

Tartószerkezetek tervezése tűzhatásra

Mérnöki módszerek az Eurocode szerint
- általános és acélszerkezet-specifikus kérdések

Dr. Horváth László

PhD, egyetemi docens

Tartalom

- Tűzvédelmi tervezés lépései
- Méretezés az Eurocode szerint
- Acélszerkezetek tűzhatásra méretezése
- A viselkedésalapú méretezés elemei
- Esettanulmány

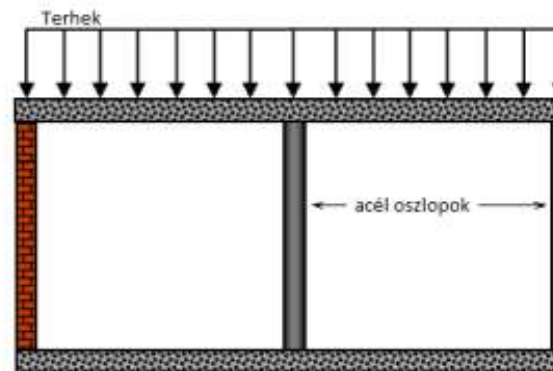
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



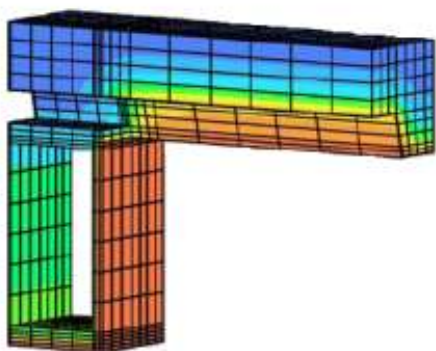
1. Gyújtóhatás



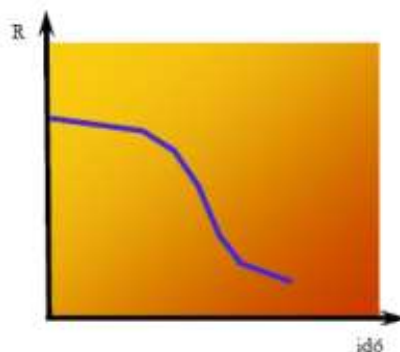
2. Termikus hatás



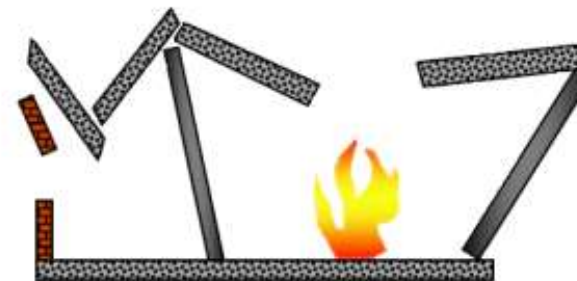
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



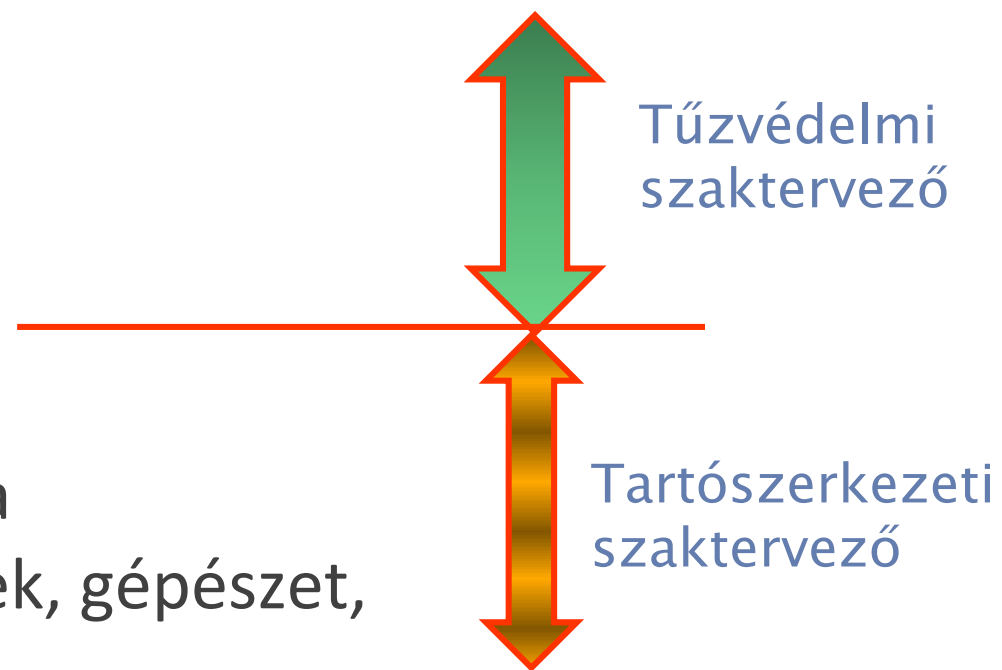
5. Mechanikai reagálás



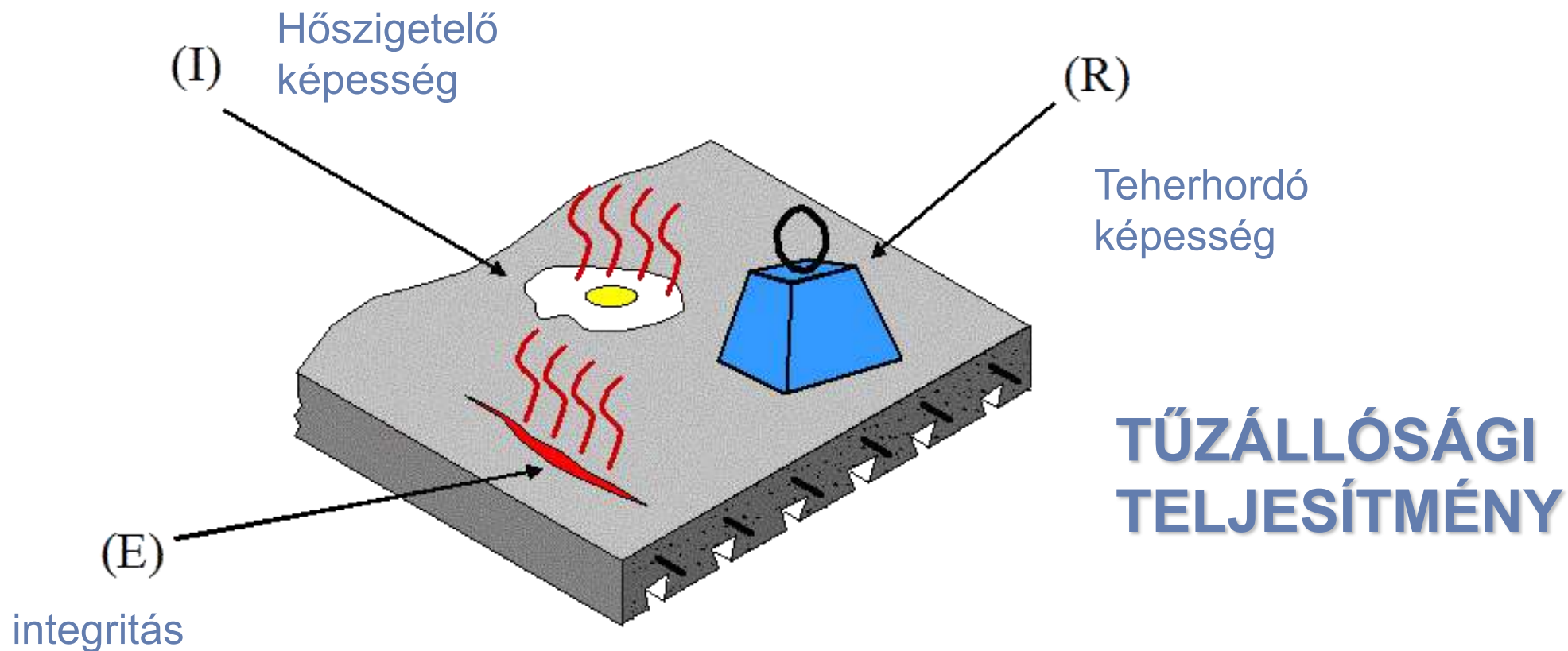
6. Lehetséges összeomlás

Tűzvédelmi tervezés folyamata

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



Mérnökileg igazolható követelmények



Igazolás elve

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.

Tartószerkezet tűzvédelmi tervezésénél figyelembe veendő legfontosabb előírások

- A Belügyminiszter 54/2014. (XII. 5.) BM rendelete az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- Érvényes változat, de a januártól érvényes módosításokra fel kell készíteni a tartószerkezeti tervezőket is!
- Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek (TvMI)
- Tervezési szabványok – EUROCODE tartószerkezeti szabványai

TvMI

Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek



A- A+

1. Tűzterjedés elleni védelem
2. Kiürítés
3. Hő és füst elleni védelem
4. Tűzoltó Egységek Beavatkozását Biztosító Körülmények
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
 - a. A szabadtéri rendezvényekről szóló TvMI-hez kapcsolódó videófile-ok
11. Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői
12. Felülvizsgálat és karbantartás

Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői TvMI

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Fogalmak	4
3. Építményszerkezetek tűzvédelmi osztálya	5
4. Építményszerkezetek tűzállósági teljesítménye	22
Az irányelvben hivatkozott és felhasznált jogszabályok és szabványok jegyzéke	33
A melléklet: Tűzállósági vizsgálati módszerek	41
B melléklet: Tűzhatás kitéti görbéi	42
C melléklet: Tűzvédelmi követelmények megállapítása egyes összetett szerkezetek esetén	44
D melléklet: Meglévő építményszerkezetek táblázatos tervezési értékei	46
E melléklet: Alacsony energiaigényű épületek tűzvédelmi szempontból megfelelő kialakítása	54
F melléklet: ETAG-ok és EAD-ok listája	63
G melléklet: Az Európai Bizottság jelen irányelv szempontjából fontosabb határozatai és rendeletei	69
H melléklet: Építményszerkezetek tűzállósági határértékének biztosítása járulékos tűzvédelmi megoldásokkal (tűzvédelmi bevonatokkal és burkolatokkal)	71
I melléklet: A TvMI kiadásakor hatályos jogszabályi fogalmak	93

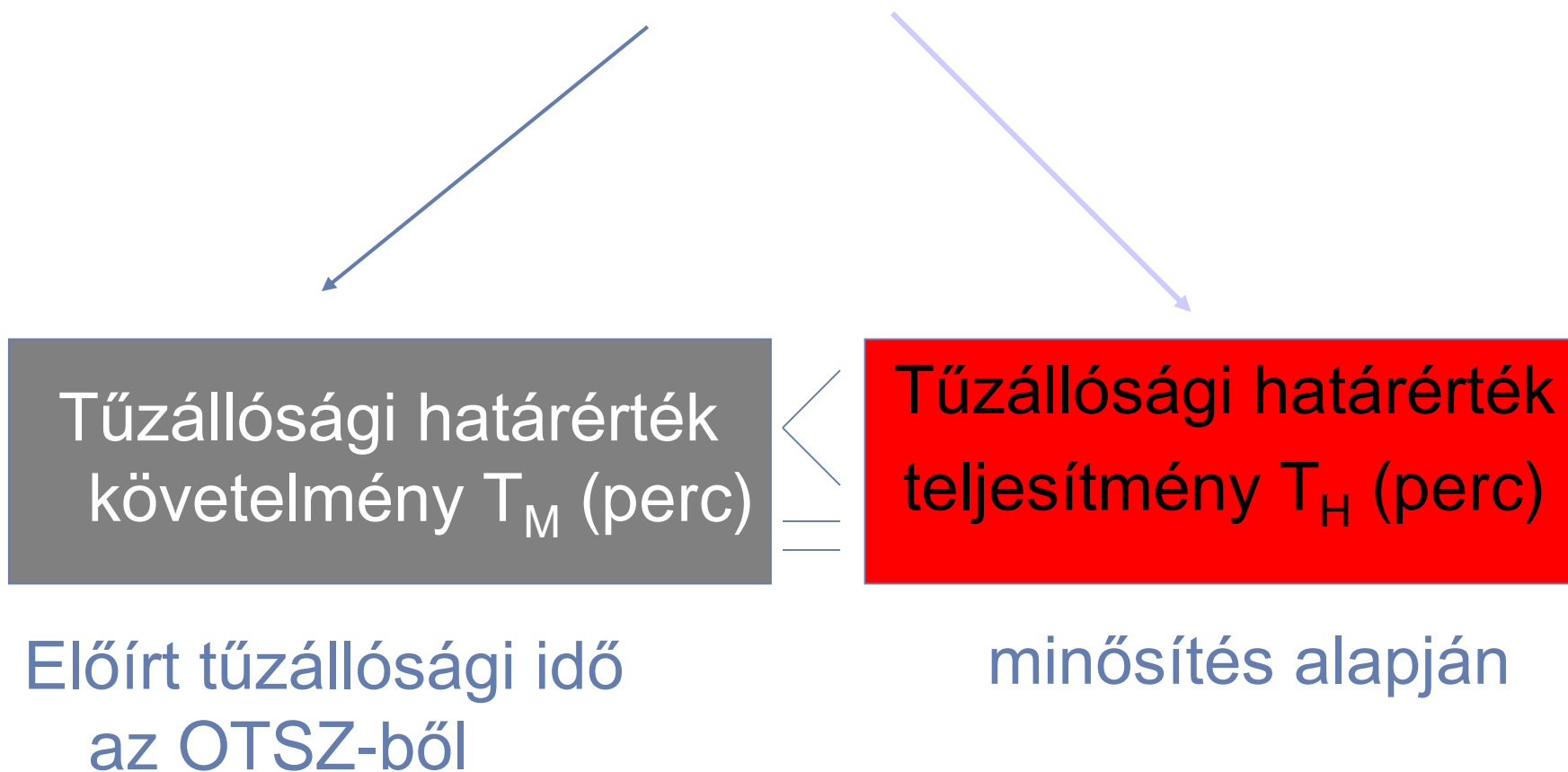
Az OTSZ módosítása
kapcsán készül a TvMI
bővített, módosított
kiadása.

Már meglévő építményszerkezetek tűzállósági teljesítménye

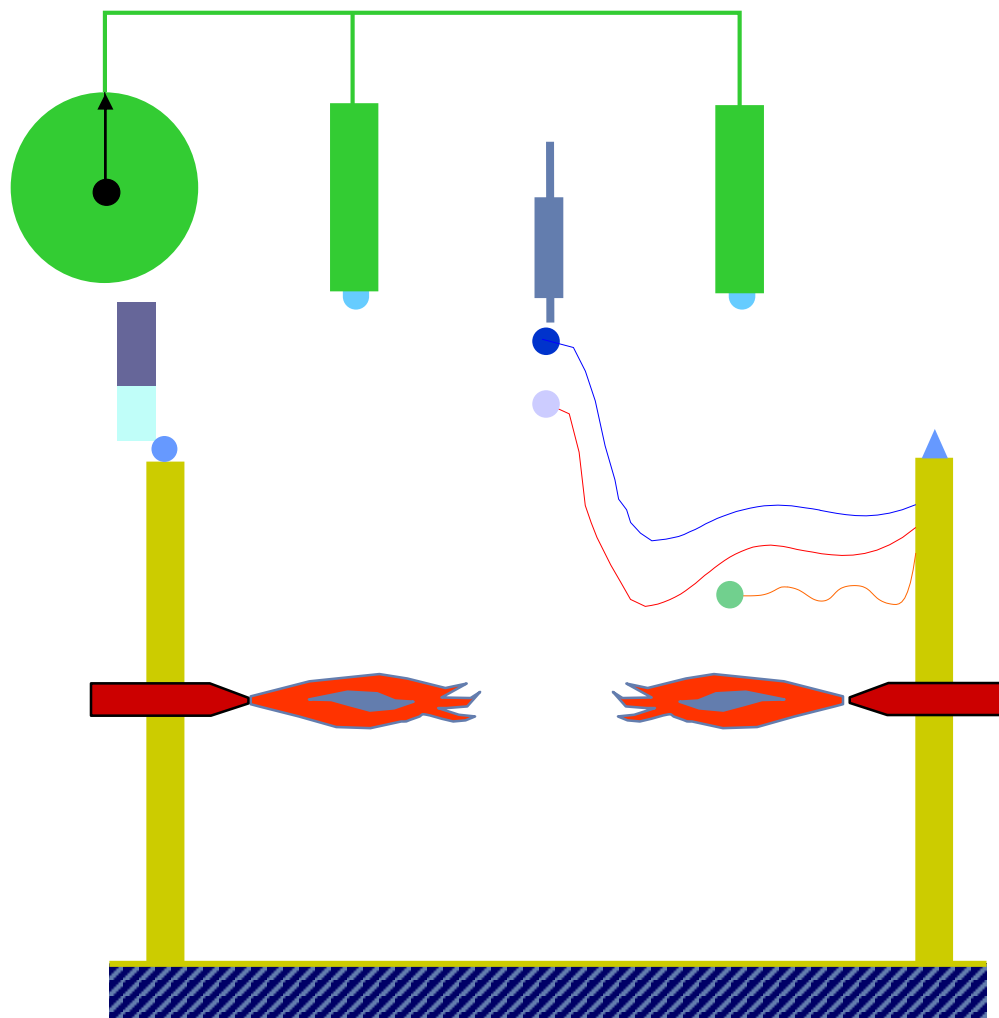
- Meglévő épületek, adott esetben már nem gyártott anyag vagy rendszer
- TvMI 11 „D” mellékletéből, táblázatos alapon
- D1 pontban alapelvek
- D1.6. Új szerkezetek, építmények létesítése a táblázatok adatai alapján nem lehetséges.

Hagyományos tűztervezés

normatív eljárás



Szabványos laborvizsgálat



Lehajlás (mm)

300

200

100

0

1200

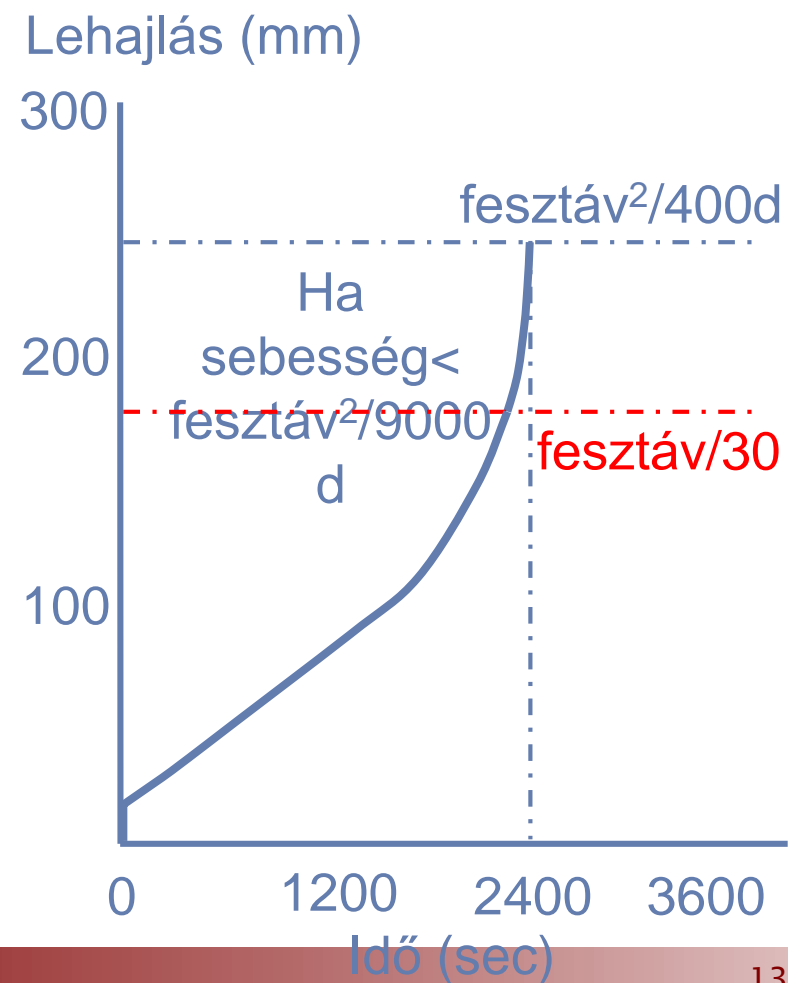
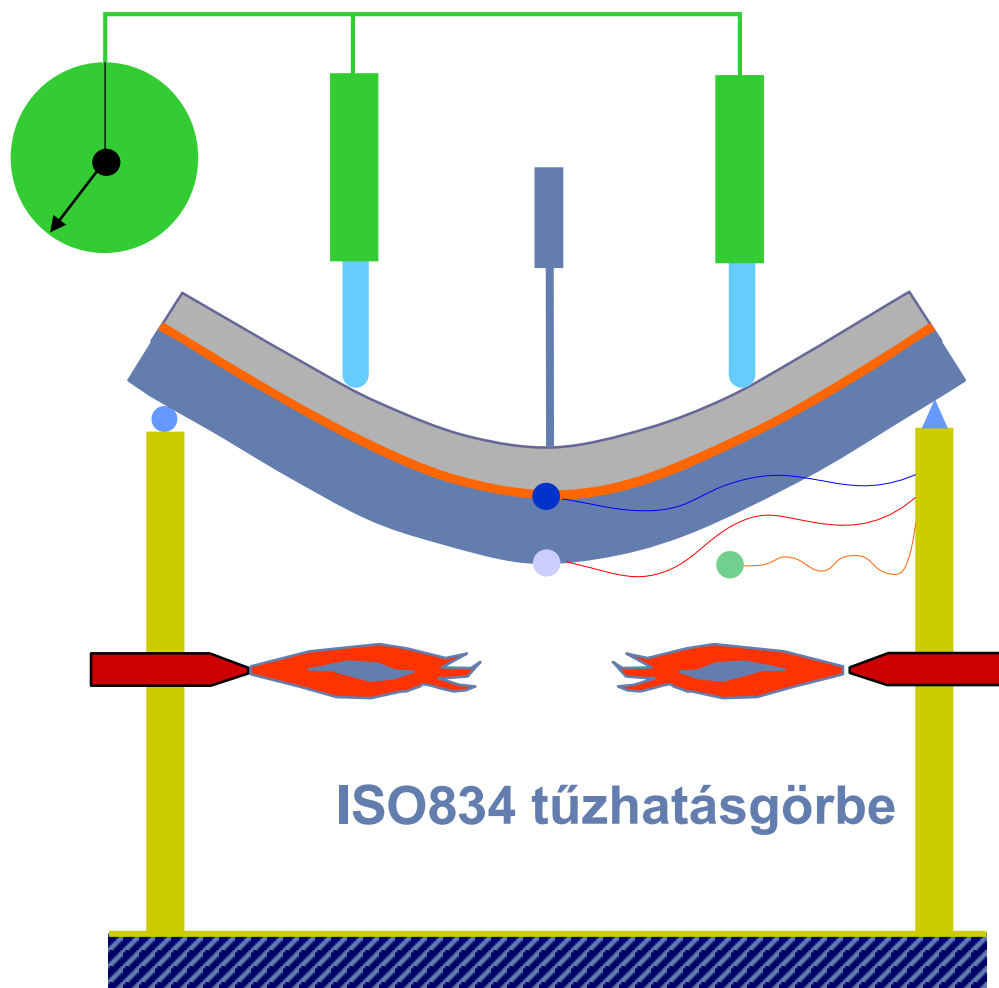
2400

3600

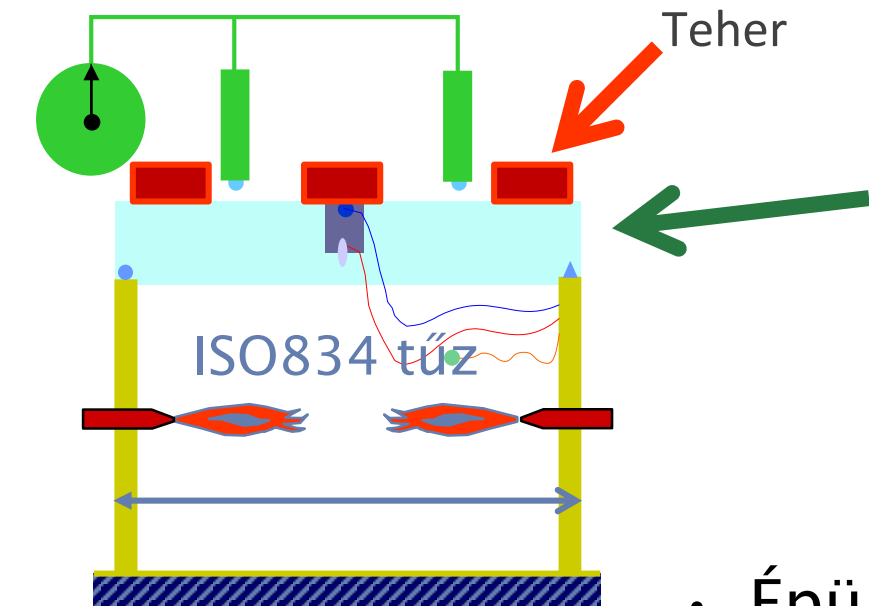
Idő (sec)

Normatív eljárás

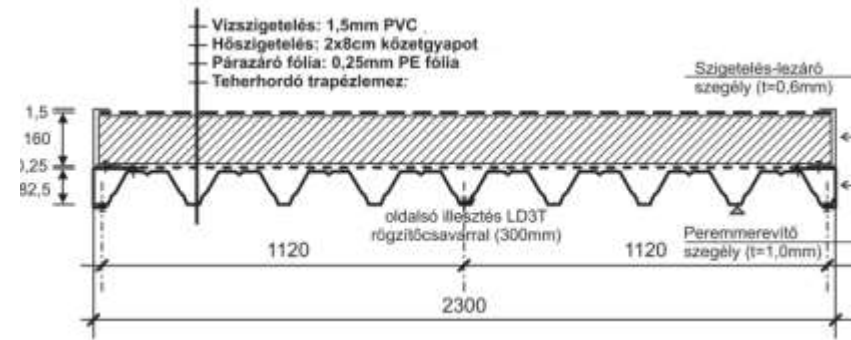
Szabványos laborvizsgálat



Minősítés laborvizsgálat alapján



Szerkezeti kialakítás



Támaszköz, statikai váz

- 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 födém- 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.*



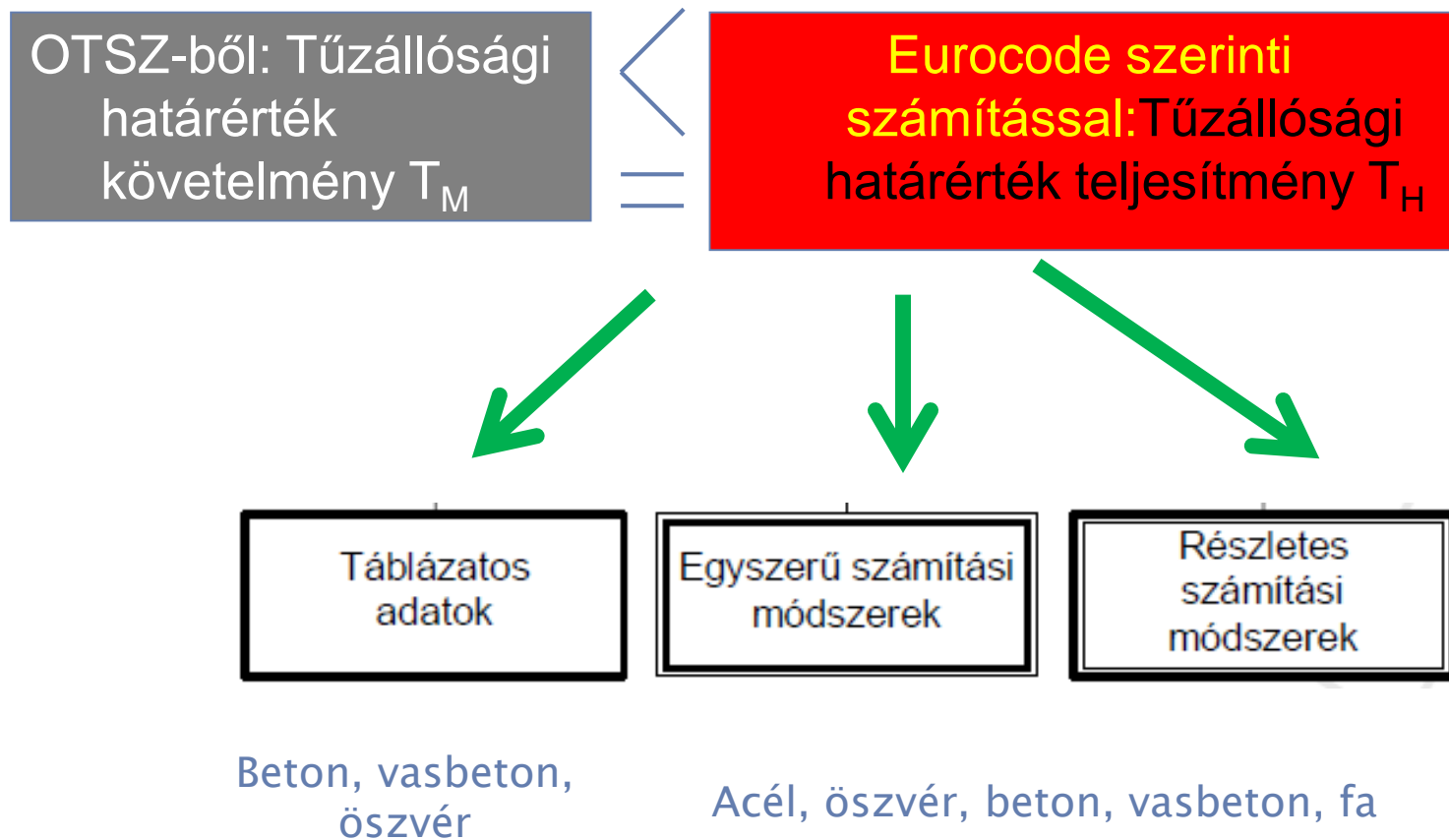
Hagyományos eljárások hátrányai

- Laborkísérlet csak egy adott esetre szól
 - Kiterjesztésük csak korlátozott mértékű
 - Laborkísérlet nagyon költséges!
-
- **MÉRNÖKI ELJÁRÁSOK A TŰZVÉDELMI TERVEZÉSBEN**

Tűzvédelmi tervezés mérnöki eljárásokkal

- Nagyszámú kísérlettel igazolt számítási eljárások
- szabványosítva (tartószerkezeti Eurocode-ok)
- A tényleges szerkezetre alkalmazzuk, a tényleges terheket figyelembe véve

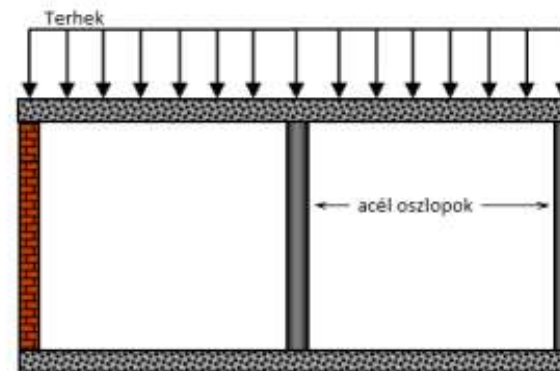
Mérnöki tűztervezés módszere



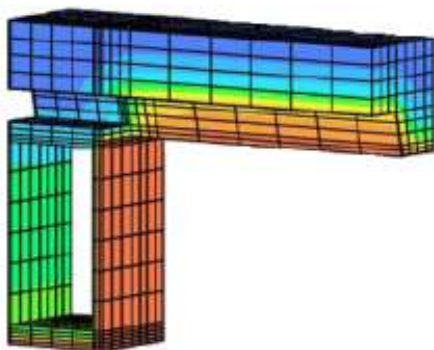
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



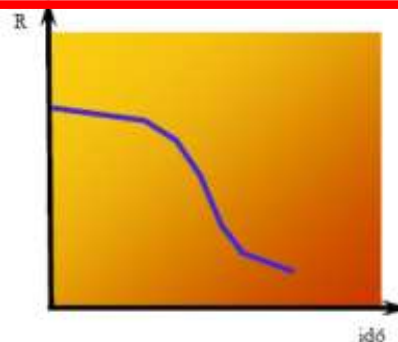
1. Gyújtóhatás



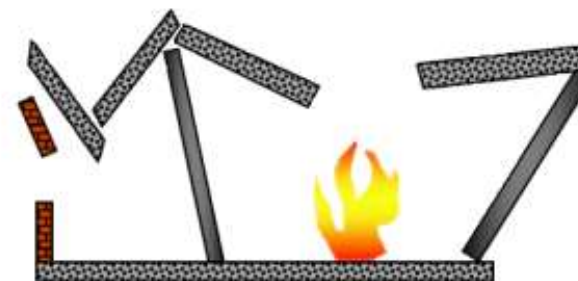
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



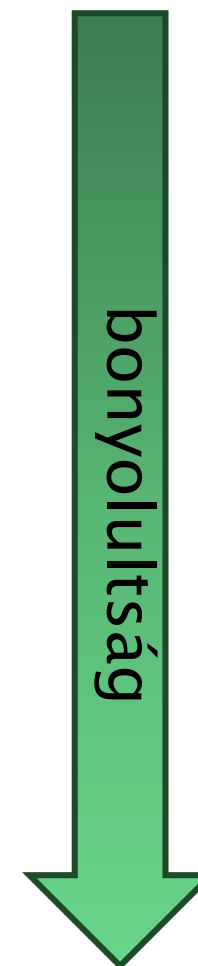
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

Tűzhatás modellezése

- Egyszerű modell – tűzhatás görbék
 - ISO 834 szabványos, külső és szénhidrogén tűzgörbék, alagúttűz....
- Lokális tűzhatások
 - Belobbanás előtti állapot
 - Heskestad, Hasemi, zónamodellek
- Belobbanás utáni állapot vizsgálata
 - Zónamodellek
 - Parametrikus tűzgörbék
 - CFD modellek (tűzszimuláció)



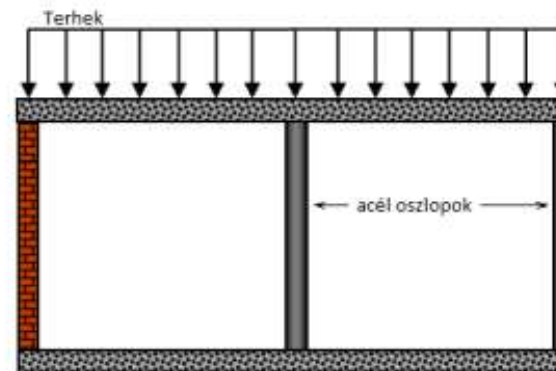
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



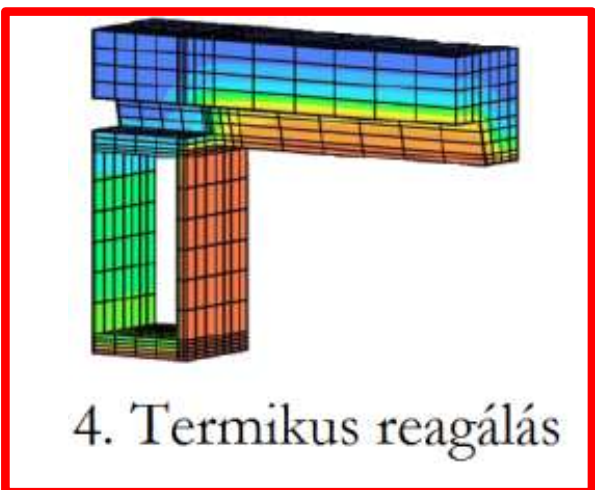
1. Gyújtóhatás



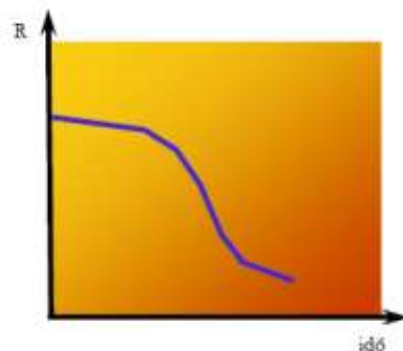
2. Termikus hatás



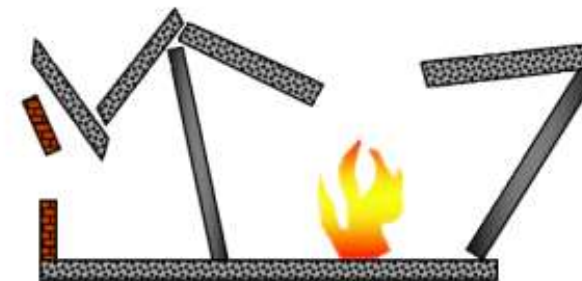
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

Szerkezet felmelegedése a tűzhatás alatt

EC 2-1-2

EC 3-1-2

EC 1-1-2

- Elve: a tűszakaszban lévő gáz a tartószerkezeti elemek felületén adja át a hőt
- Felületen: hőszugárzás + hőáramlás
- Tartószerkezeti elemen 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 alatt

EC 2-1-2

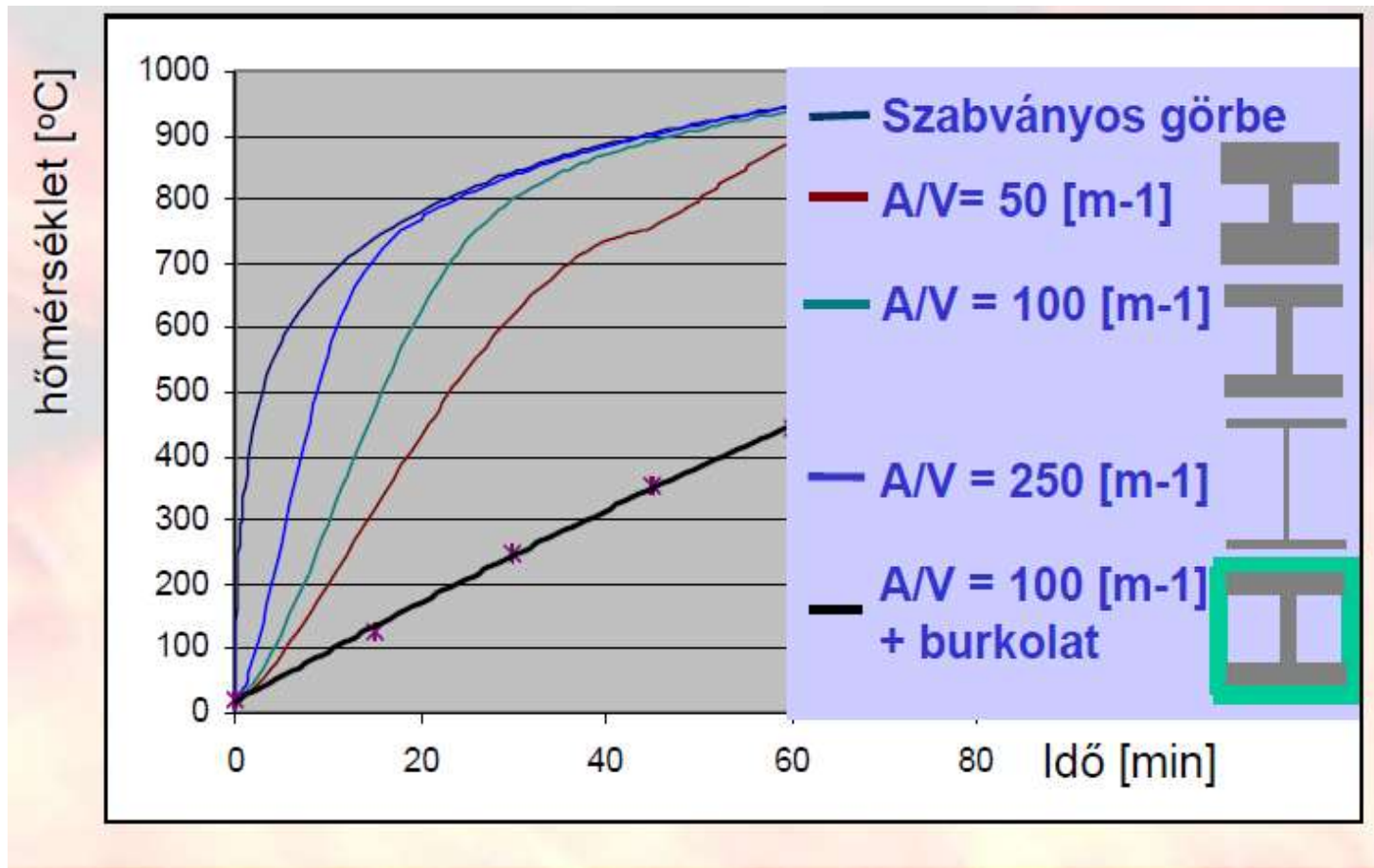
EC 3-1-2

EC 1-1-2

Módszerek:

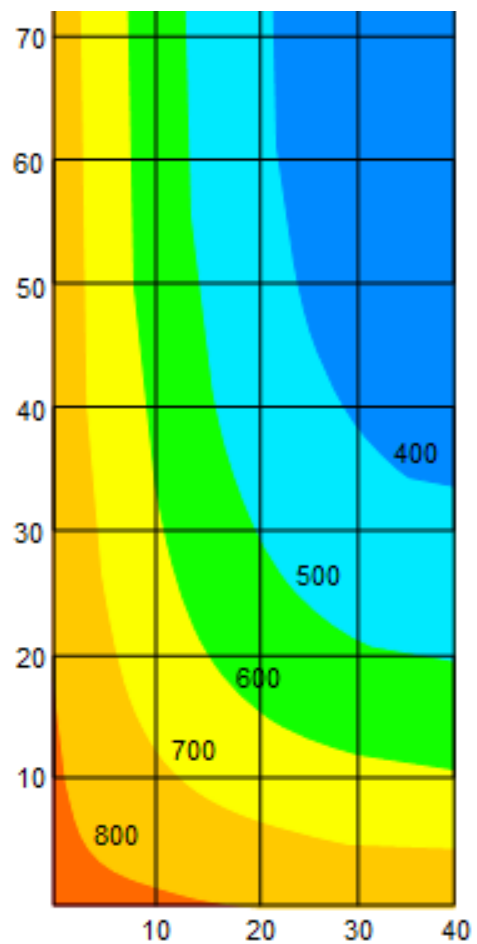
- Nomogramokkal
- Iteratív kézi számítással: Excel, MathCad, MathLab
- Végeselemes szoftverrel (Ansys)
- Vagy: célszoftverrel (SAFIR, Ozone...)
- Vagy: tűz-szimuláció eredményeként
- Vagy: kísérleti úton

Acél elem hőmérséklete szabványos tűzhatásra



VB gerenda 2D hőmérsékleti analízise

Vb. gerenda hőmérséklet-eloszlása (izotermák)



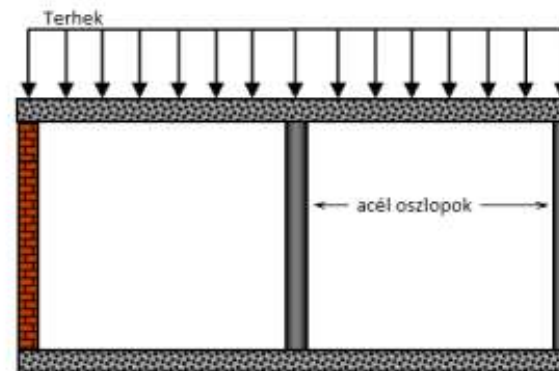
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



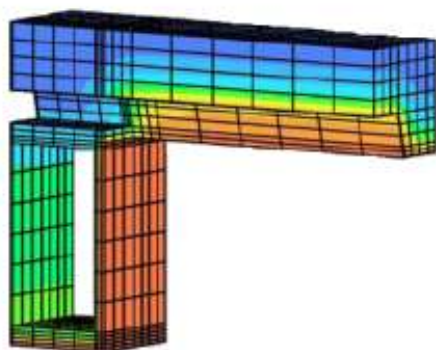
1. Gyújtóhatás



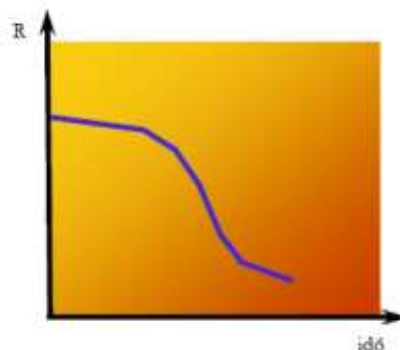
2. Termikus hatás



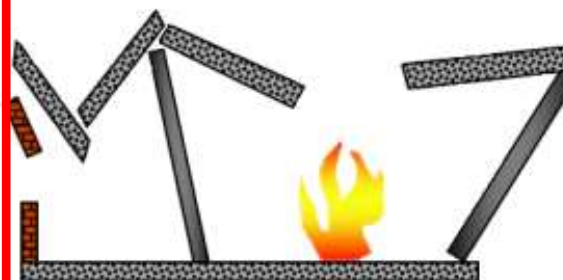
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



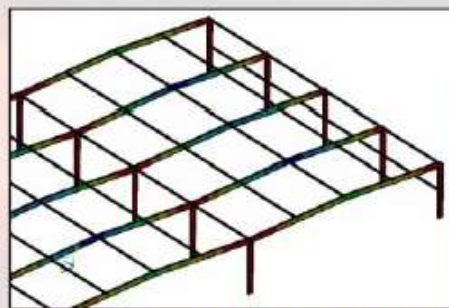
5. Mechanikai reagálás



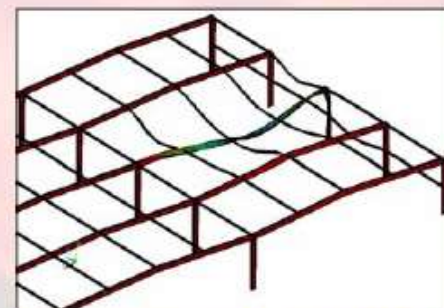
6. Lehetséges összeomlás

Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

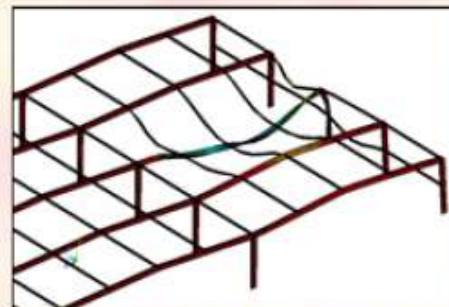
A hőmérséklet nő \rightarrow hőtágulás + merevség és ellenálló képesség elvesztése \rightarrow járulékos deformáció \Rightarrow
összeomlás lehetősége



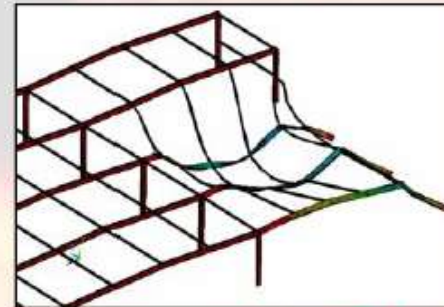
$t = 0$ $\theta = 20^\circ\text{C}$



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



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

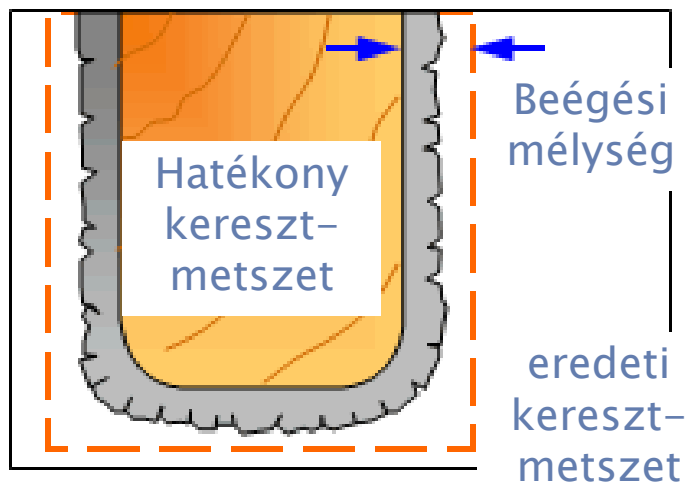


31 perc $\theta = 850^\circ\text{C}$

Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

Anyagtól függő !!

- fa:



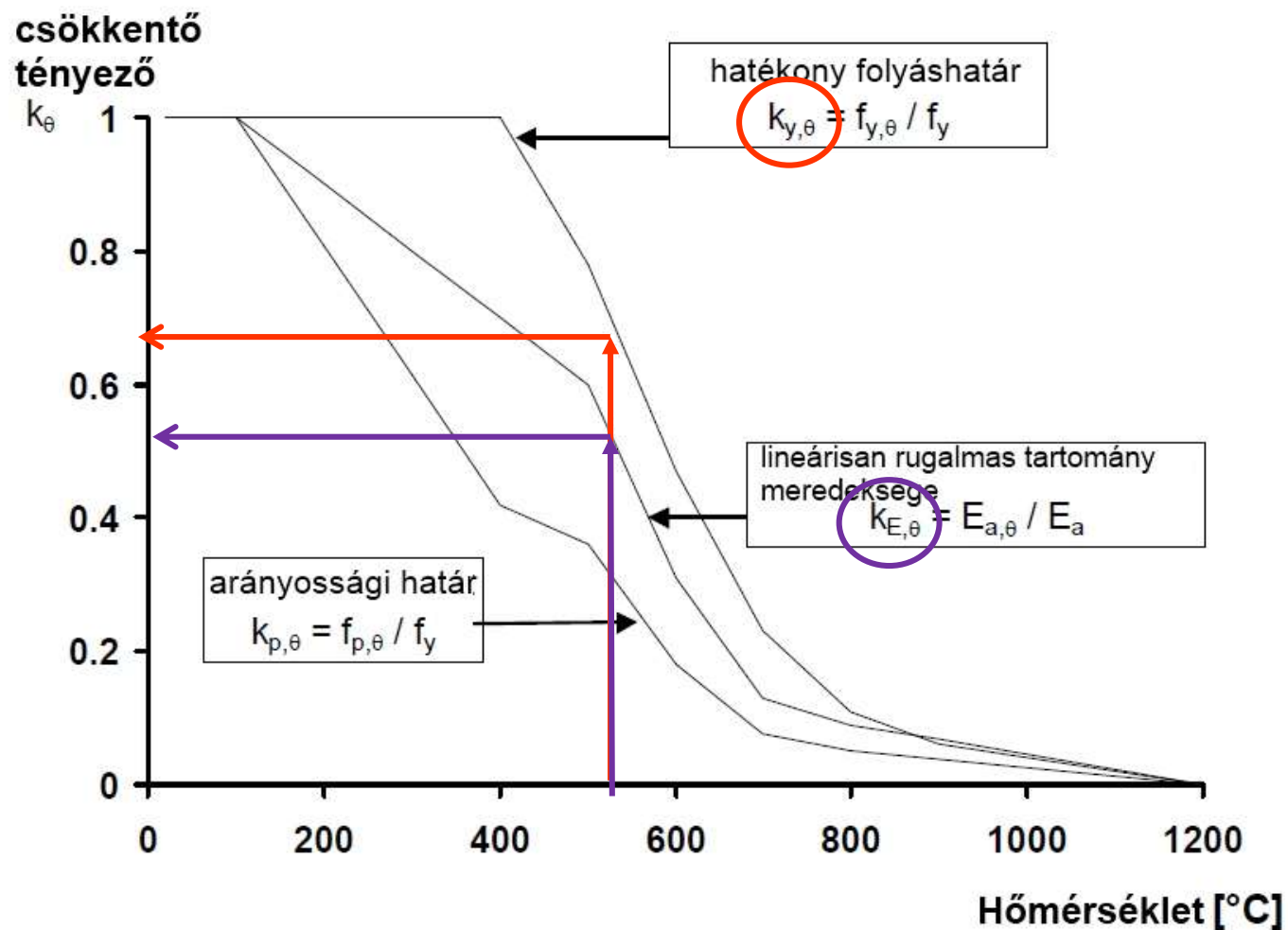
- Acél: szilárdság és merevség leépül
- Szakszabvány ad útmutatást

- beton:



Az acél szilárdságának és merevségének leépülése

EC 3-1-2



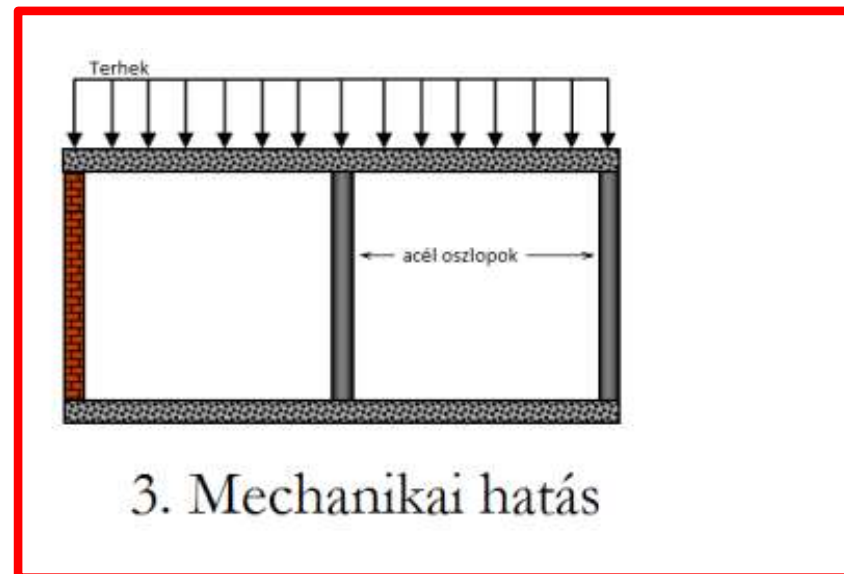
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



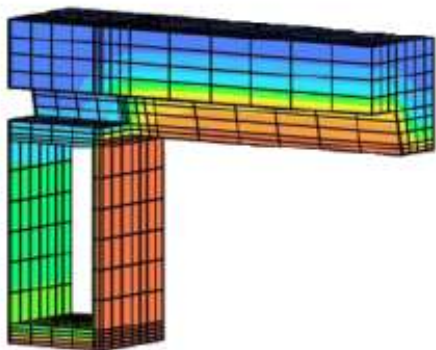
1. Gyújtóhatás



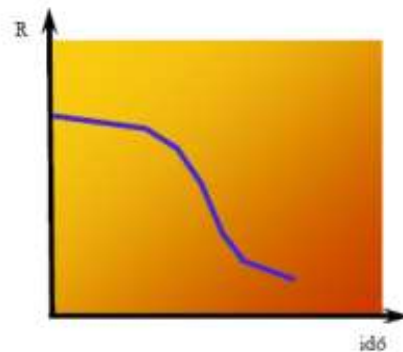
2. Termikus hatás



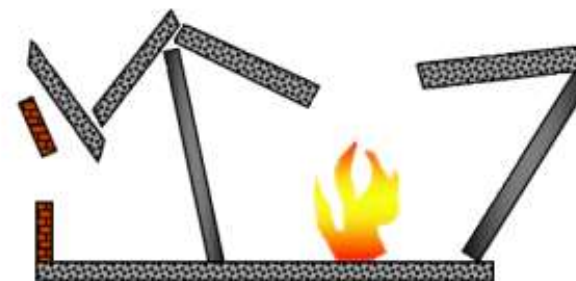
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



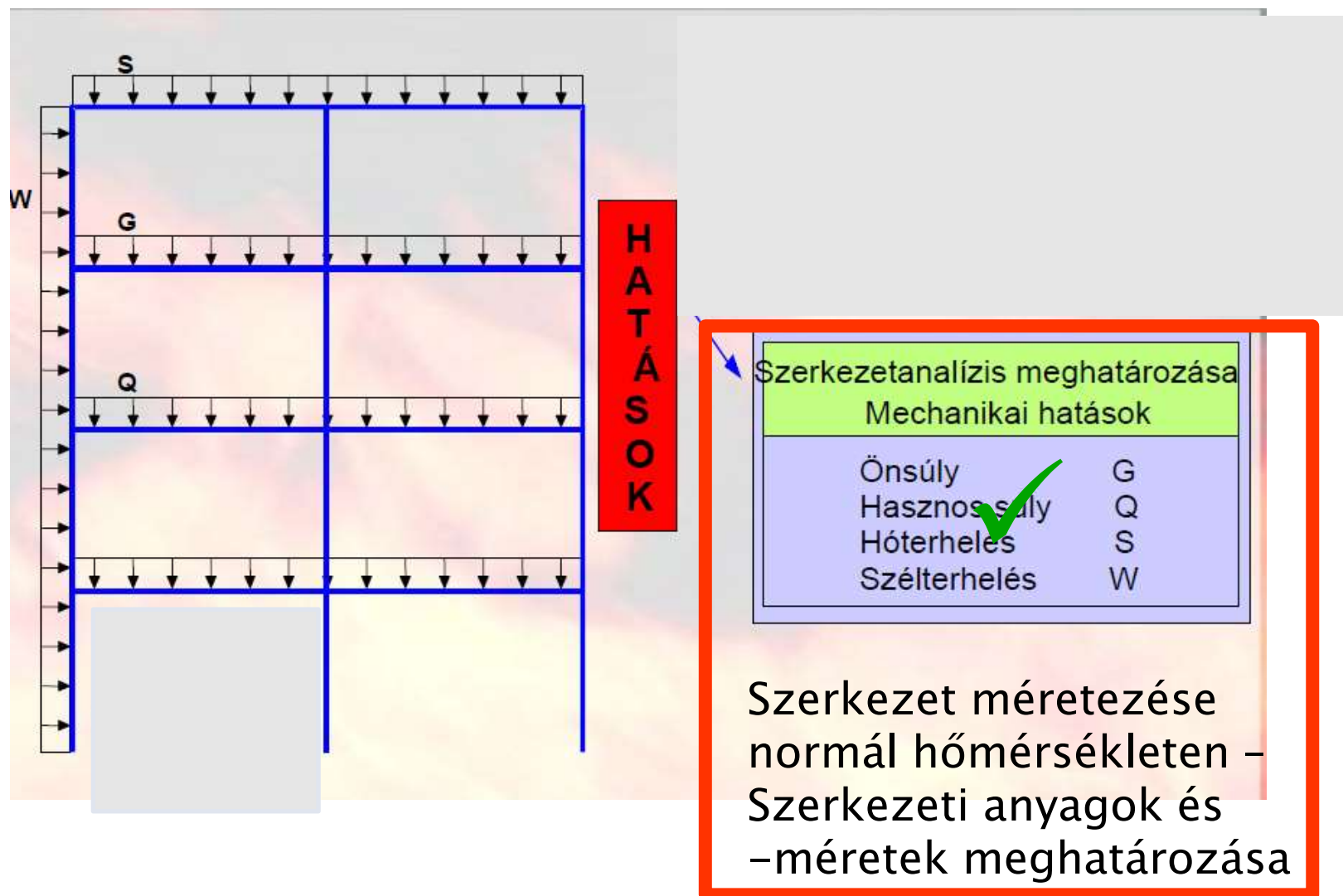
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

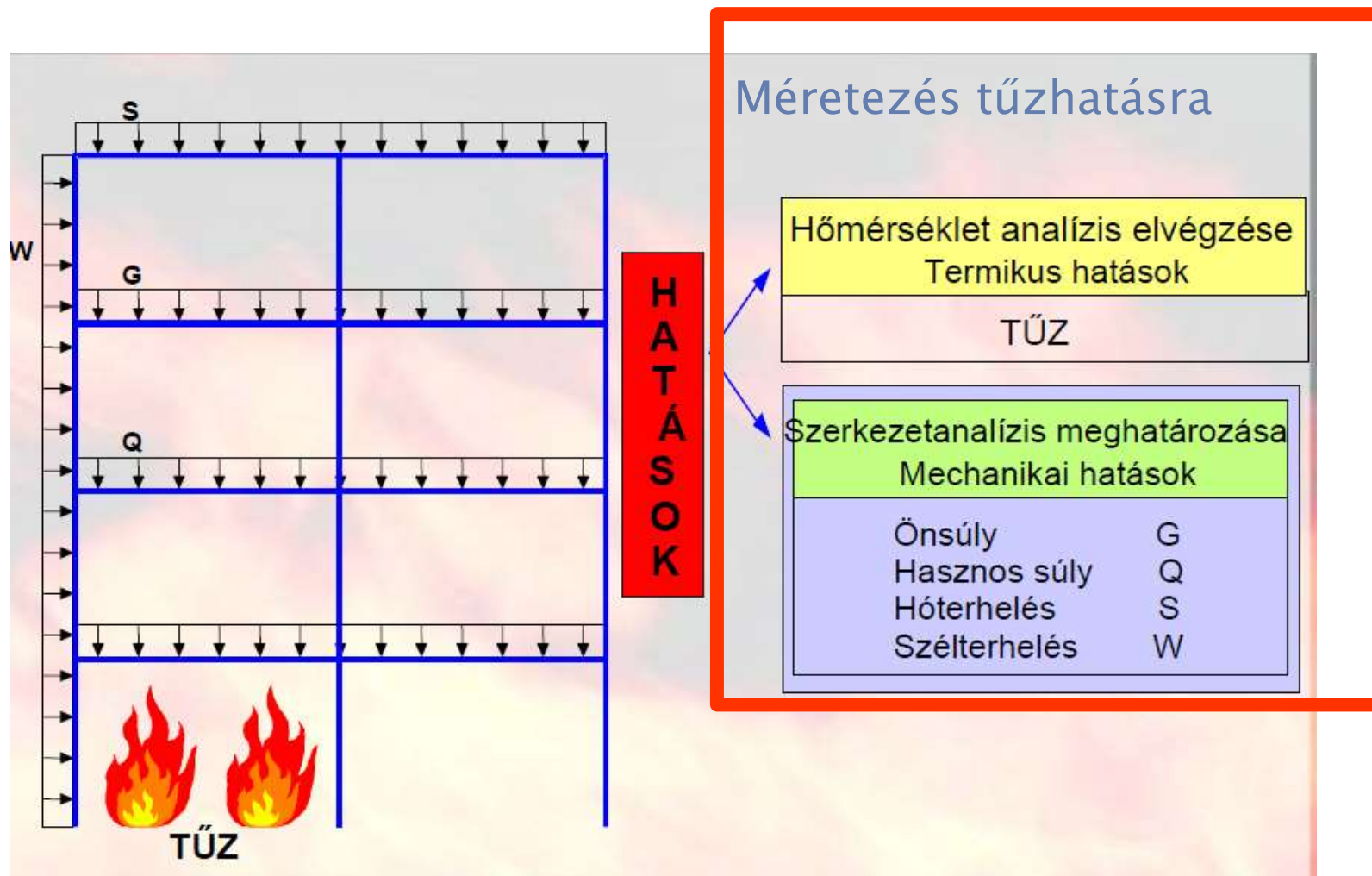
Tartószerkezet méretezése

EC 1



Tartószerkezet méretezése - tűzhatás

EC 1



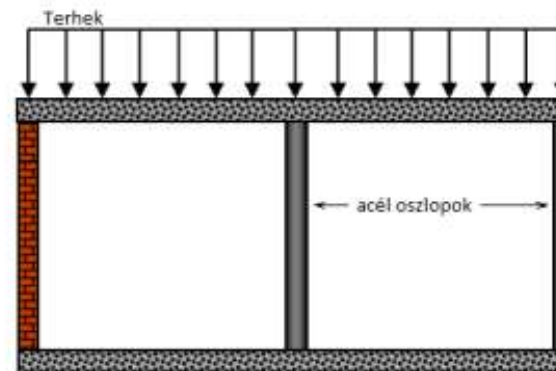
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



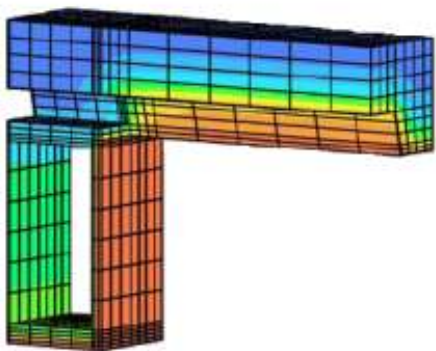
1. Gyújtóhatás



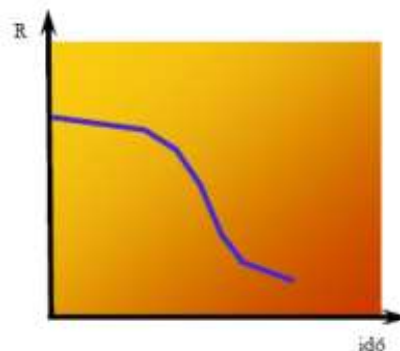
2. Termikus hatás



3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



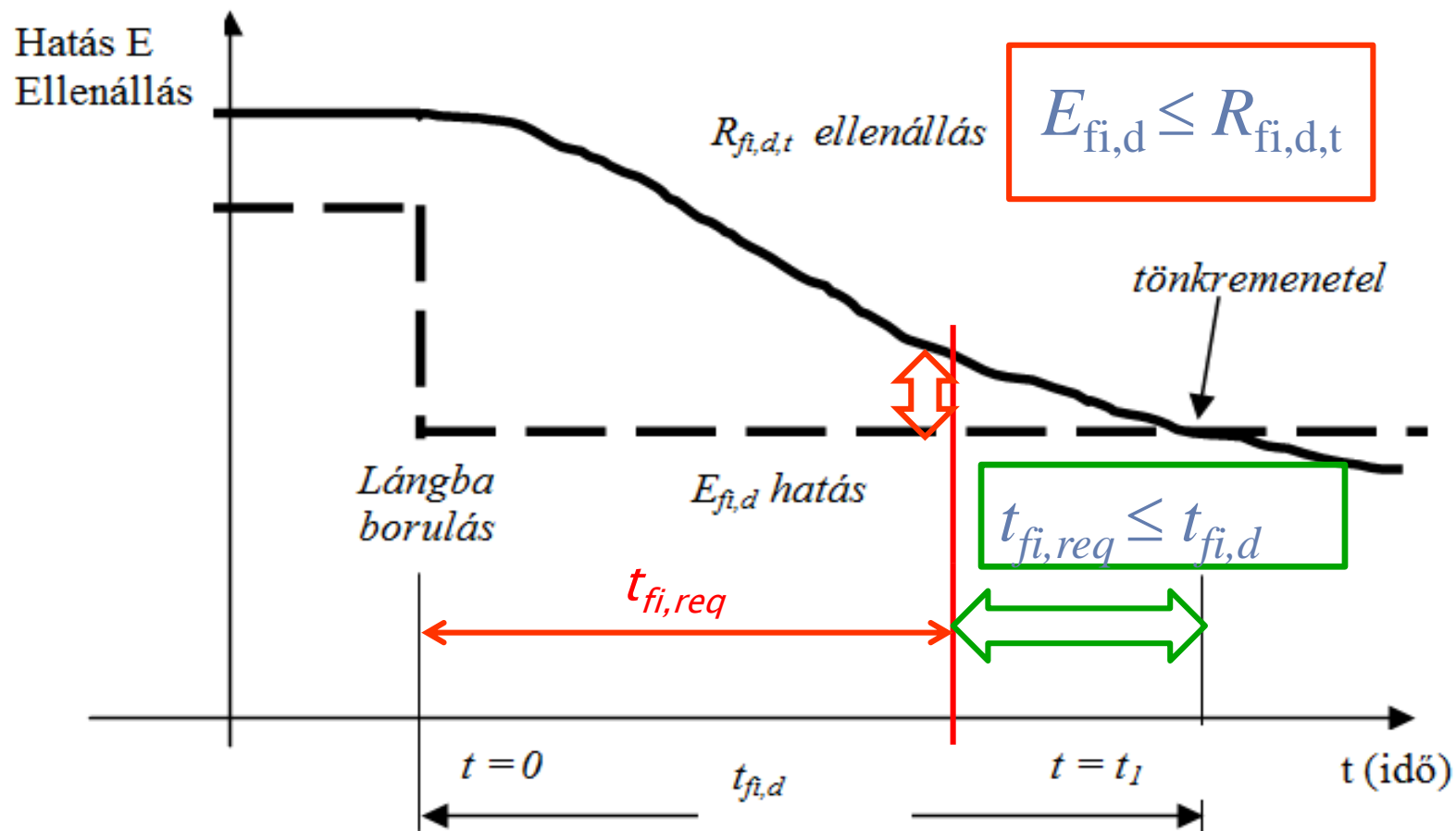
5. Mechanikai reagálás



6. Lehetséges összeomlás

Szerkezet állékonyságának igazolási elve tűzhatás esetén

EC 1-1-2



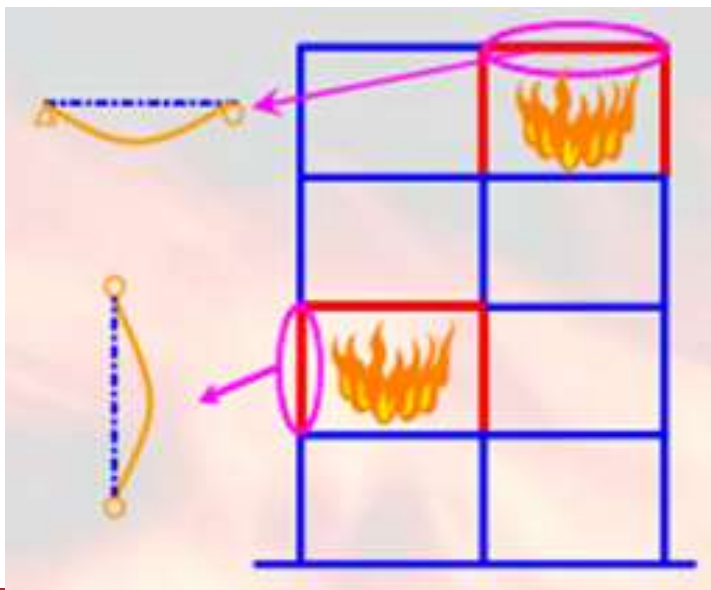
Eurocode szerinti méretezés

OTSZ-ből: Tűzállósági
határérték
követelmény T_M

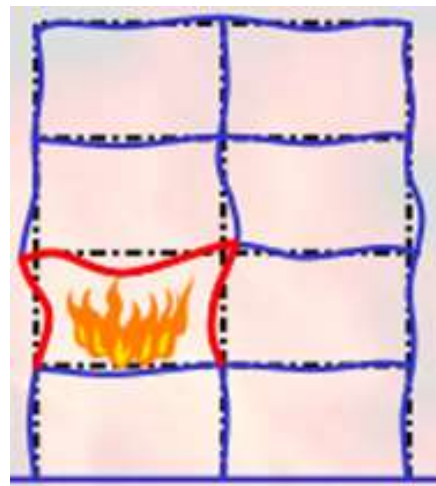


Eurocode szerinti
számítással: Tűzállósági
határérték teljesítmény T_H

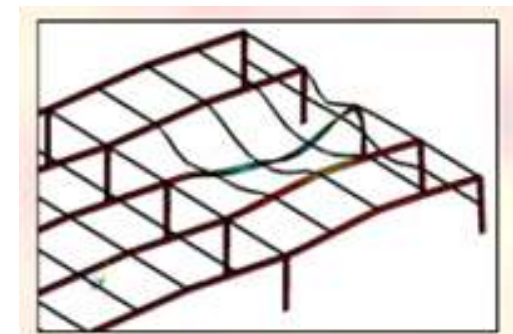
Szerkezeti
elemek
vizsgálata
elkülönítve



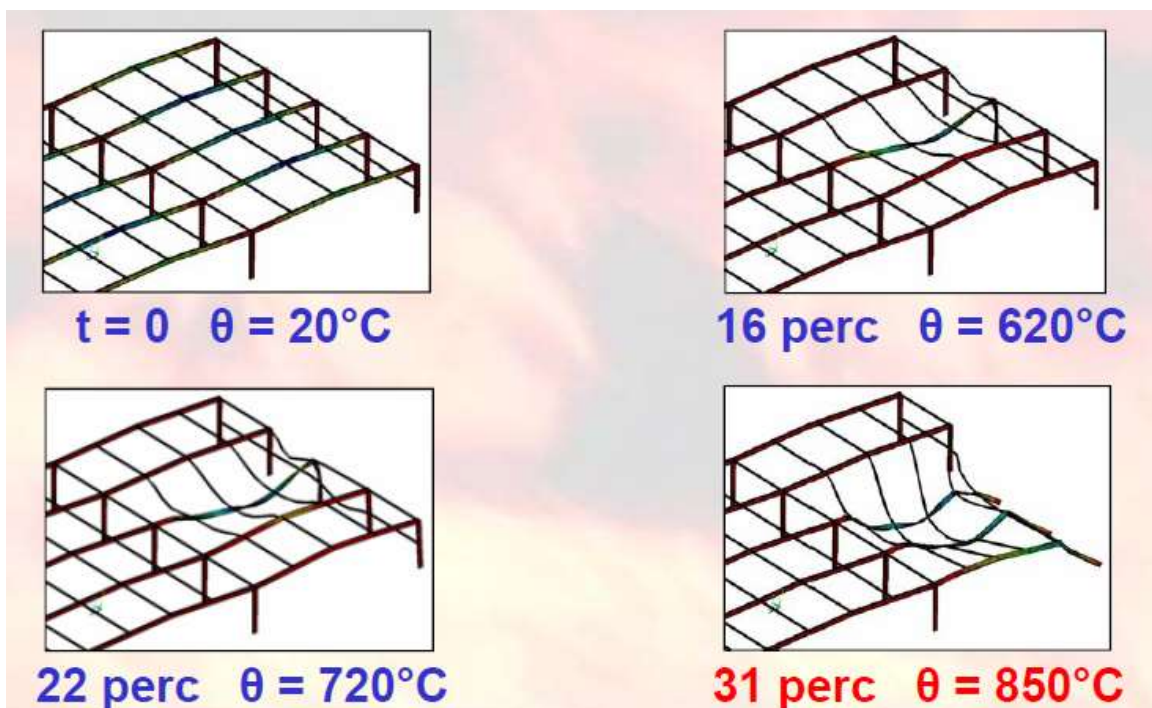
A szerkezet egy
részének vizsgálata



A teljes szerkezet
vizsgálata



Teljes szerkezet vizsgálata



- Ma már legtöbbször 3D modell van a statikai méretezéshez
- Általános vagy célszoftver

Teljes szerkezet vizsgálata

- Számítási tapasztalat: szabványos tűzgörbe használata esetén hatalmas hőtágulás számítható – emiatt irreálisan nagy normálerők az épület hosszirányában.
- A tűzkísérletek tapasztalatai: a tűzszakaszban tűzhatás alatt álló elemek másképpen viselkednek : jóval nagyobb lehajlásokat szenvednek, le- és kihajolnak, emiatt kisebb normálerők jönnek létre!
- Még pontosabb méretezési modellezés kell, és a tűzhatás modelljét is pontosítani kell: nem a szabványos tűzhatásból, hanem tűzmodellezéssel kapott hőmérsékleti eredményekből kell kiindulni!

Viselkedés-alapú tervezés

- A tűzhatásokra való méretezés következő szintje!
- „Performance-based design”
- Valós tüzek és laboratóriumi tűzkísérletek megfigyelése, mérése
- Mind a tűzfolyamatot, mind a szerkezetek viselkedését elemezték
- Vizsgálták a tűz kialakulásának feltételeit, okait

Viselkedés-alapú tervezés

Tűzvédelmi követelmények megállapítása: komplex közbiztonsági elemzéssel

- Épület rendeltetése, használati feltételek
- Kialakítása (szintszám, tűzszakaszolás ...)
- Védelmi célok prioritásai (kiürítési idő, szomszédos létesítmények ...)
- Létrejöheto tűzforrások és azok valószínűsége
- Tartószerkezet tönkremeneti teljesítése, valószínűsége és következményei

Tűzvédelmi előírások

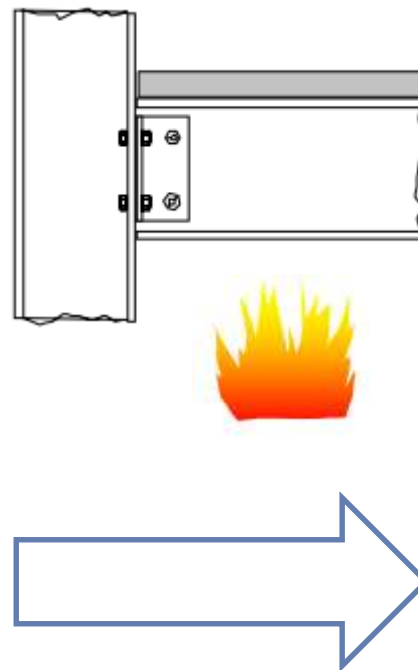
**Tűzvédelmi tervező,
szakértő**

Viselkedés-alapú tervezés

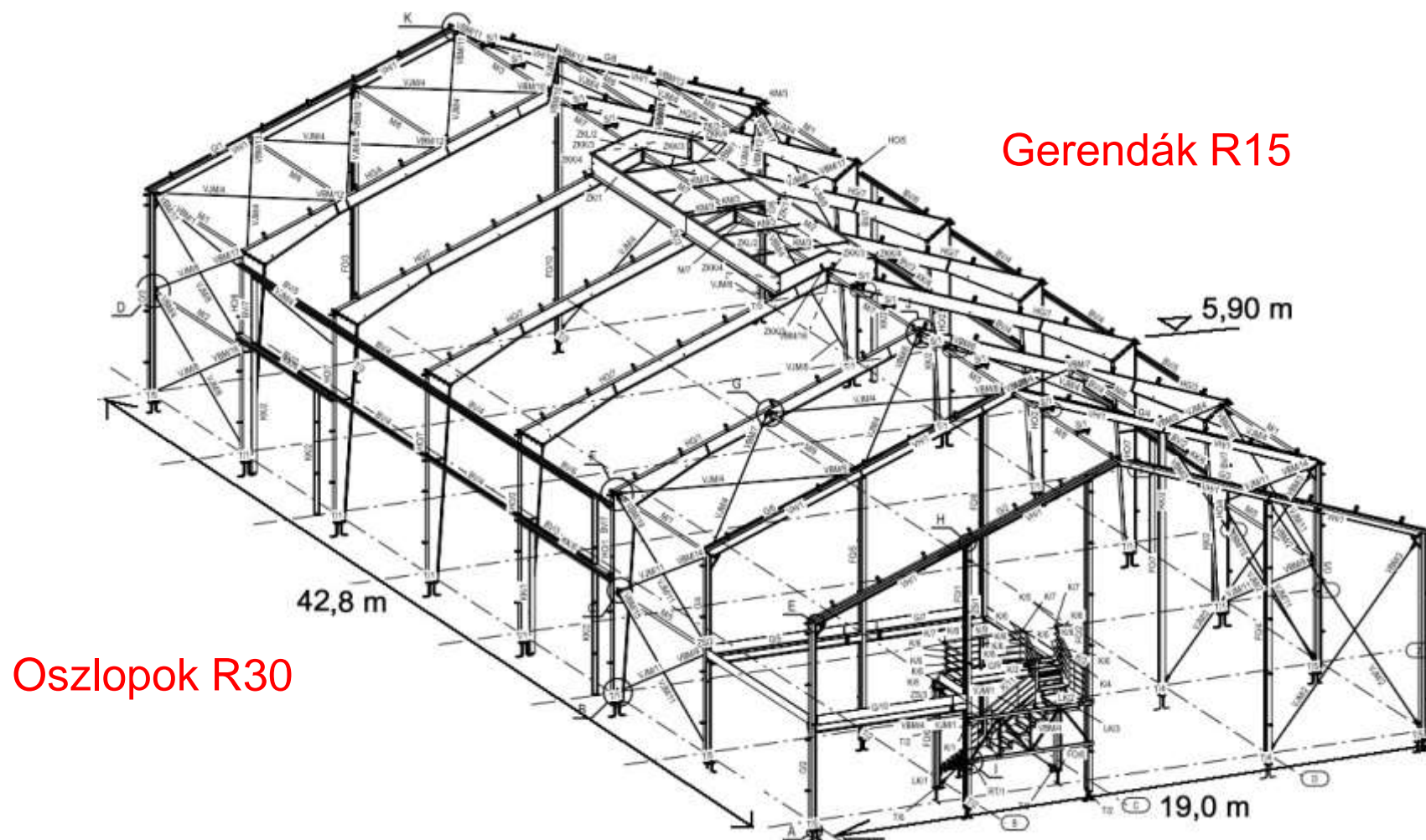
Tartószerkezetek tűzvédelmi teljesítményének megállapítása



Tartószerkezet viselkedése tűzhatásra

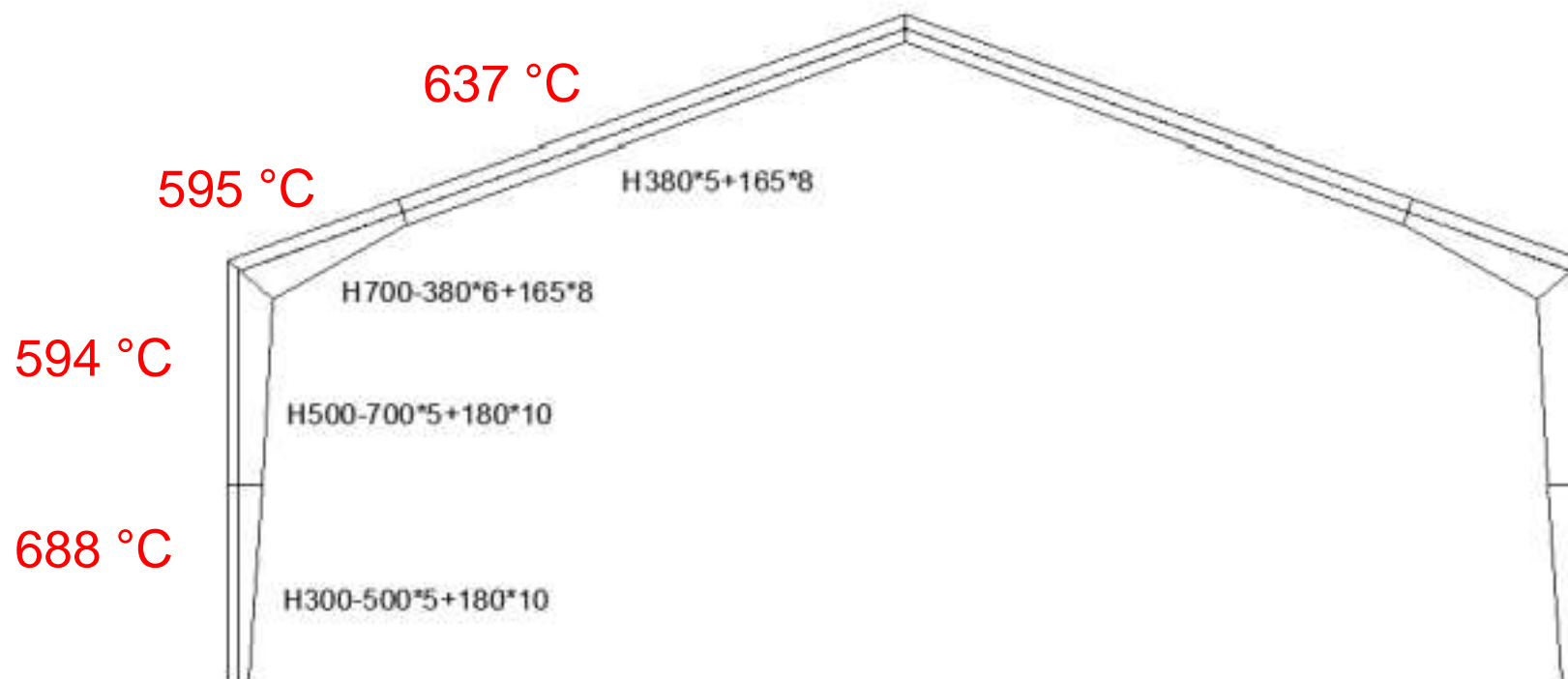


Esettanulmány – Acélcsarnok vizsgálata



Acélcsarnok vizsgálata

- Elemek kritikus hőmérséklete
712 °C

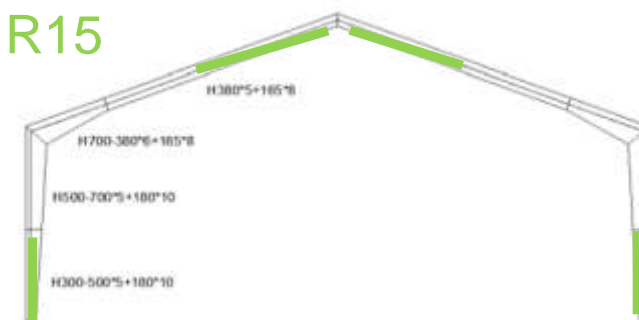


Acélcsarnok vizsgálata

- Elemek felmelegedése és tűzállósági ideje

		Szelvény	Profil-faktor [m ⁻¹]	Hőmérséklet		Tűzállósági idő	
				θ_{cr} [C°]		t [min]	t [sec]
Oszlop	Alsó elem	H300-500*5+180*10	189,8	688	15,7	942	
	Felső elem	H500-700*5+180*10	216,0	594	10,8	648	
Gerenda	Tetőgerinc	H380*5+165*8	219,4	712	16,6	996	
	Közberső			637	12,3	738	
	Kiékelés	H700-380*6+165*8	220,0	595	10,8	648	

R15



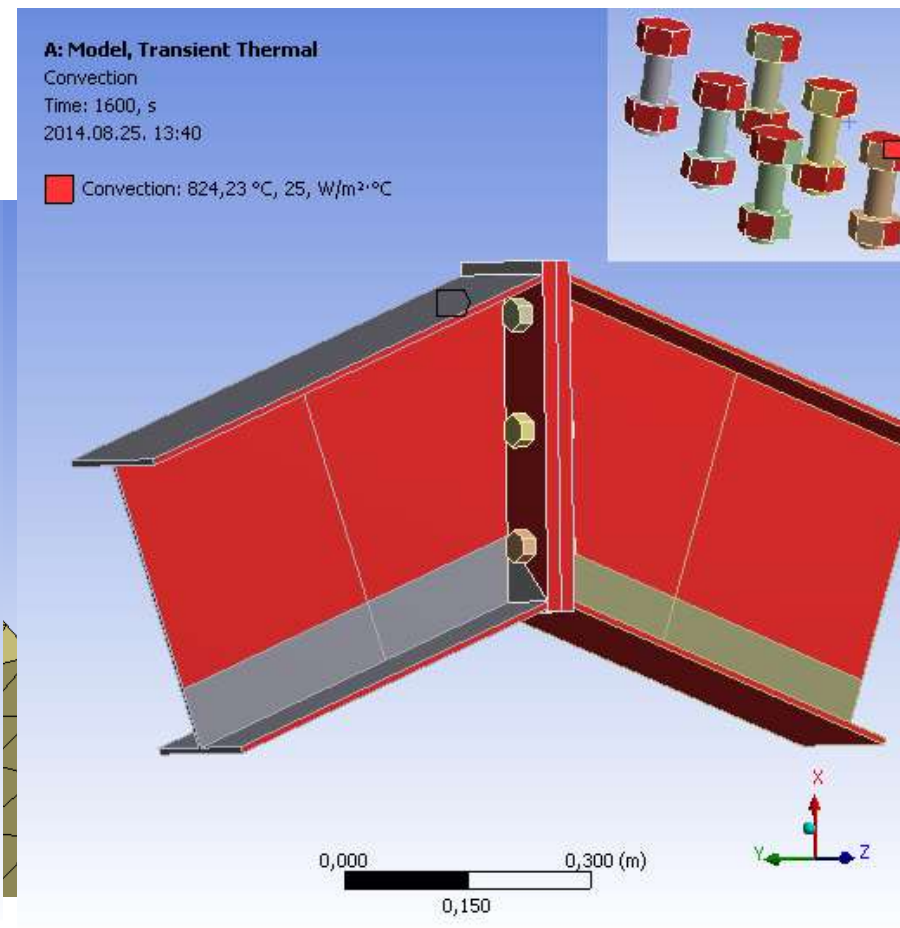
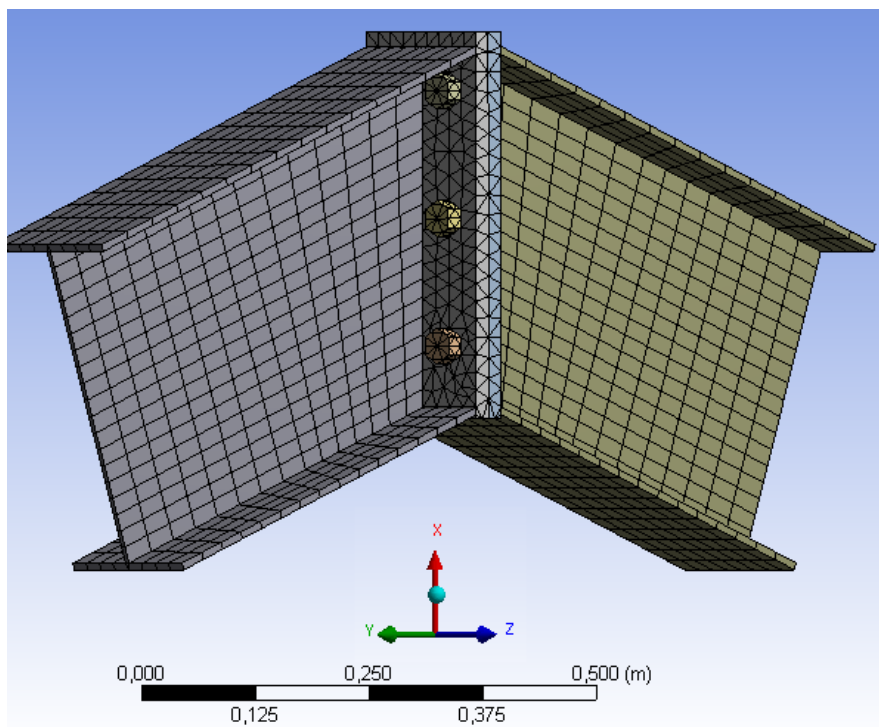
Szelvény	Profil-faktor [m ⁻¹]	Hőmérséklet								
		t=15 perc			t=30 perc			t=45 perc		
		Táblázat [C°]	Képlet [C°]	Hiba %	Táblázat [C°]	Képlet [C°]	Hiba %	Táblázat [C°]	Képlet [C°]	Hiba %
H300-500*5+180*10	189,8	670,1	676,9	1,0	821,8	826,7	0,6	896,2	896,7	0,1
H500-700*5+180*10	216,0	686,2	689,0	0,4	829,1	830,2	0,1	897,3	897,4	0,0
H700-380*6+165*8	219,4	687,0	690,3	0,5	829,4	830,5	0,1	897,4	897,5	0,0
H380*5+165*8	220,0	687,2	690,5	0,5	829,4	830,5	0,1	897,4	897,5	0,0

Mintaépület vizsgálata

- Elemek kritikus hőmérséklete alapján tűzvédő festék szükséges rétegvastagságának gazdaságos megállapítása

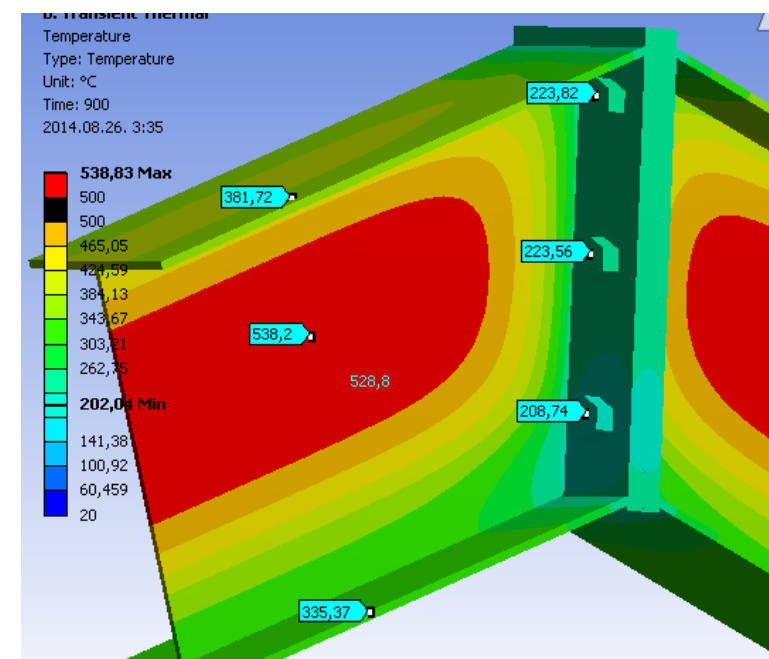
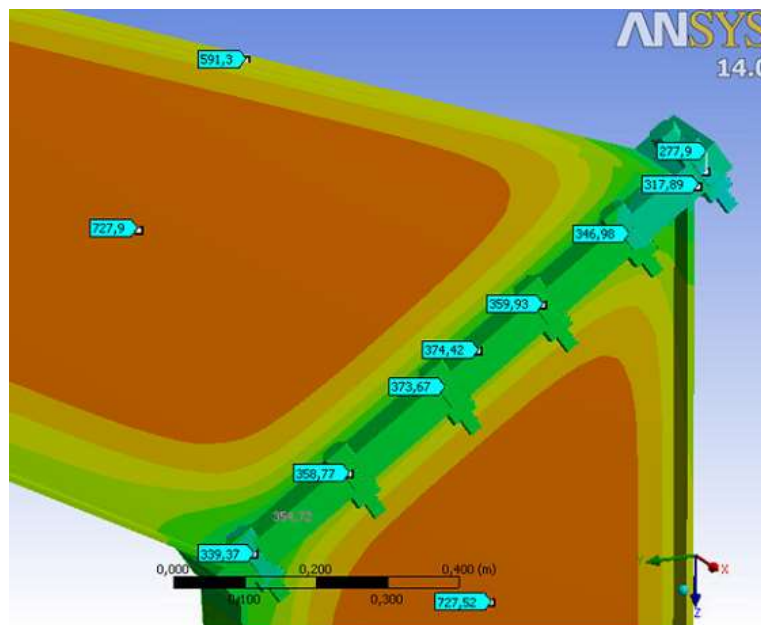
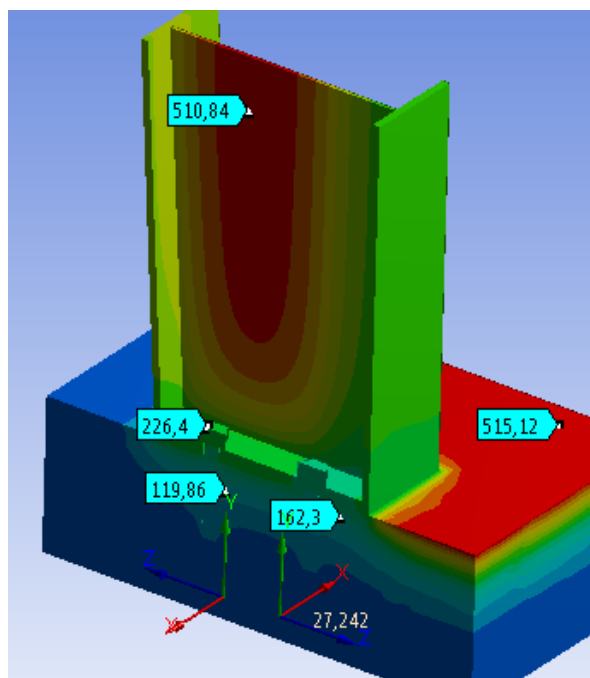
		Szelvény	Profil-faktor [m ⁻¹]	Hőmérséklet	Szükséges festék vastagság (mm)		
				θ_{cr} [C°]	R15	R30	R45
Oszlop	Alsó elem	H300-500*5+180*10	189,8	688	- (1,93)	1,930	1,930
	Felső elem	H500-700*5+180*10	216,0	594	1,930	1,930	1,930
Gerenda	Tetőgerinc	H380*5+165*8	219,4	712	- (0,466)	0,466	0,466
	Közbenső			637	0,466	0,466	0,854
	Kiételés	H700-380*6+165*8	220,0	595	0,466	0,466	1,021

Csomópontok



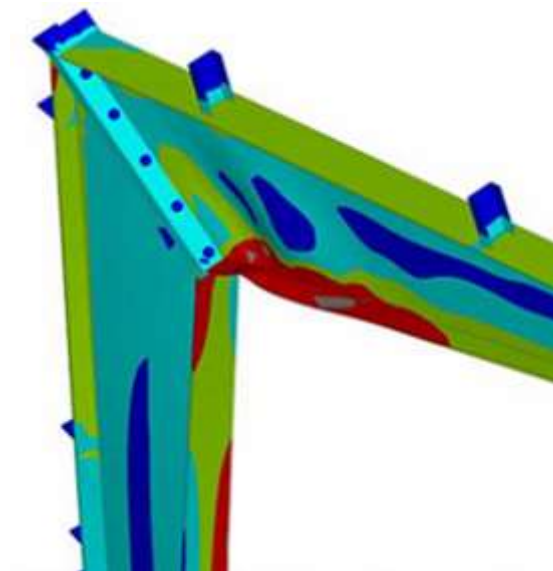
8 DOF Solid70 elemek ANSYS szoftverben modellezve ISO834 tűzhatásnak kitéve

Hőmérsékletek 15 perces tűzhatásra



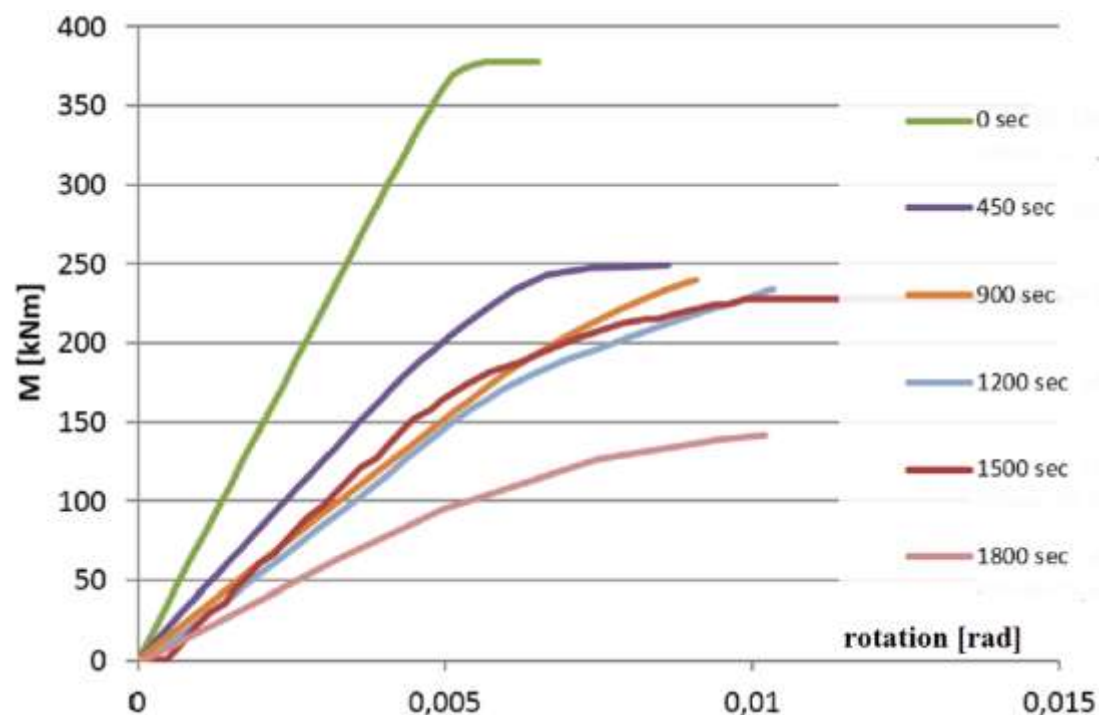
Csomópontok viselkedésének elemzése

- Különböző hőmérséklet-eloszlást kaptunk
- Oszloptalp – a beton hűtőhatása jelentős + a részleges befogás hatása érzékelhető
- Vékony lemezek – helyi horpadások a gátolt hőtágulás miatt
- Végő csomóponti tönkremenetel a csomóponthoz közeli horpadások miatt

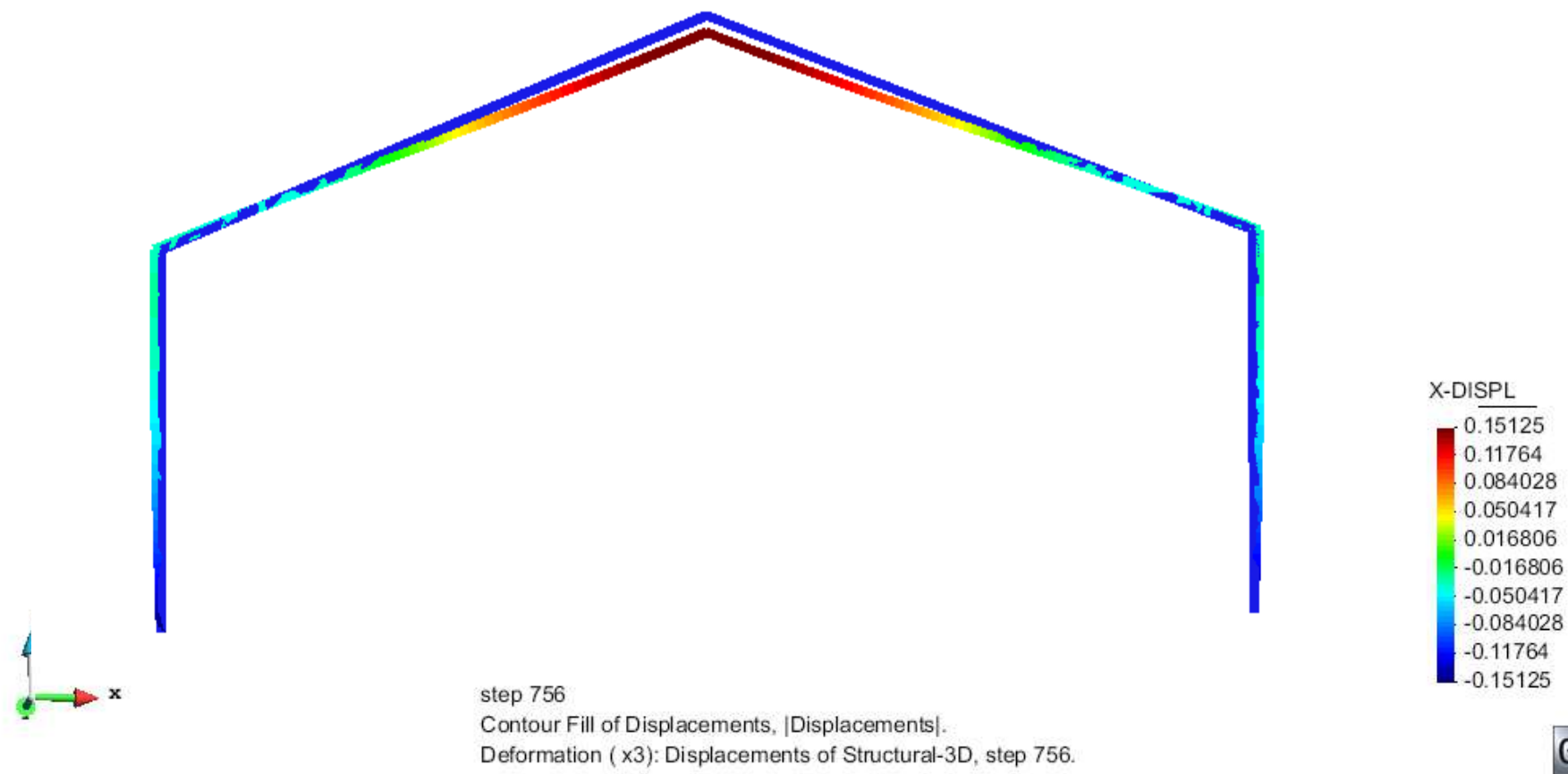


Csomópontok nyomatéki ellenállása

Nyomaték-elfordulás görbék hőmérsékletenként.



Keretszimuláció SAFIR programmal



Összefoglalás

- A mérnöki módszerek a tűzvédelmi tervezésben hatékonyan és alkalmazhatóak, és gazdaságos kialakításhoz vezetnek.
- Az Eurocode alapú módszerek helyes alkalmazása kellően biztonságos tűzvédelmi megoldást eredményez
- A viselkedésalapú méretezés lehetőséget ad a valós tűzhatásoknak kitett tartószerkezet viselkedésének követésére, a tönkremeneteli folyamat elemzésére és hatékony tűzvédelem megtervezésére.
- A tűzvédelmet a tervezés kezdetétől szem előtt kell tartani (beruházó – vezető tervező – tűzvédelmi tervező – statikus együttműködésével)
szemléletformálás!

Köszönöm a
VIII. Lakitelki Tűzvédelmi Szakmai Napok
résztevőinek figyelmét!