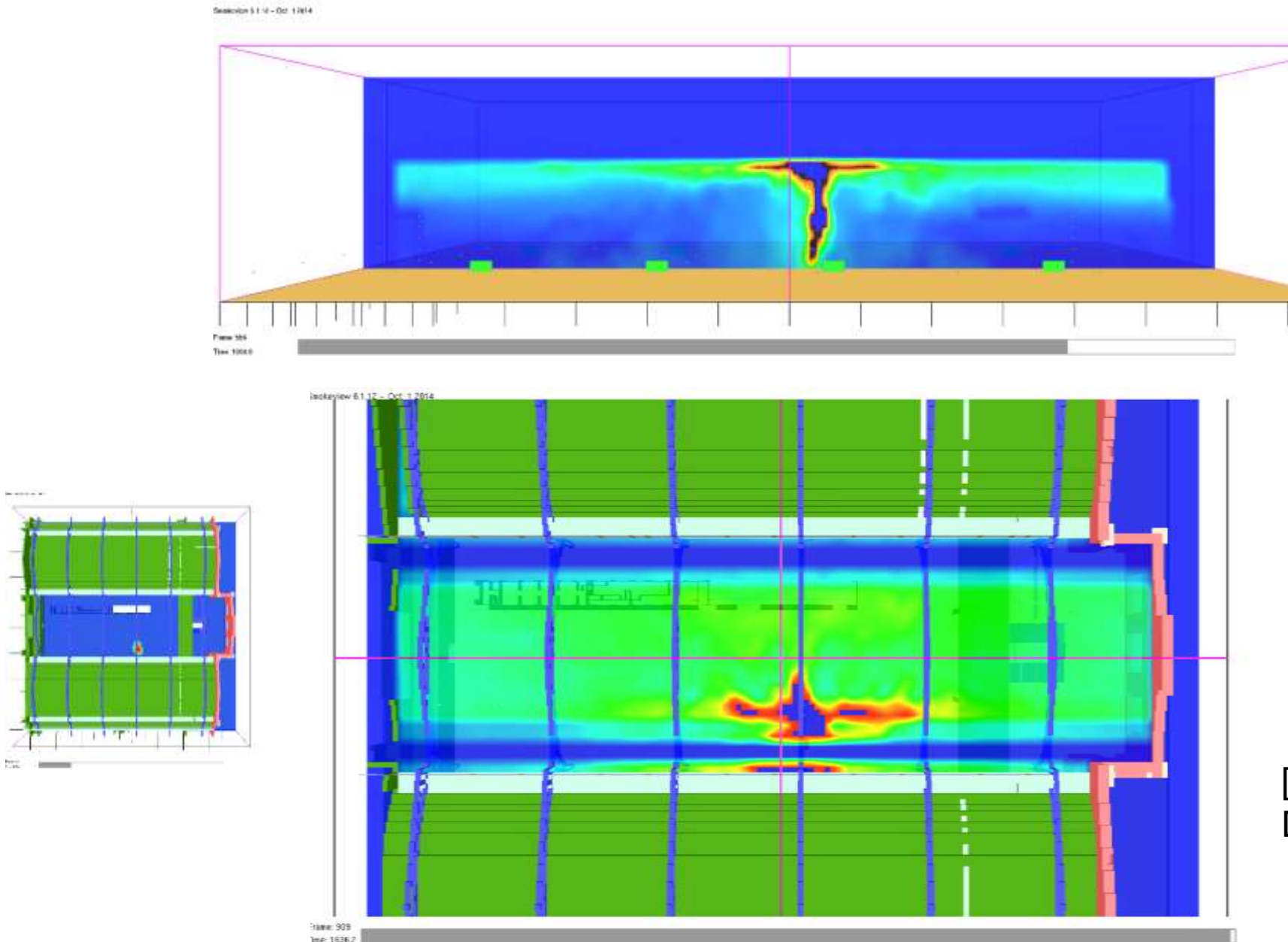
[BME Épületszerkeztani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

Előcsarnok 3 – Hőmérők az acélszerkezeten



[BME Épületszerkezetek Tanszék, Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

24/47



Hőmérséklet-
eloszlás a 3.
szcenárióban
egy
időpillanatban

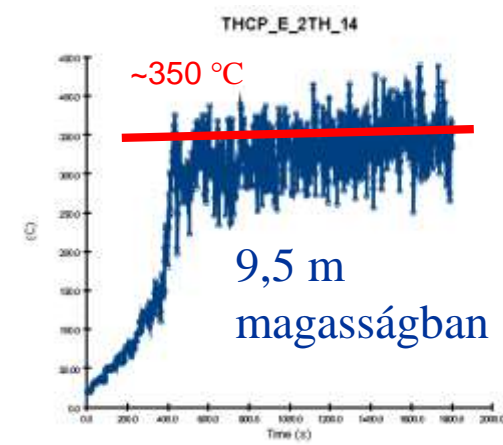
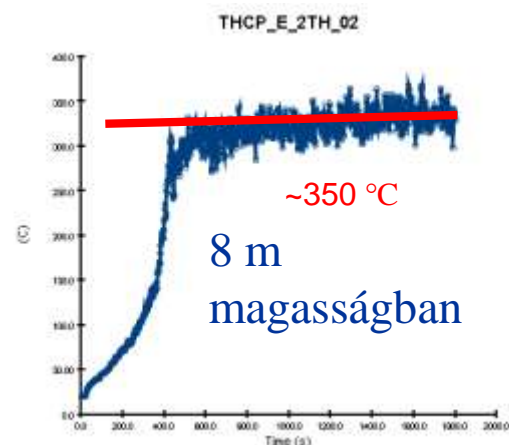
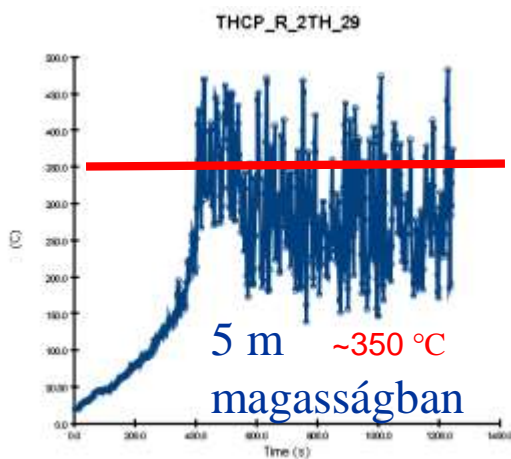
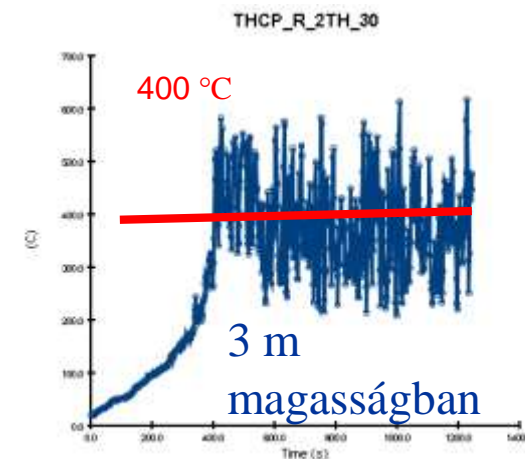
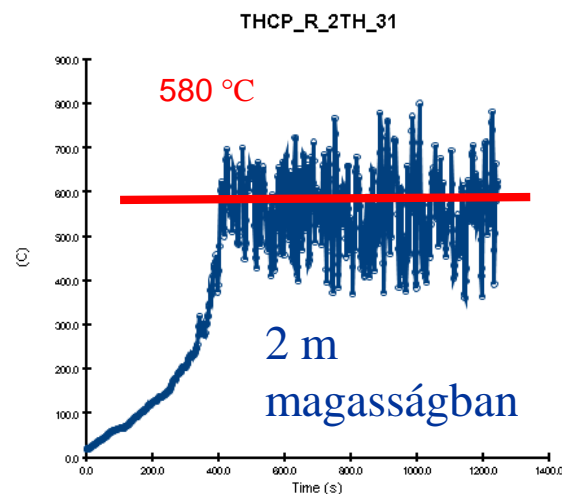
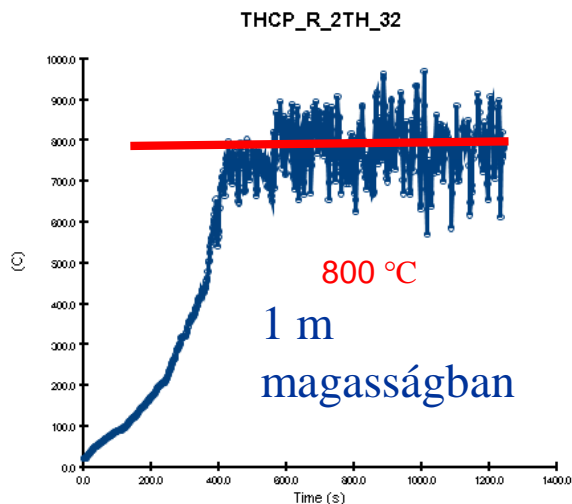
[BME Épületszerkezetani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

25/47

Hőmérők adatai Előcsarnok 3

[BME Épületszerkezettani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

Oszlopok



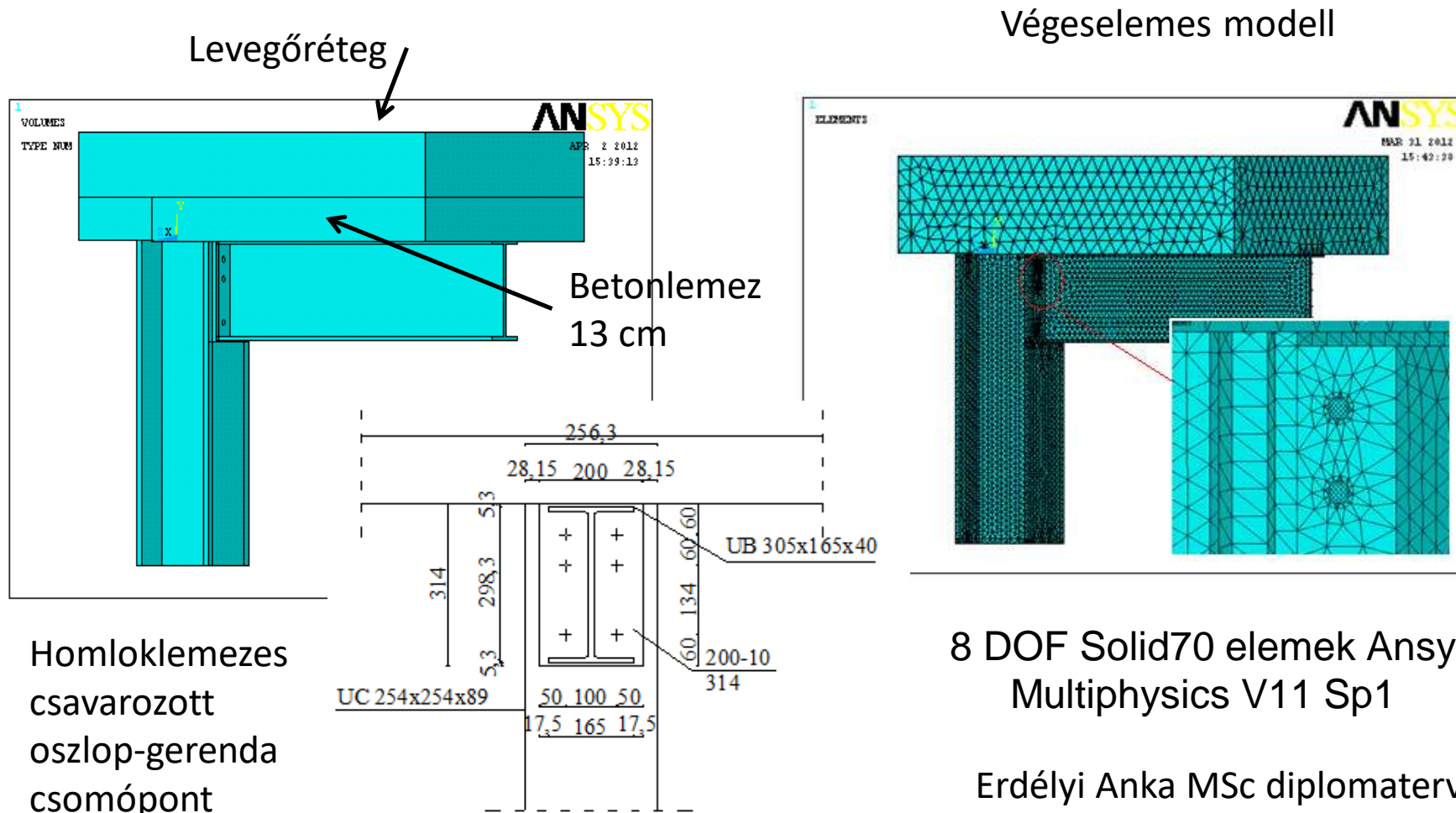
gerendák

Fejlett számítógépi módszerek és modellek – szerkezeti analízis

- Szerkezeti csomópont termikus és teherbírási elemzése
- Teljes tartószerkezet vizsgálata fejlett tűzhatásmodellel, szerkezeti viselkedés követése tűzhatás alatt

Speciális probléma: acélszerkezeti csomópont vizsgálata

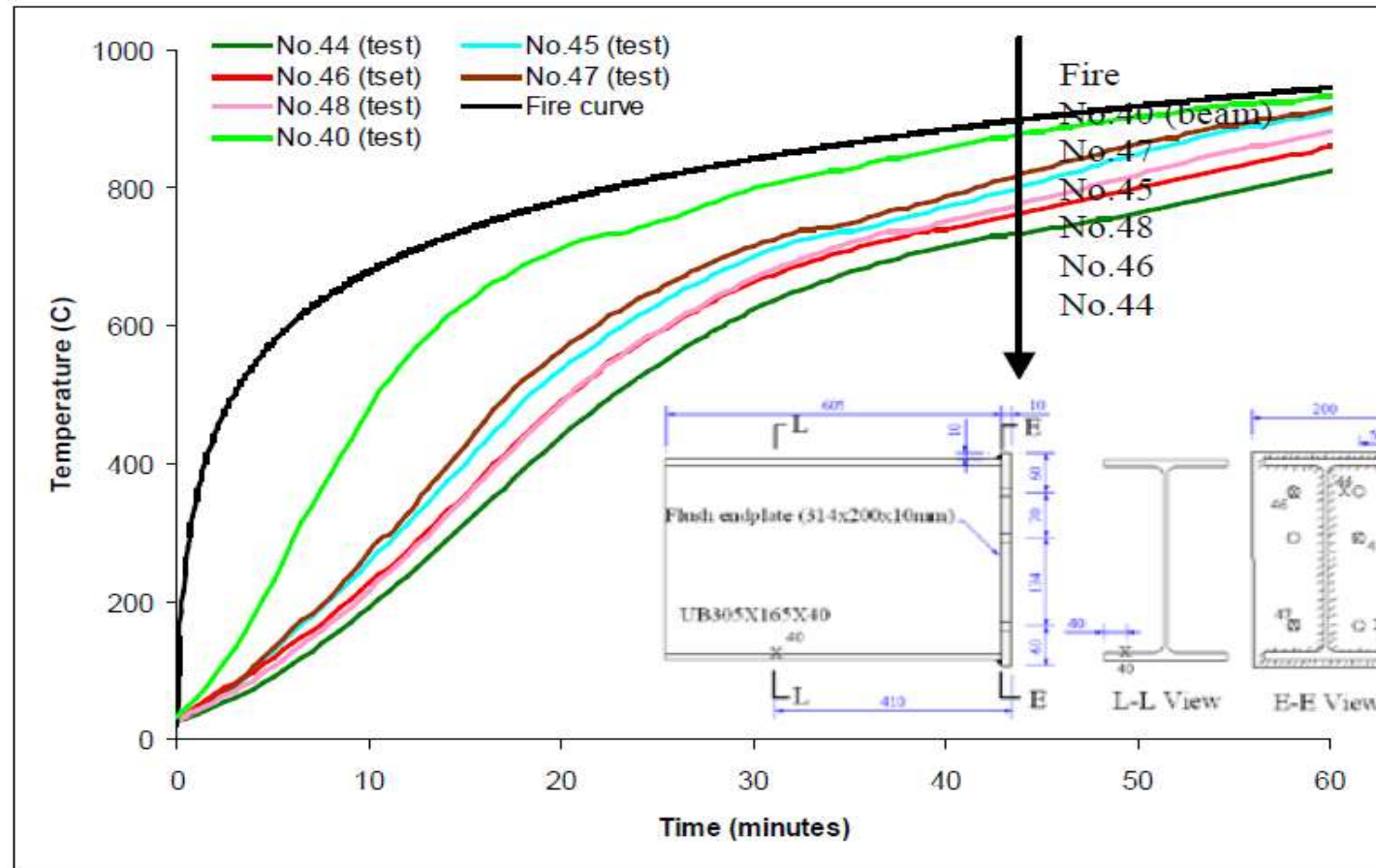
Kérdés a csomópont hőmérséklet-eloszlása, csomóponti viselkedés tűzhatás esetén



Erdélyi Anka MSc diplomatervből

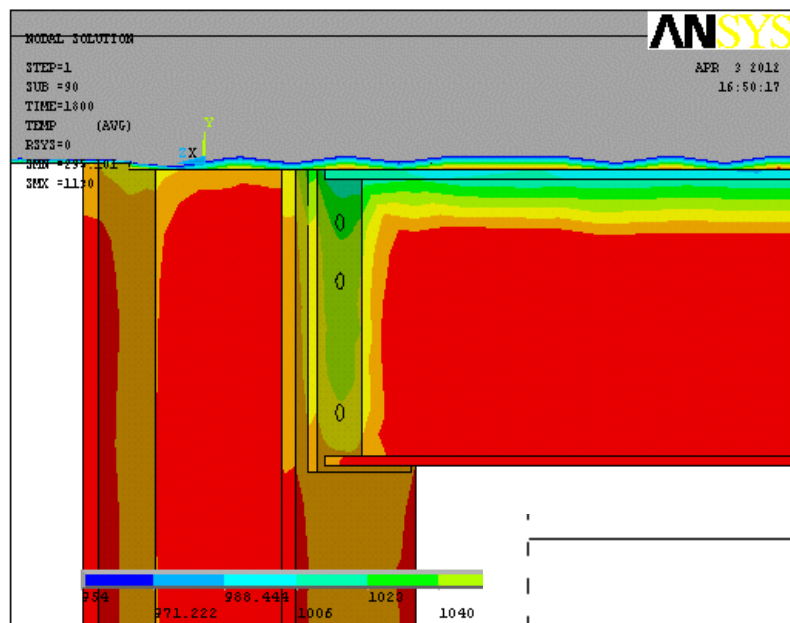
28/47

Kísérlet - ISO 834 tűzhatásra

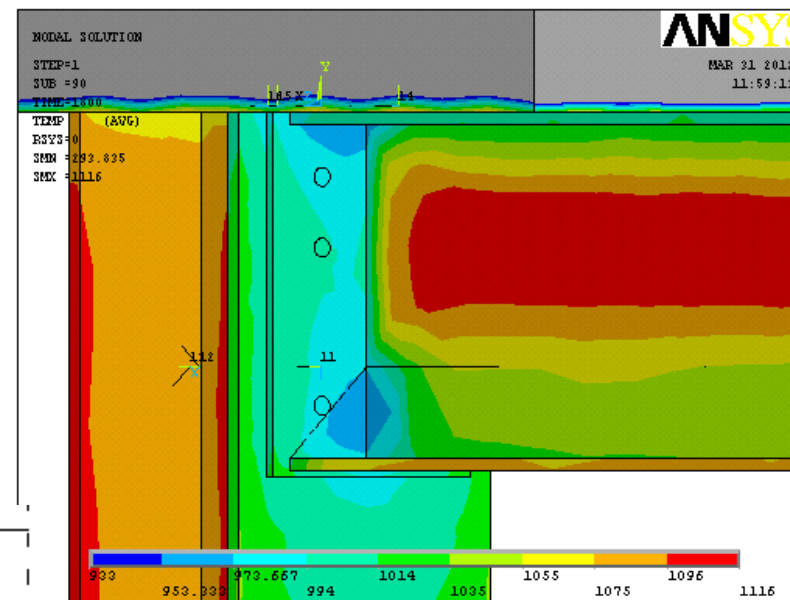


Dai XH, Wang YC, Bailey CG(2007): Temperature Distribution in Unprotected Steel Connections in Fire.

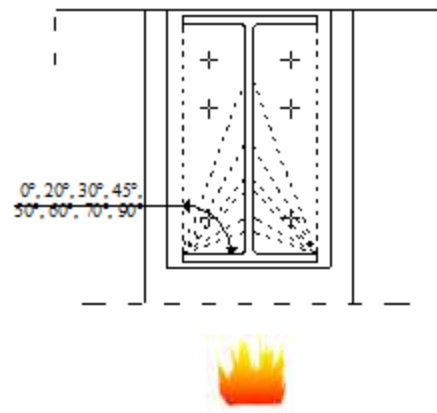
Egyéb hatások figyelembevétele



Árnyékolás nélkül



Árnyékhatás 45°

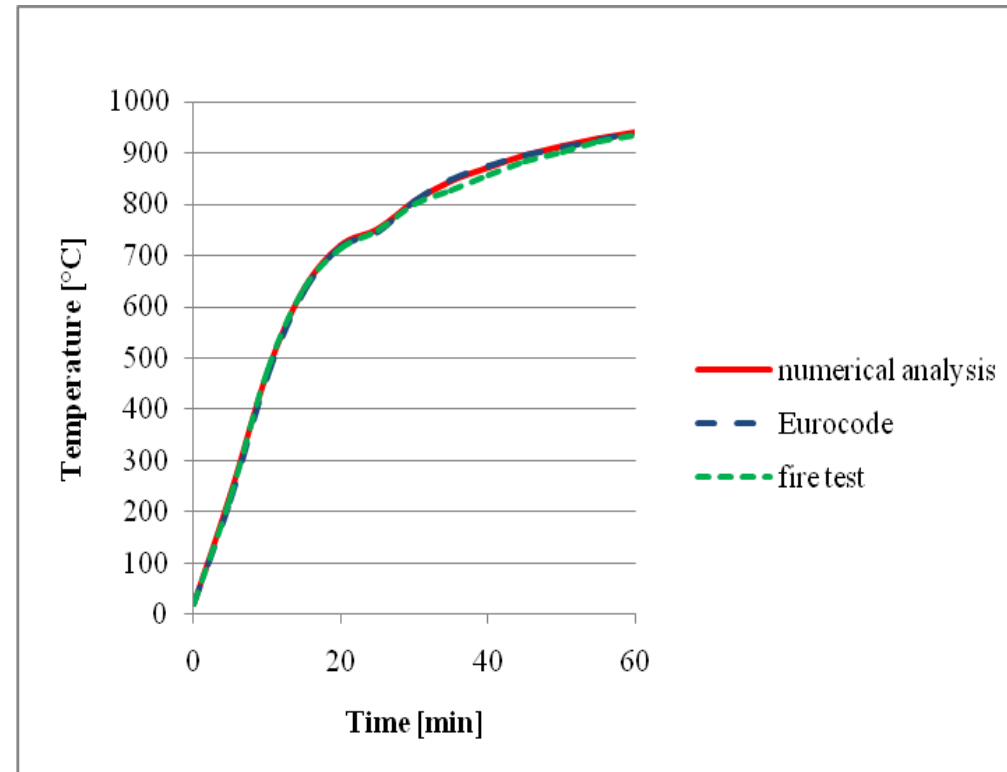
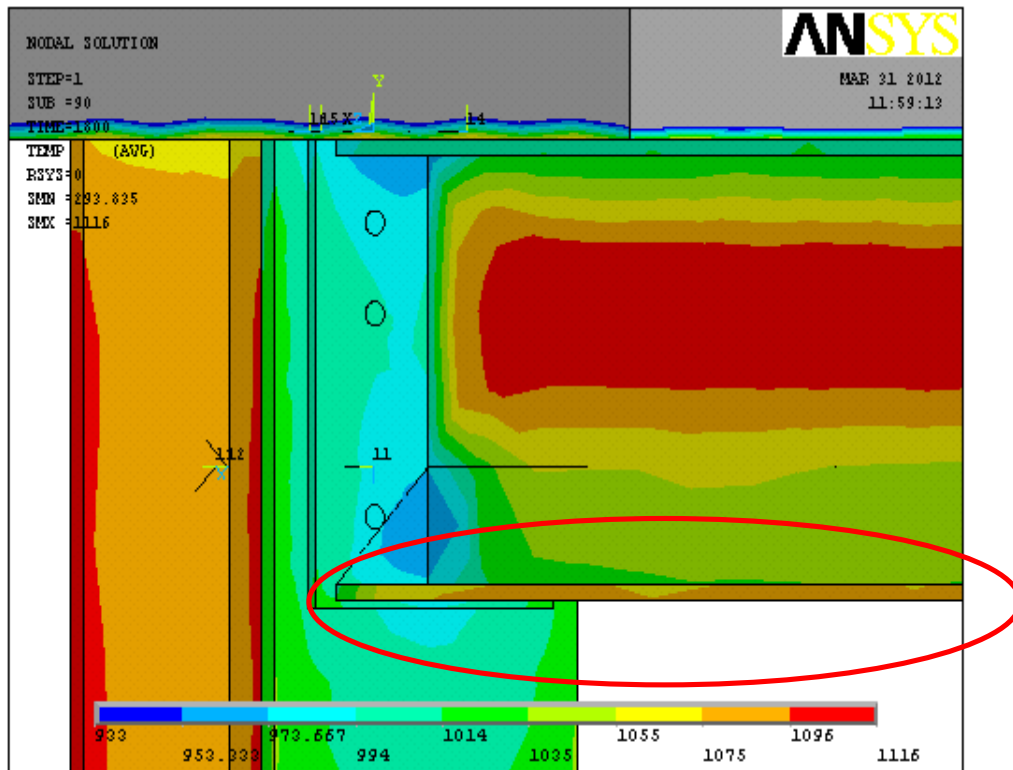


Árnyékhatás figyelembevétele

Erdélyi Anka diplomatervéből

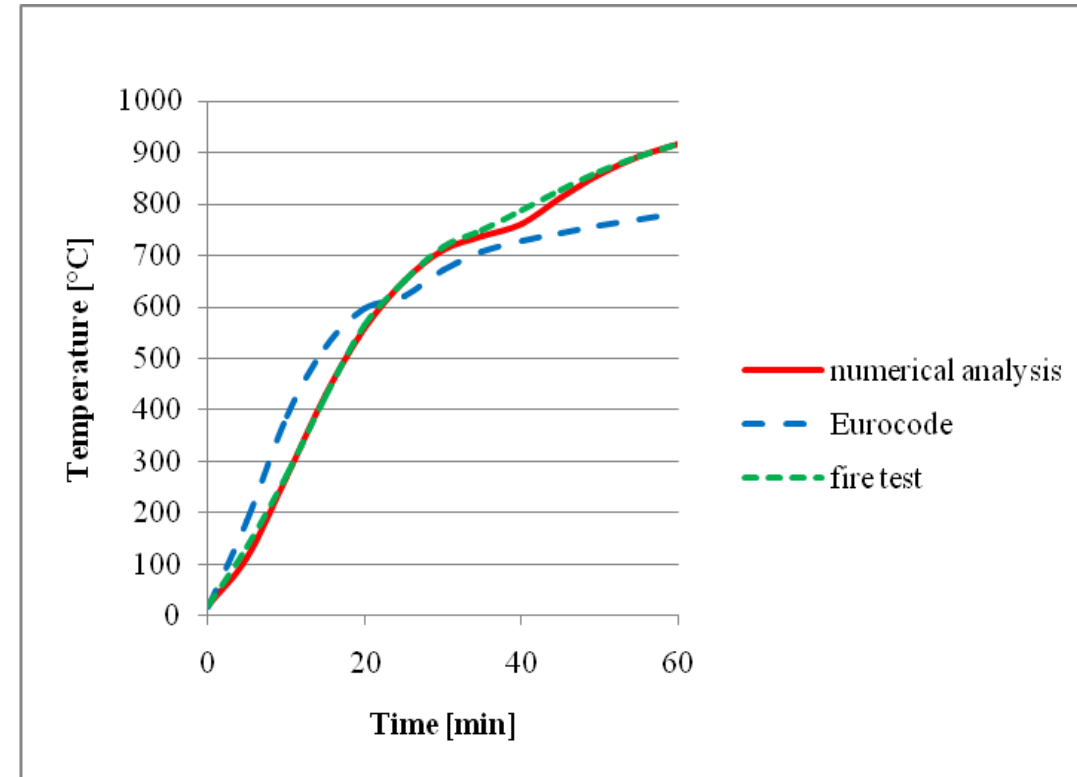
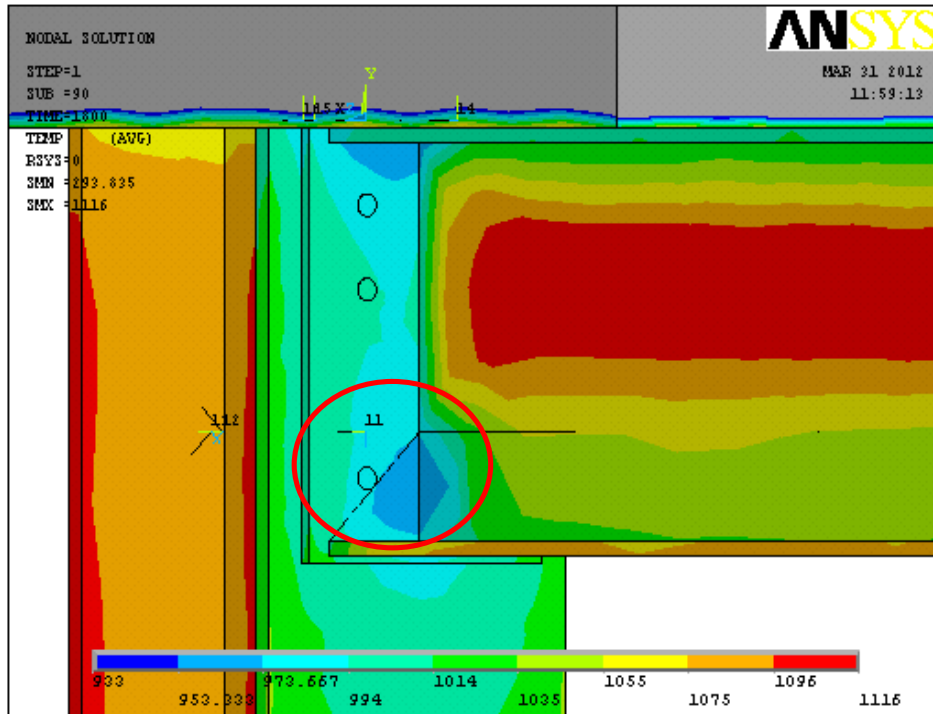
Hőmérséklet-eloszlások összehasonlása

Gerenda alsó övének hőmérséklete



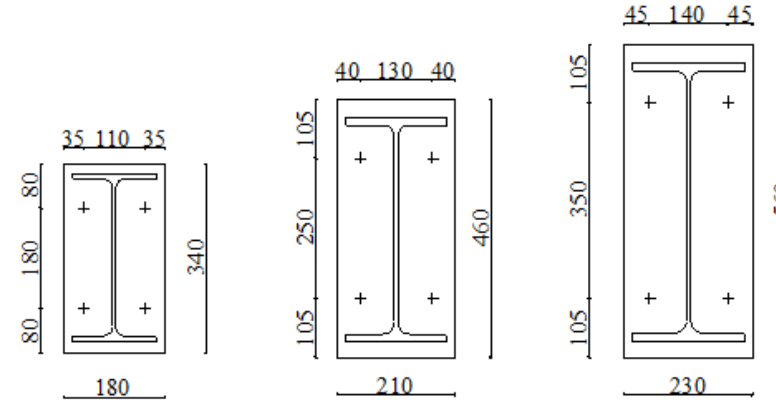
Hőmérséklet-eloszlás összehasonlítása

Alsó csavarsor csavarjainak hőmérséklete



Csomóponti ellenállás és gerenda ellenállás viszonya

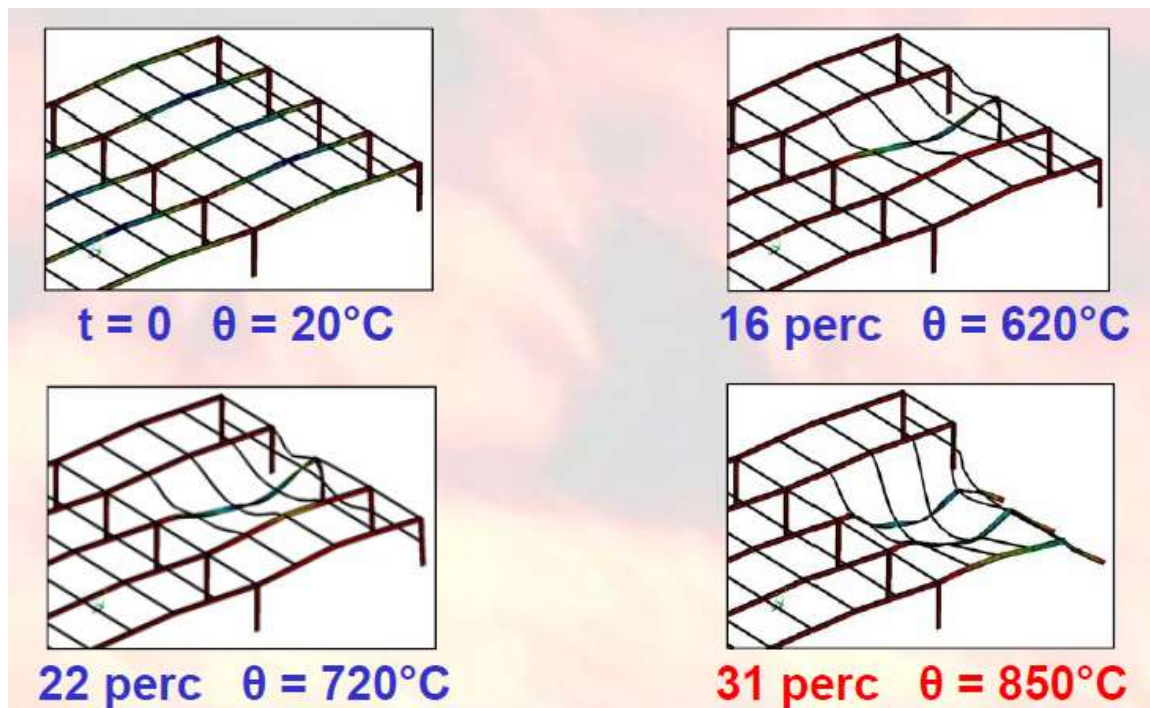
$$M_{\text{conn,Rd,fi}} / M_{\text{beam,Rd,fi}}$$



	Normál hőmérsékletre tervezésnél	Tűzhatás időtartama (min)			
		15	30	45	60
IPE300	68%	108%	94%	76%	-
IPE 400	63%	80%	94%	78%	65%
IPE 500	64%	73%	103%	77%	68%

Mindegyik vizsgált esetben a gerenda ellenállása gyorsabban csökken mint a csomóponté

Teljes szerkezet tönkremeneteli folyamatának vizsgálata

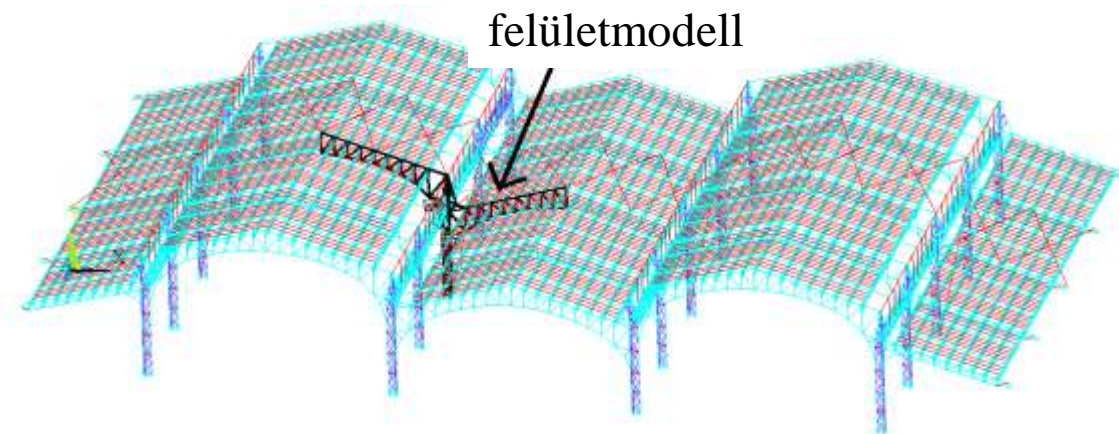


Fejlett FEM szoftverek alkalmazása kell, időigényes– általános FEM szoftverek (ANSYS, Abacus...) kiegészítőkkel vagy speciális célszoftver (pl. SAFIR)

Rácsos acélcsarnok vizsgálata

Statikai modell - Ansys

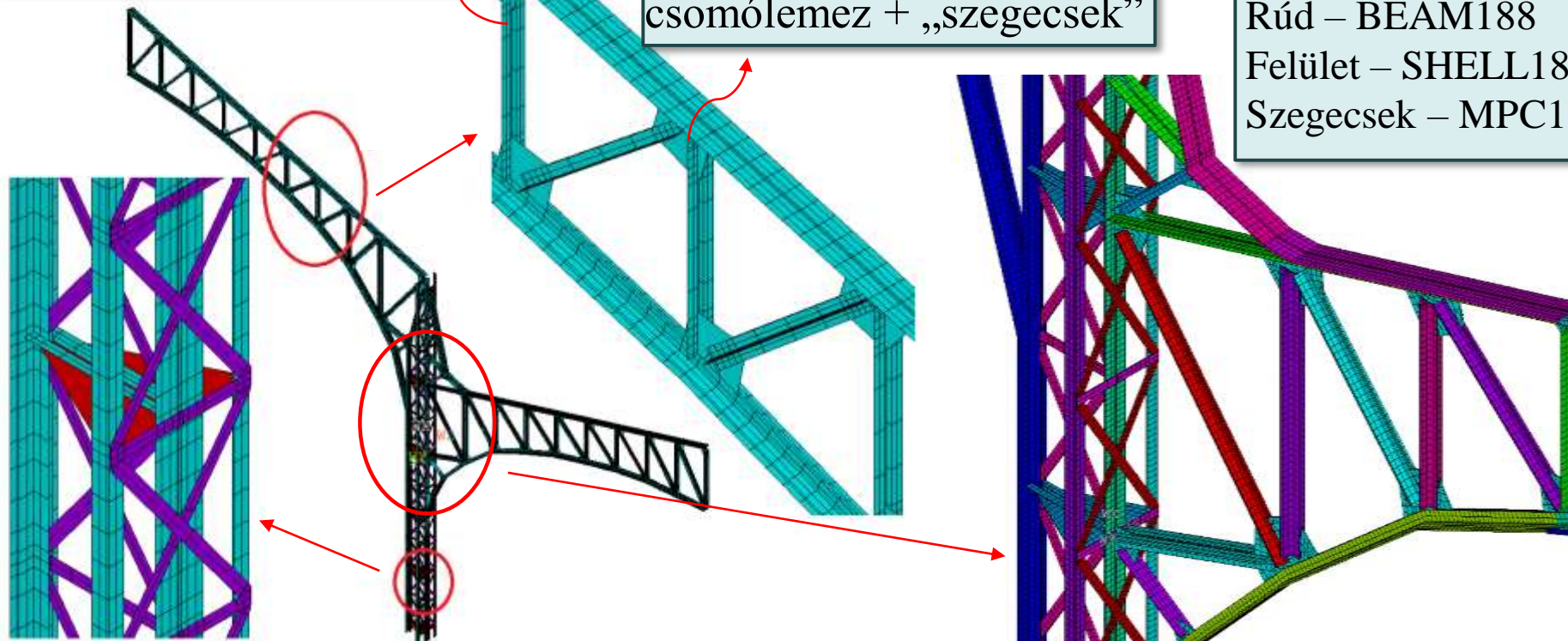
- 5 keretállás vizsgálata
- rúdmodell + felületmodell



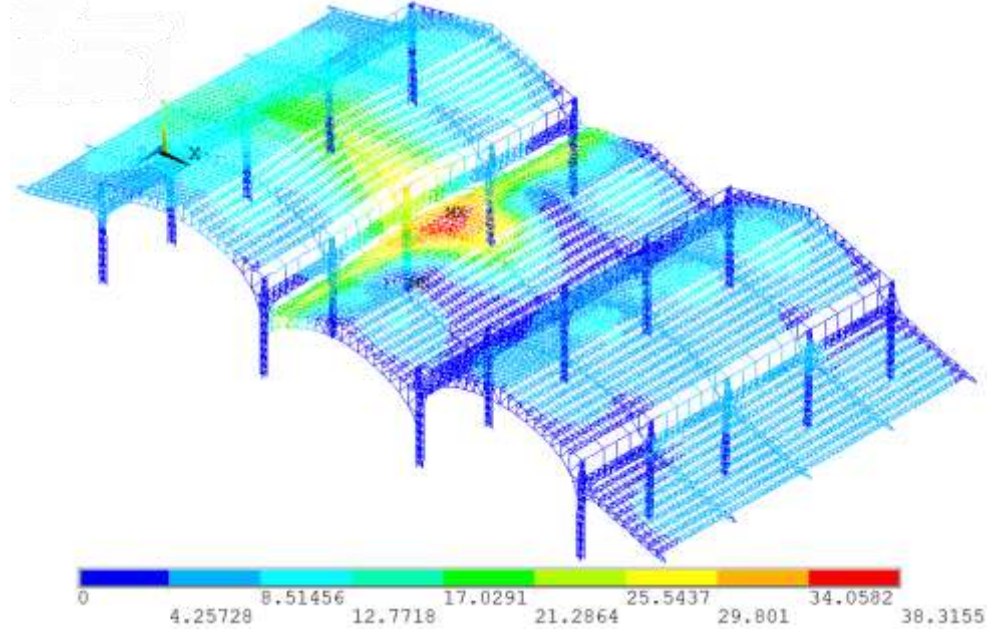
Szelvények alkotóelemei
„összeszegecselve”

Kapcsolatok:
csomólemezzel + „szegecs”

Rúd – BEAM188
Felület – SHELL181
Szegecs – MPC184



Teherbírásvizsgálat tűzhatásra

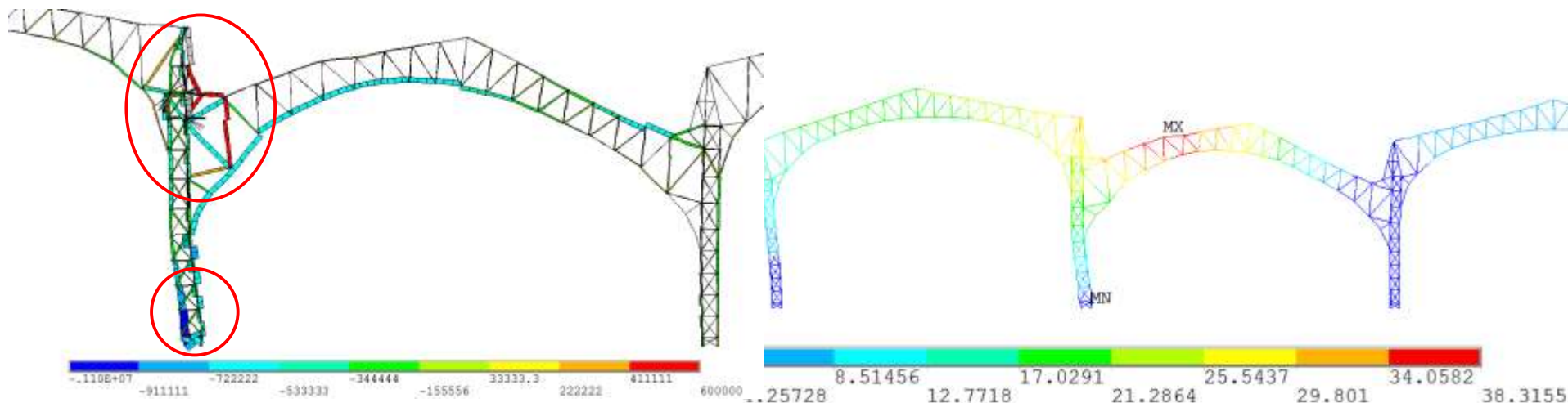


Foyer 3. tűzscenárió

Veszélyes: oszlop alsó 3,5 métere, B és C hajók csatlakozásánál lévő jelentősen húzott rudak

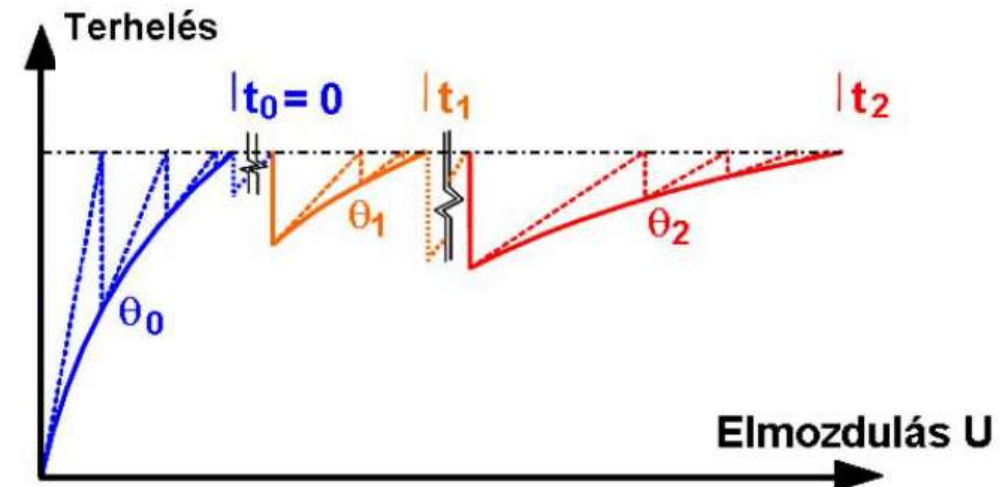
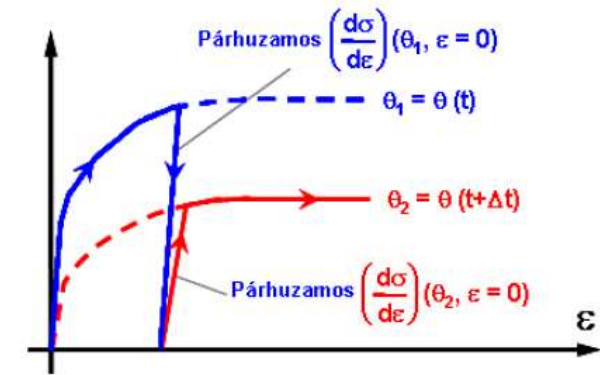


Bevonatolás 350°C hőmérsékletre – de csak ezeken a területeken!

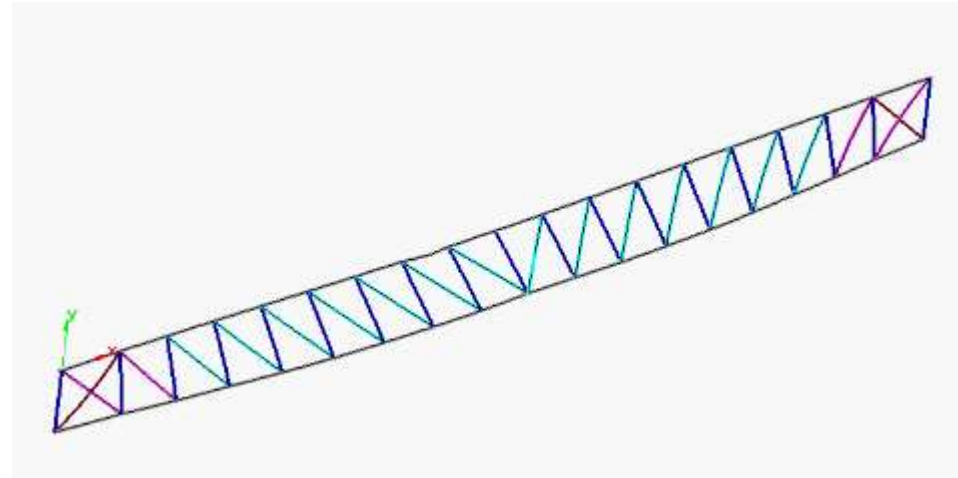
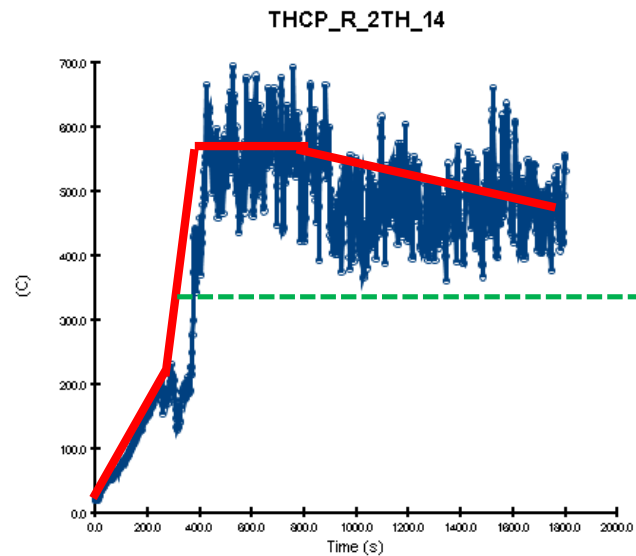


SAFIR – Célszoftver tűzhatásnak kitett tartószerkezetek méretezésére

- Nemcsak acél, hanem vasbeton, öszvér
- Lépésenkénti steady-state analízis, de a terhelt szerkezeten emeli fokozatosan a hőmérsékletet és változtatja az anyagjellemzőket
- Ilyen módon végigköveti a folyamatokat
- A kapott alakváltozások jól egyeznek a kísérletekkel
- Használata nehézkes, gyakorlat kell



Szelemen viselkedésének követése a tönkremenetelig



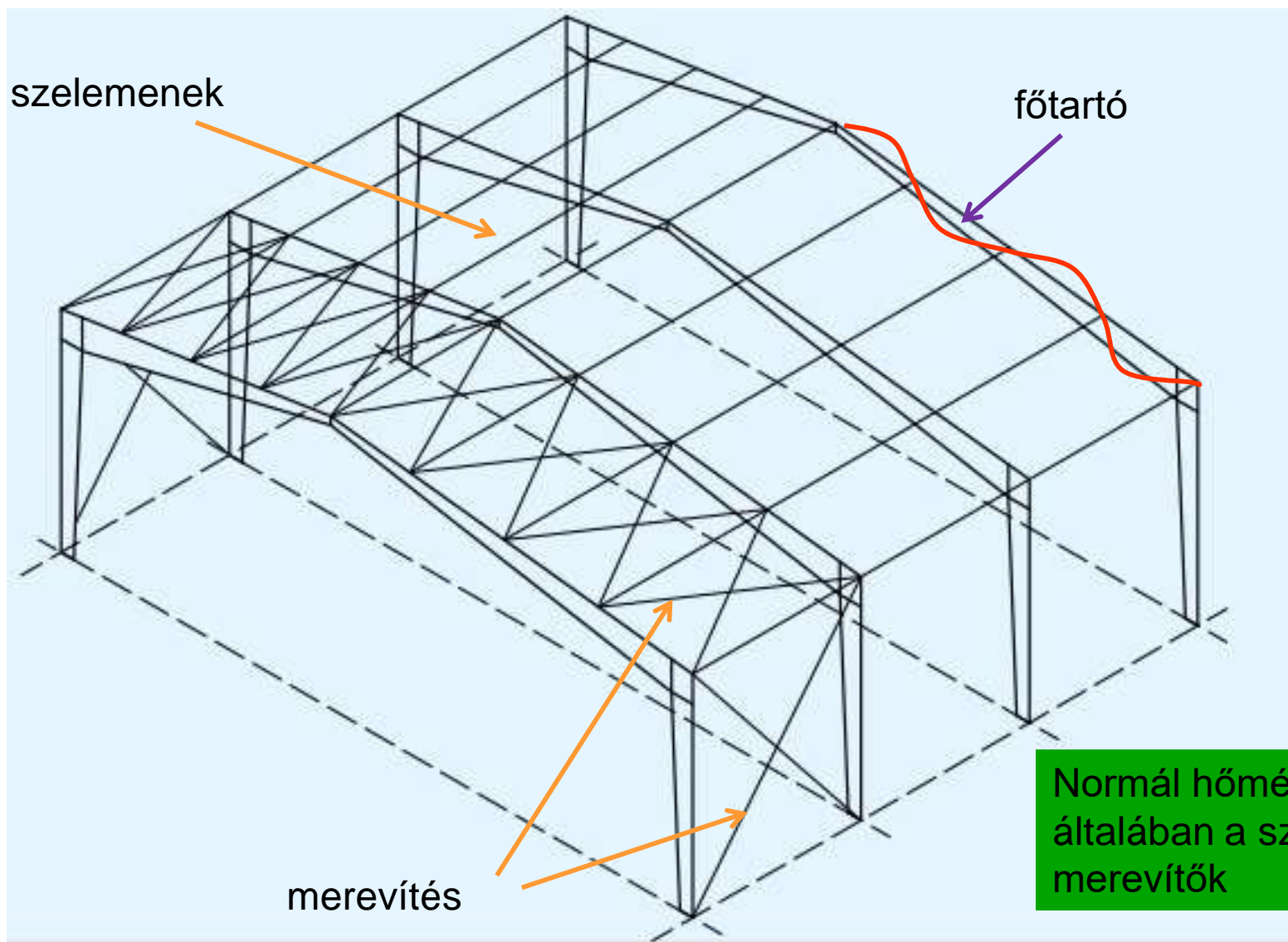
Tönkremenetel: 440 sec; nincs tönkremenetel ha max. 350 °C

Csak ott kell bevonatolni, ahol a tűzhatásból > 350 °C lesz

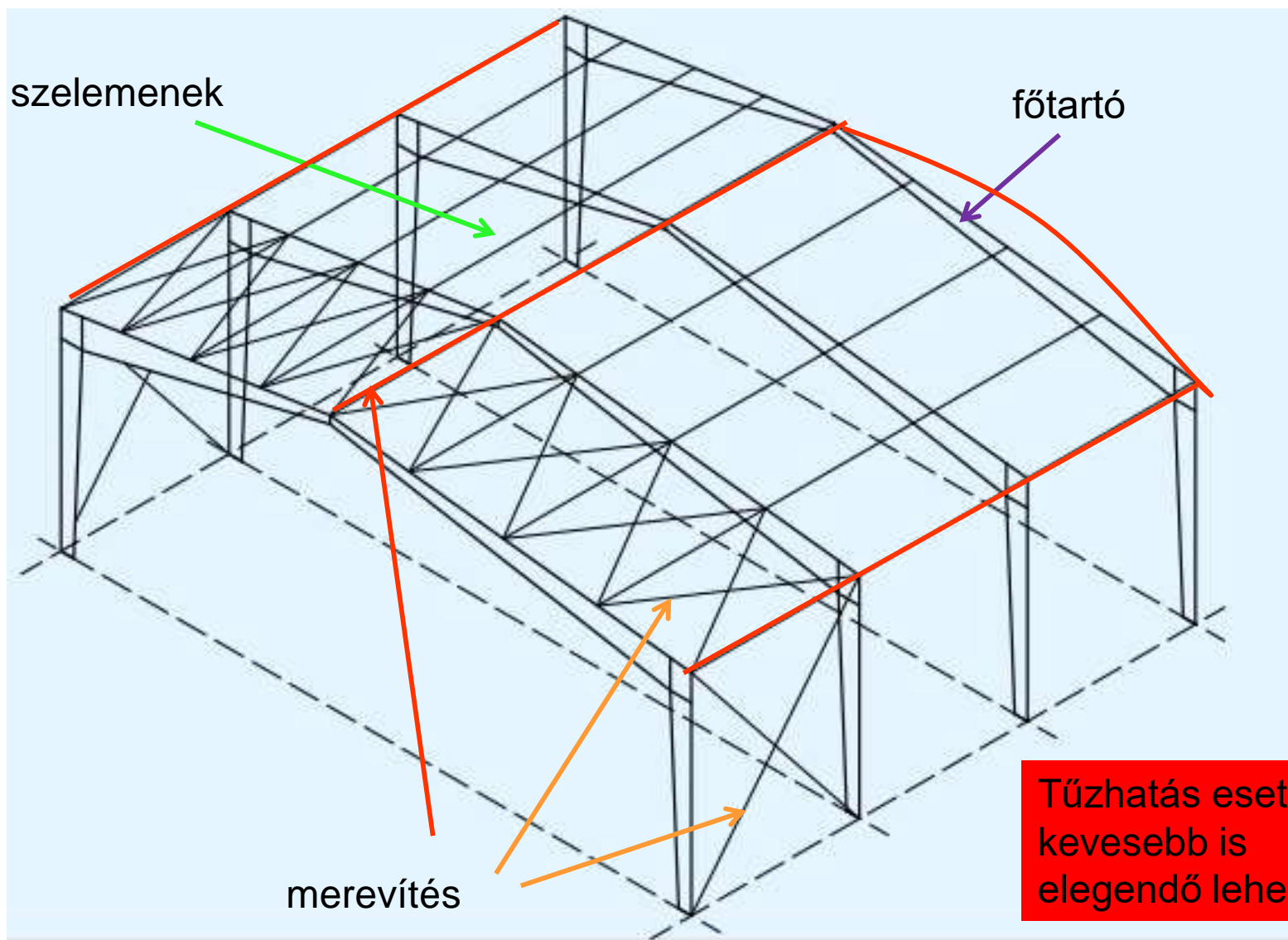
Fejlett tűzmodellezés (lokális vagy FDS) alkalmazásának előnyei

- Részletes hőmérséklet-eloszlást kapunk a tűzszakaszban
- Kiválaszthatók a kritikus szerkezeti elemek
- Meghatározhatóak azok, amelyek védelem nélkül is megfelelnek
- Amelyeknél védelem kell, ott is lehet differenciálni a hőmérséklet ismeretében
- Mindez költségmegtakarítást jelent, amivel szemben áll a TÚT költsége, valamint a számításhoz szükséges idő (plusz engedélyezés)
- „Irreguláris” épületeknél (bevásárlóközpont, kiállítócsarnok, színház...) általában nem elkerülhető a fejlett modellezés (kiürítés-számítás, tűzoltók beavatkozási időtartamának meghatározása)
- Egyeztetni kell a TÚT-tel – hol érdekel minket a hőmérséklet ?

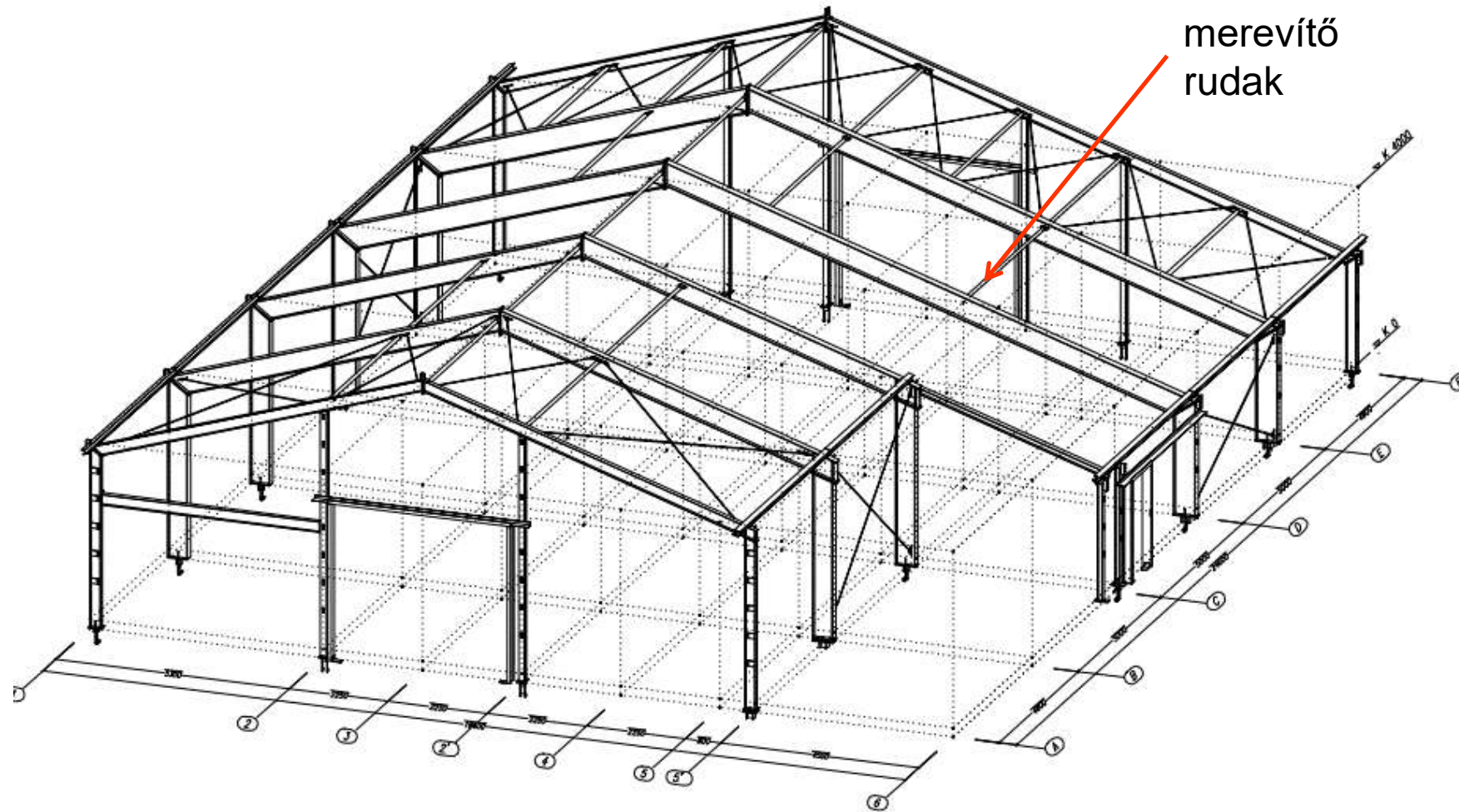
Tartószerkezet elemei és funkciójuk



Tartószerkezet elemei és funkciójuk



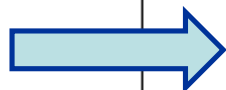
Korszerű csarnok tartóváza



OTSZ újdonságai – követelmények mérséklése tetőfedésnél

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Mértékadó kockázati osztály			NAK	NAK	NAK	AK	AK	KK	KK	KK	MK	MK	MK	
2	Épület, önálló épületrész szintszáma [a 12. § (4) bekezdése alapján]			1-2 ipari, mező- gazdasági, tárolási alaprend. esetén	3 ipari, mező- gazdasági, tárolási alaprend. esetén	4	1-3	4-7	1-2	3-6	7-15	1-2	3-15	>15	
				1-3 lakó alaprend. esetén	1-3 közösségi alaprend. esetén										
6	A legfelső szint lefedését biztosító szerkezet	ha a szerkezet alatti fűdémszerkezetet nem méretezték romterherre	a 4. sor szerint												
		minden esetben	R	15	15	30	15	30	30	30	30	60	30	60	60
		ha a szerkezet megnyílása, deformációja a környezetét veszélyezteti	E												
		a szerkezet átmelegedése a környezetét veszélyezteti	I												
	a tűzvédelmi osztályra vonatkozó követelményt a 2. mellékletben foglalt 2. és 3. táblázat tartalmazza														
7	A legfelső szint lefedését biztosító olyan szerkezet, amelynek tönkremenetele nem okoz kiterjedt állékonyságvesztést	ha a szerkezet megnyílása, deformációja a környezetét veszélyezteti	E	15	15	15	15	15	15	30	30	30	30	60	
		ha a szerkezet átmelegedése a környezetét veszélyezteti	I												
		a tűzvédelmi osztályra vonatkozó követelményt a 2. mellékletben foglalt 2. és 3. táblázat tartalmazza													
	43/47														

van R követelmény



NINCS R követelmény



Mikor nem veszélyezteti a teherhordó szerkezetek állékonyságát?

Részletes információk: TvMI 11. Építményszerkezetek Tűzvédelmi Jellemzői

Néhány példa:

- 6.7 ha szerkezet beomlása, leszakadása nem idézi elő az alatta elhelyezkedő födém átszakadását, beomlását.
- C melléklet
 - nem vesz részt egyetlen teherhordó szerkezet merevítésében sem,
 - tűzterjedésgátlásban szerepet nem játszó területen létesül,
 - nem képezi olyan tűzvédelmi berendezés tartószerkezetét, amelynek tűzeseti működését biztosítani kell,
 - Leszakadása nem veszélyezteti tűzvédelmi berendezés működőképességét.
 -

Köszönöm a figyelmet!

- CTICM – logiciels - FIDESC4
 - <https://www.cticm.com/logiciel/fidesc4/>
- OZONE, A3C
 - https://sections.arcelormittal.com/design_aid/design_software/EN
oldalon Fire Calculations rovatban