



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

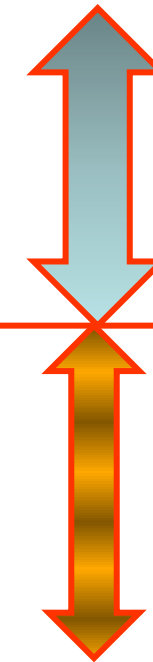
Letölthetők az OKF honlapjáról

<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

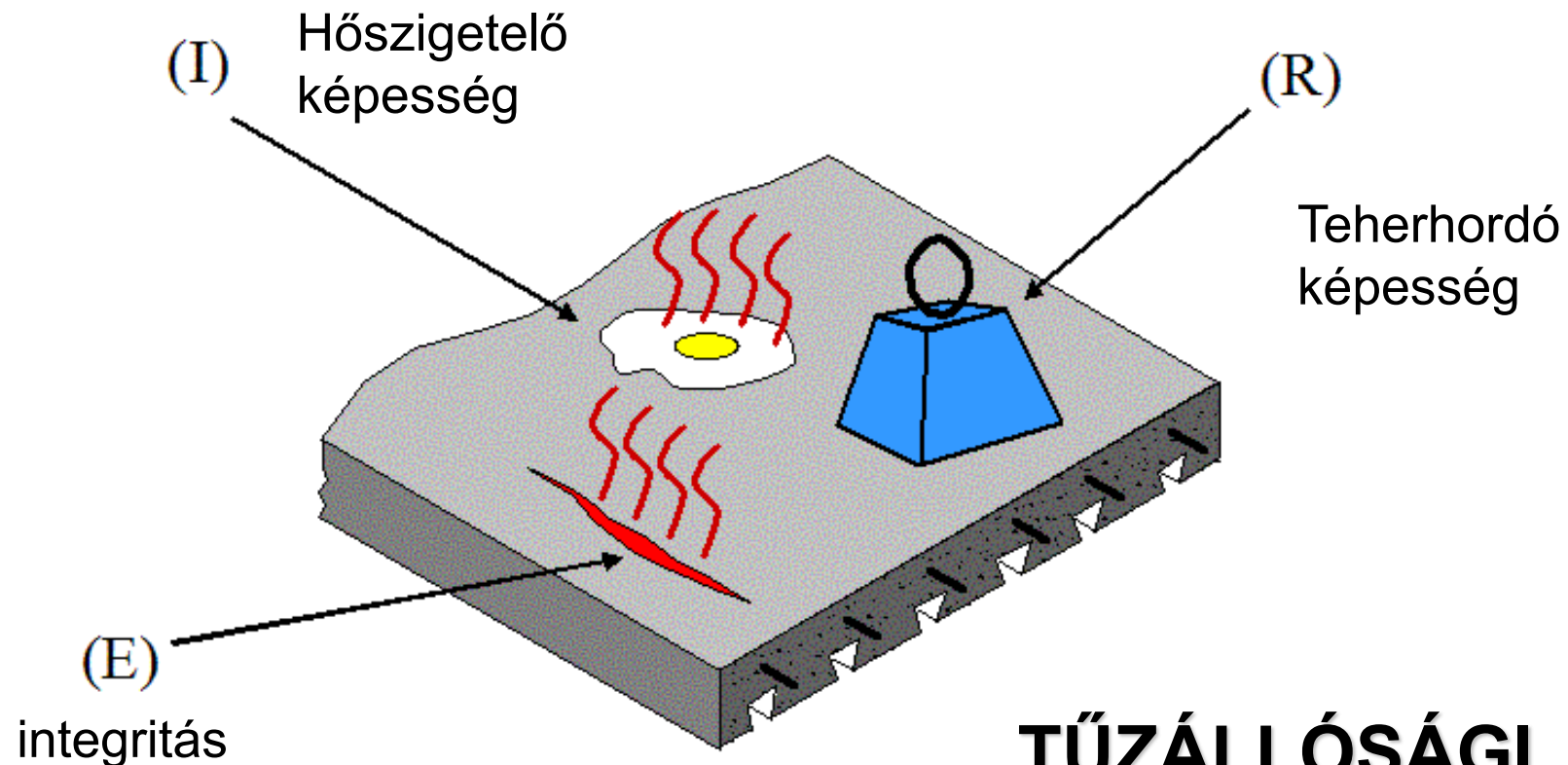
- Építmény tűzveszélyességi besorolása
- Tűzvédelmi szakaszolás
- Tűzvédelmi követelmények kiválasztása
- Tűzvédelmi követelmények igazolása
- Megfelelő szerkezeti megoldások alkalmazása
(épületszerkezetek, részletek, gépészet,
villámvédelem...)



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	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 pincszinti 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	Pincszint feletti, emeletközi, tetőtér alatti és padlásfödémek a tűzterjedésgátlásban szerepet játszó födémekre EI kritérium is vonatkozik a pincszint 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	

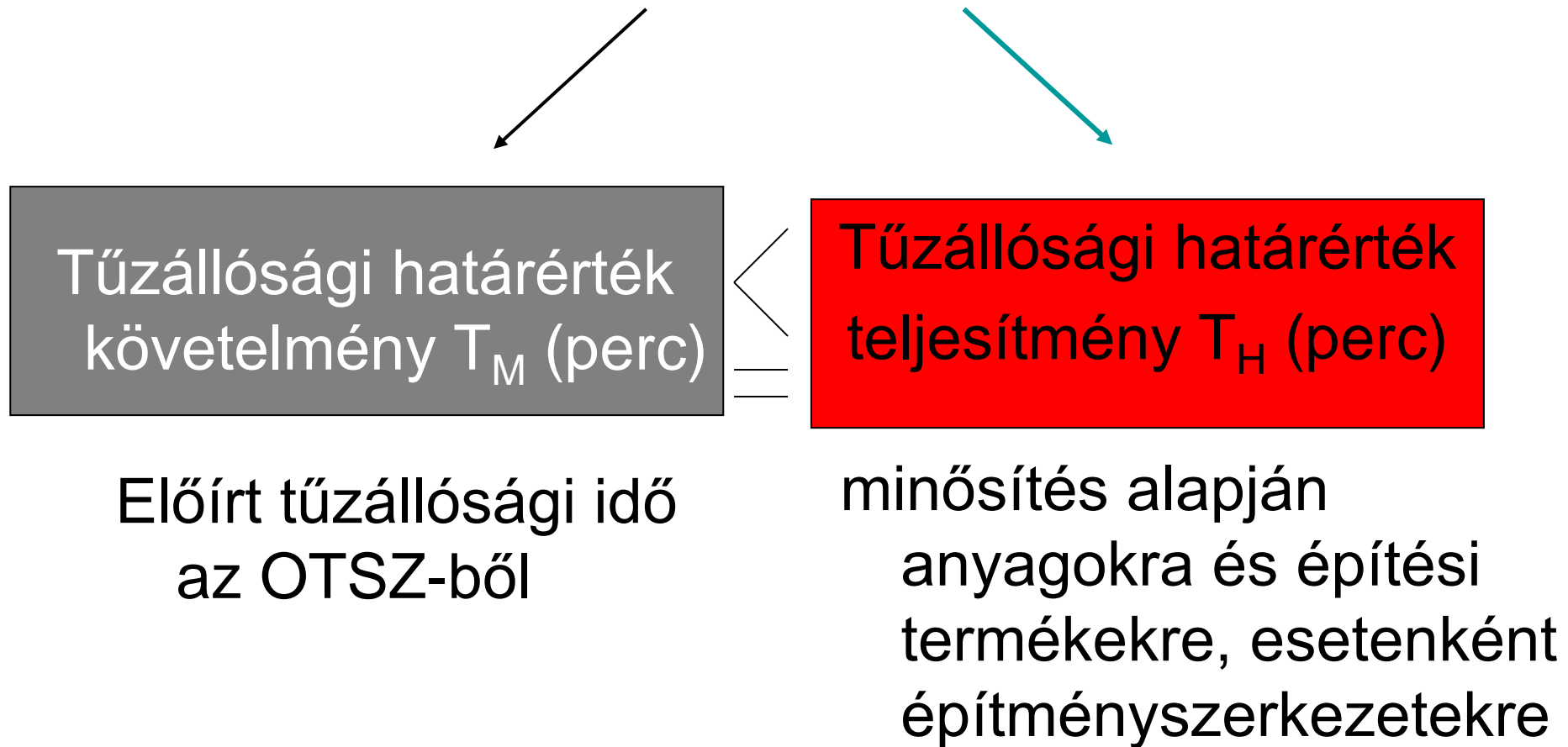
Követelmények OTSZ 2. melléklet

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

Tűzvédelmi osztályba sorolás

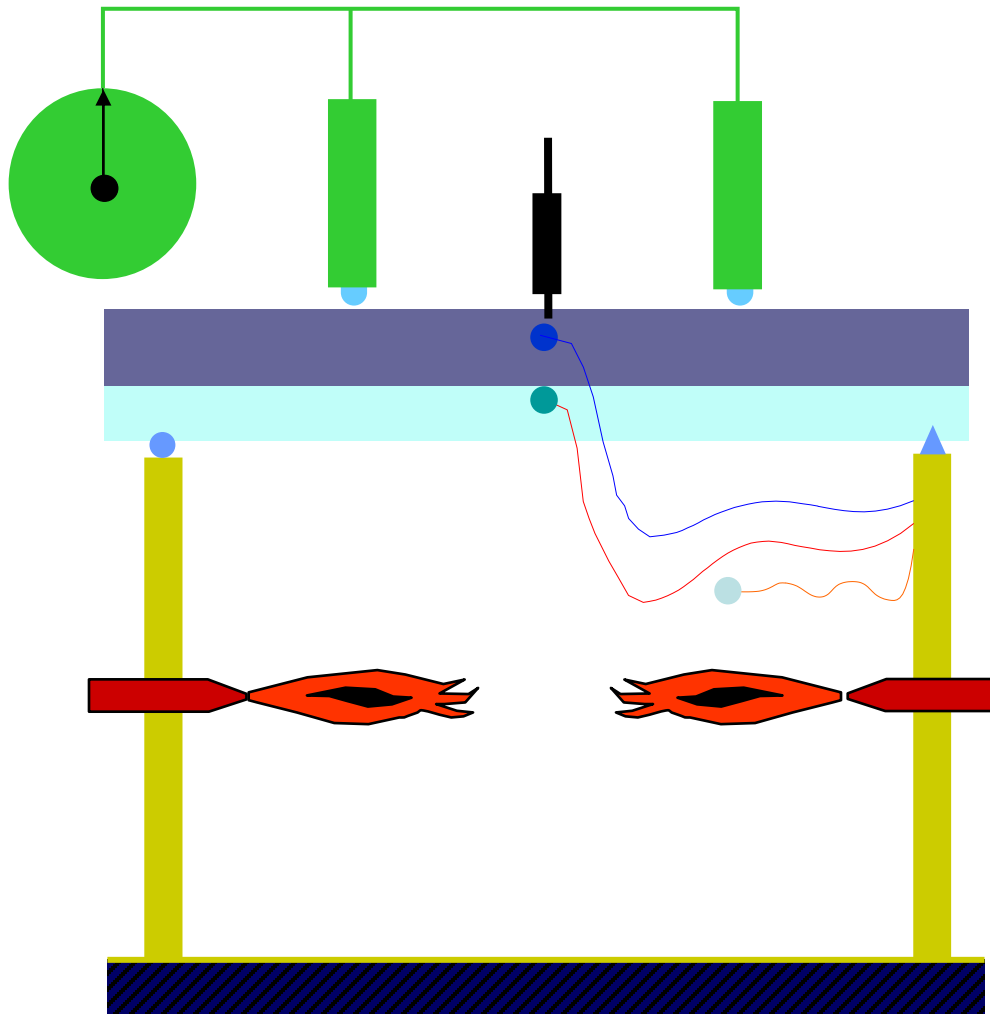
- Tűzvédelmi osztályok A-D-(E-F)
- Besorolás: MSZ EN 13501-1
- Részletes segítség:
 - 11. TvMI 3. és 6. fejezetében, valamint „K” mellékletében

Hagyományos tűztervezés **normatív eljárás**



Szabványos laborvizsgálat

Normatív eljárás



Lehajlás (mm)

300

200

100

0

1200

2400

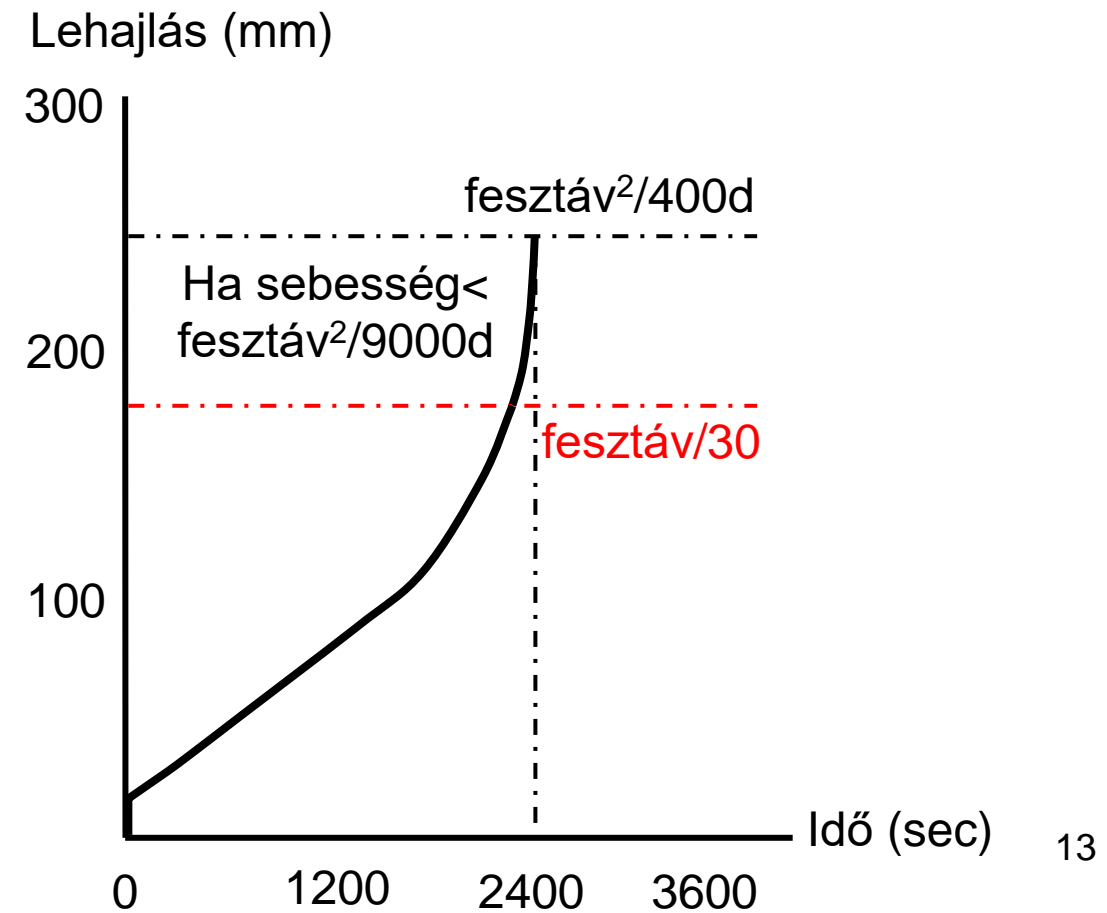
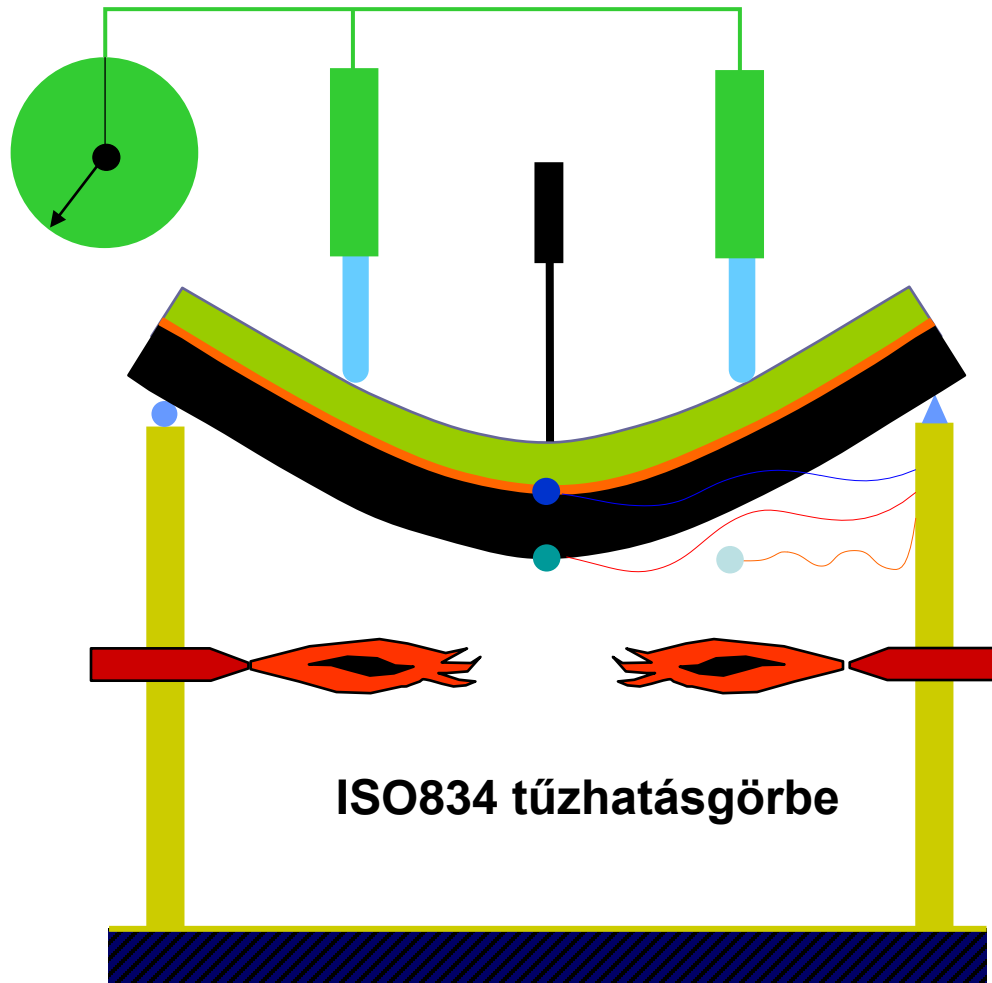
3600

Idő (sec)

12

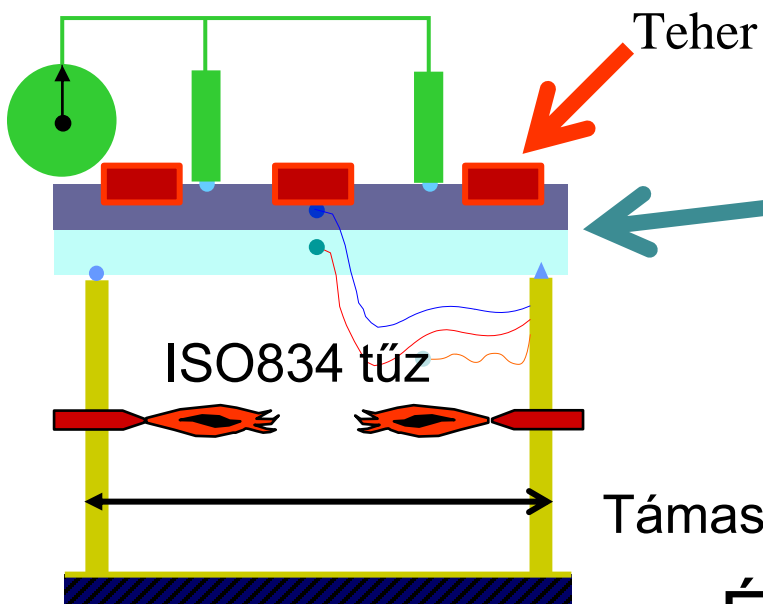
Szabványos laborvizsgálat

Normatív eljárás

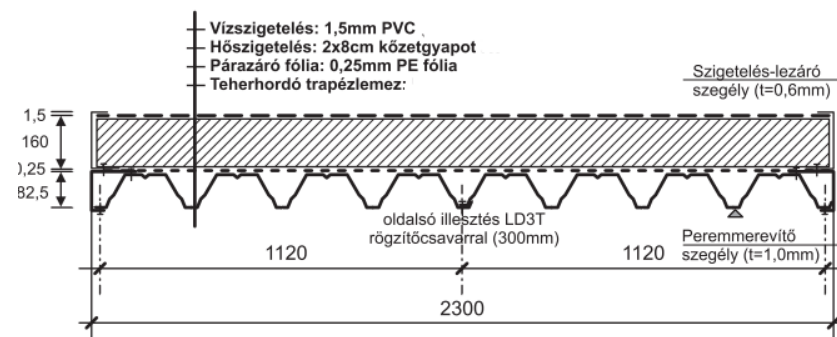


Minősítés laborvizsgálat alapján

Normatív eljárás



Szerkezeti kialakítás



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

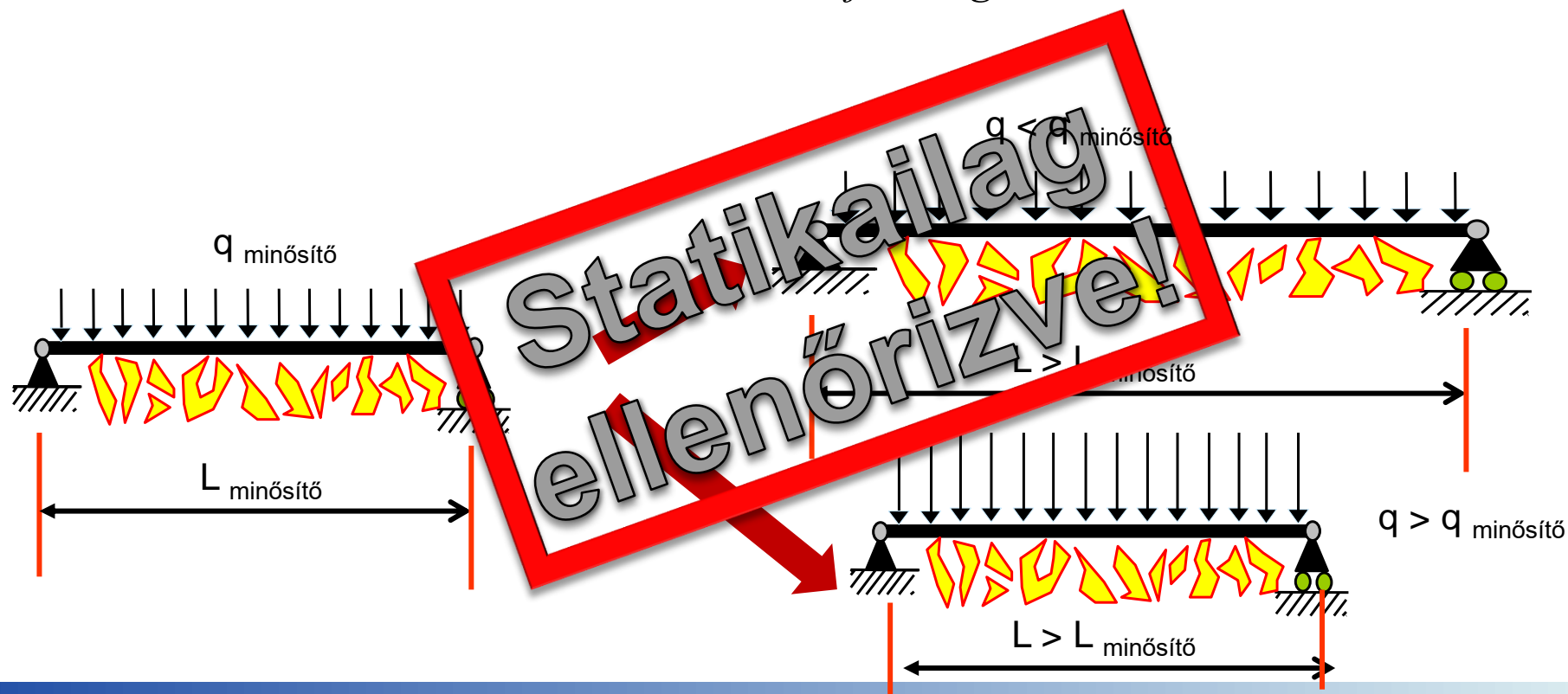
14/47

Minősítés kiterjesztése

Normatív eljárás

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

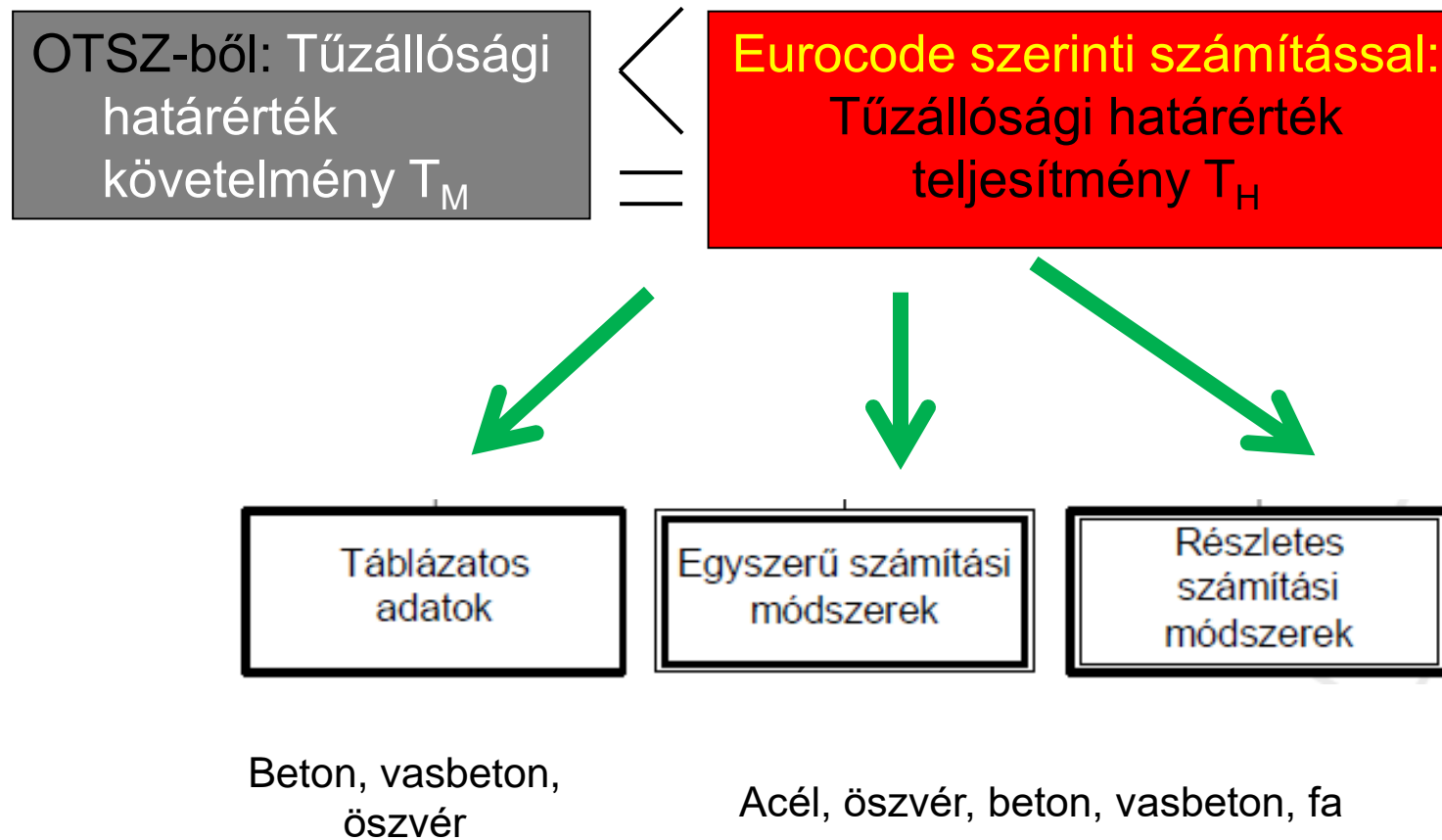
Normatív módszer - összefoglalás

- Új építménynél: tűzállósági teljesítmény dokumentumból
- Dokumentumban 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 kísérlettel igazolt számítási eljárások
- szabványosítva (Eurocode)
- OTSZ használatukat a laborkísérlettel 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

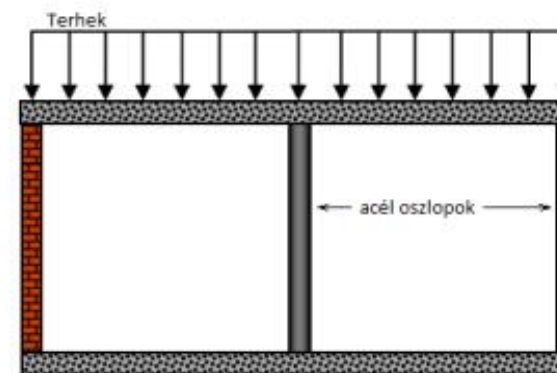
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



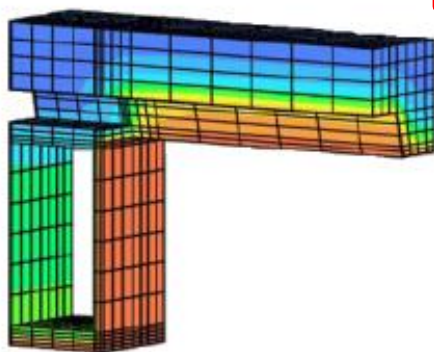
1. Gyújtóhatás



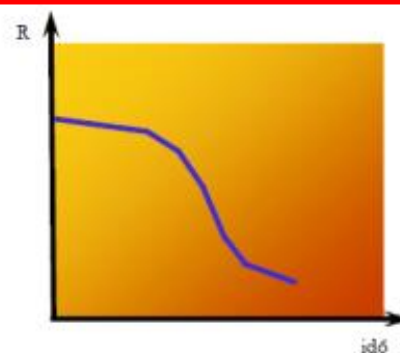
2. Termikus hatás



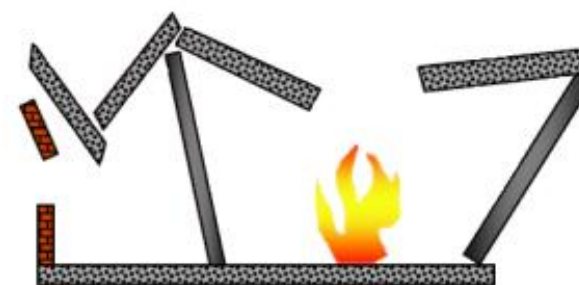
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás

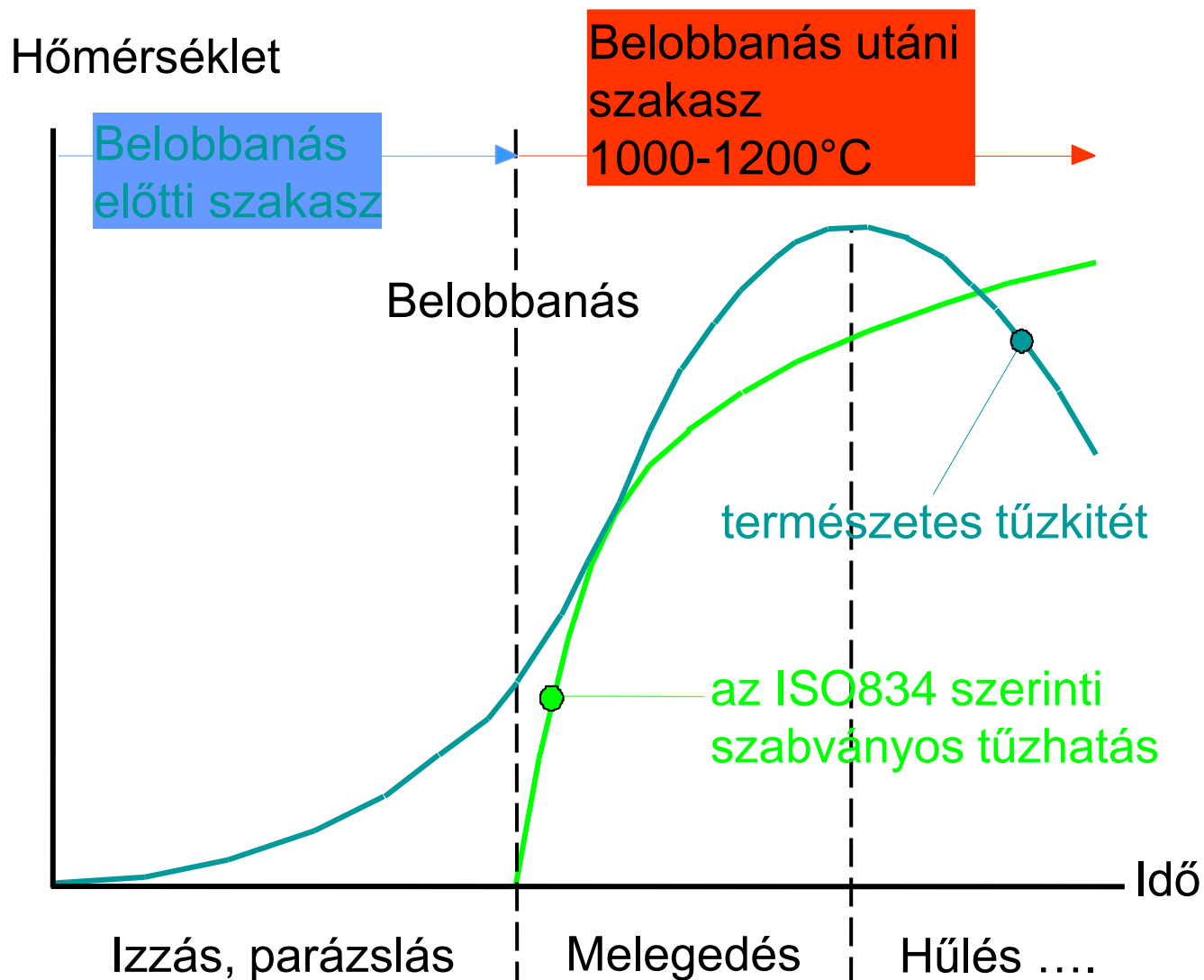


5. Mechanikai reagálás



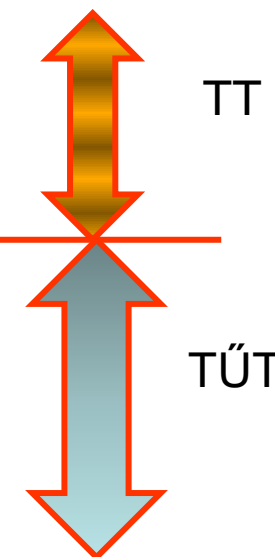
6. Lehetséges összeomlás

A természetes tűzfolyamat fázisai



Tűzhatások modellezése és gázhőmérsékletek megállapítása

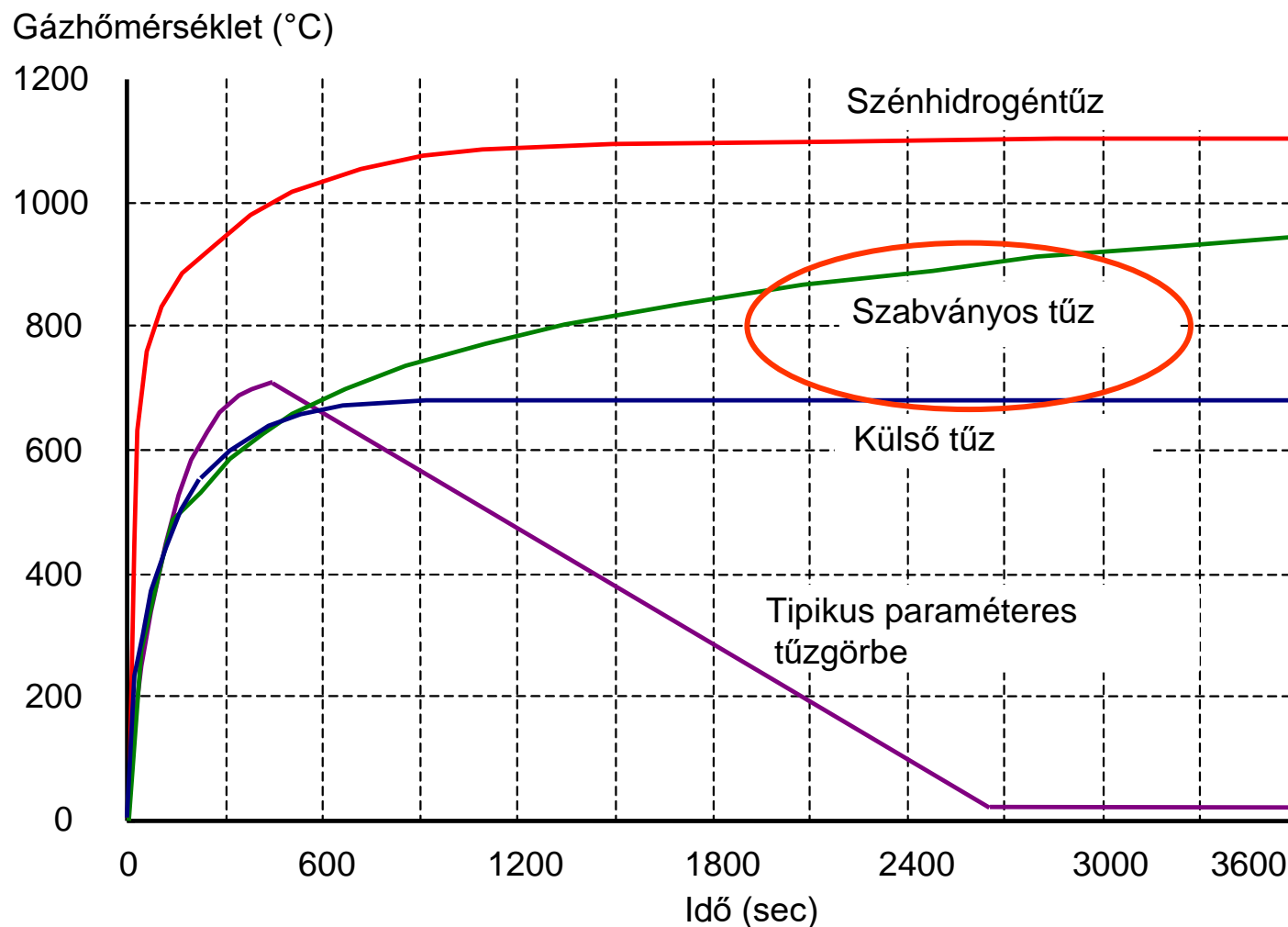
- Névleges tűzhatás-görbék (tűzkitéti görbék)
 - Csak a belobbanás utáni állapotot veszi figyelembe
- Lokális tűzmodellek a belobbanás előtti állapotra
- Tűzhatás szimulációja / tűzszimuláció
 - Tűzfolyamat számítógépi végeselemes követése



Egy időben csak EGY tűszakaszban van tűz – tűz-szenáriók

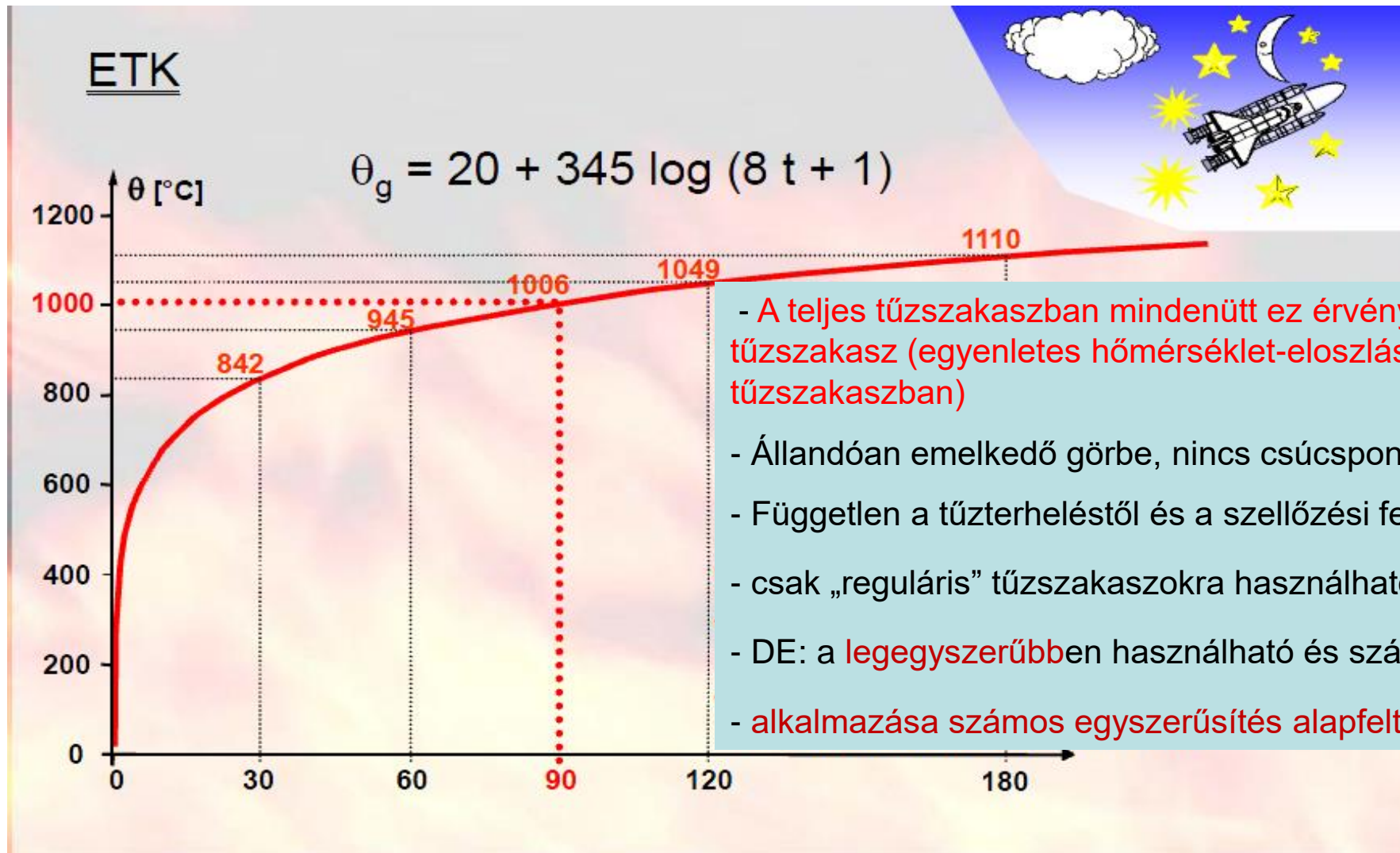
Névleges tűzhatás-görbék – tűzkitéti görbék

- 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



- A teljes tűszakaszban mindenütt ez érvényes, akármilyen nagy is a tűszakasz (egyenletes hőmérséklet-eloszlást feltételez a teljes tűszakaszban)
- Állandóan emelkedő görbe, nincs csúcspont és hanyatló ág
- Független a tűzterheléstől és a szellőzési feltételektől
- csak „reguláris” tűszakaszokra használható
- DE: a **legegyszerűbben** használható és számolható
- **alkalmazása számos egyszerűsítés alapfeltétele**

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!**

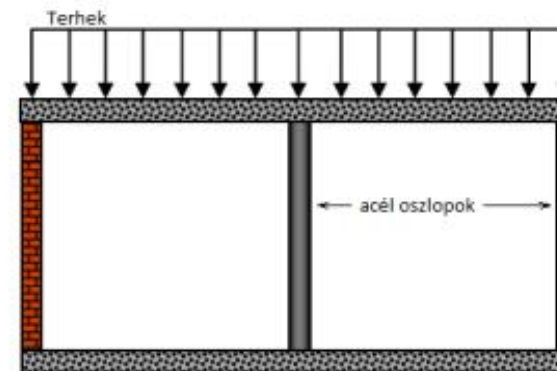
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



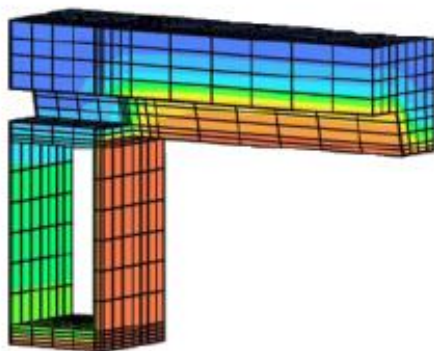
1. Gyújtóhatás



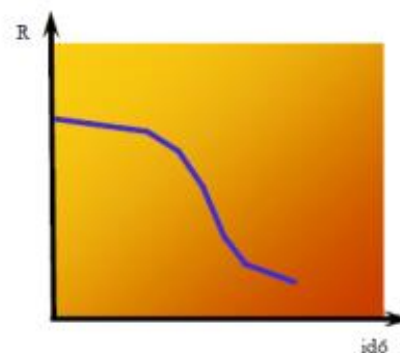
2. Termikus hatás



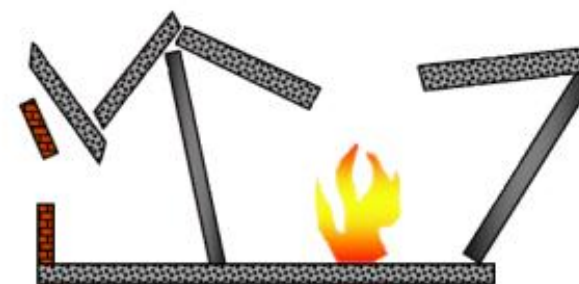
3. Mechanikai hatás



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 tűzszakaszban lévő gáz a tartószerkezeti elemek felületén adja át a hőt
- Felületen: hősugárzás + 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 folyamán

EC 1-1-2

EC 2-1-2

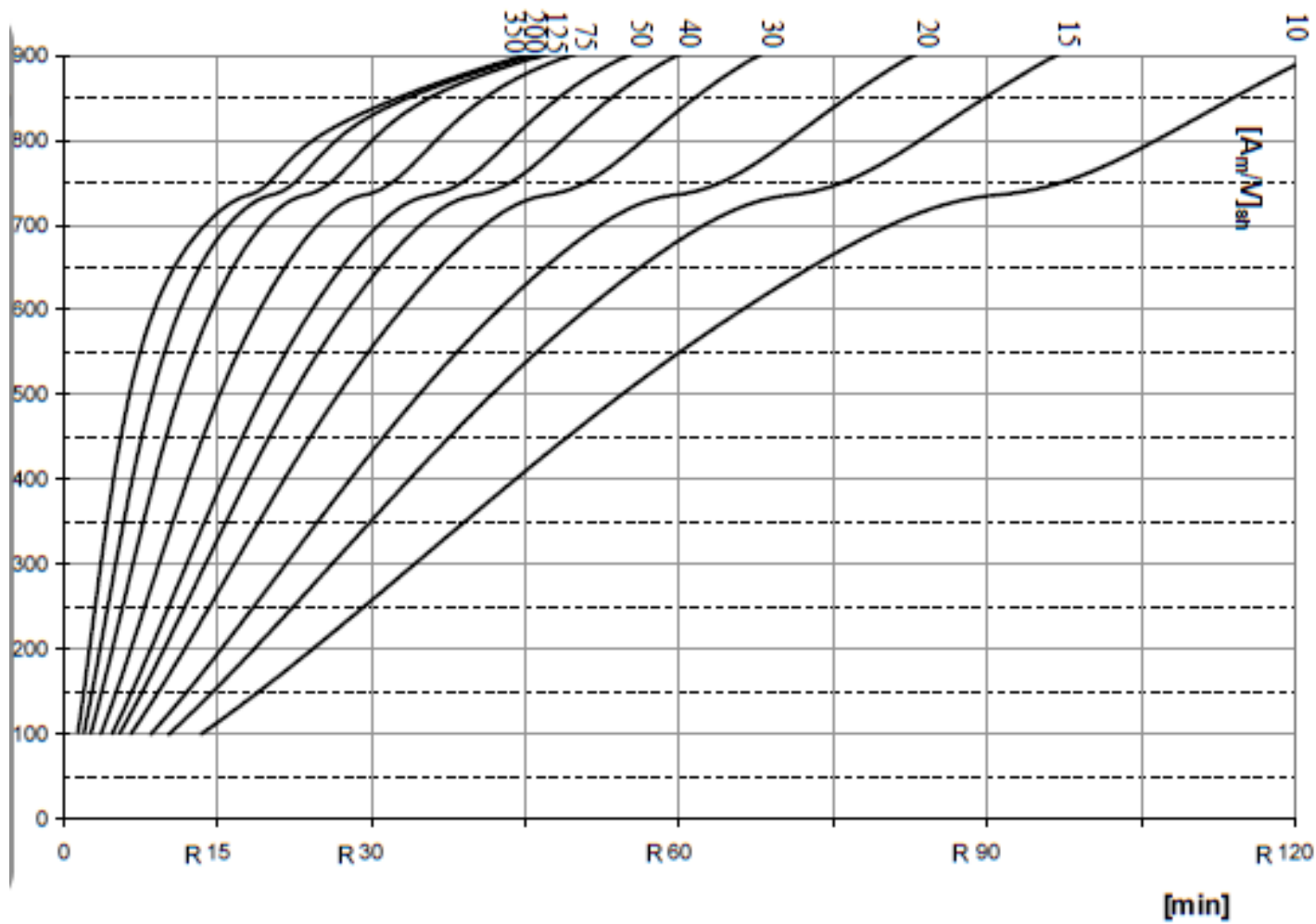
EC 3-1-2

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

EC 3-1-2



3. Nomogram for unprotected steel members



Data: Nomogram for unprotected members
SD004a-EN-EU

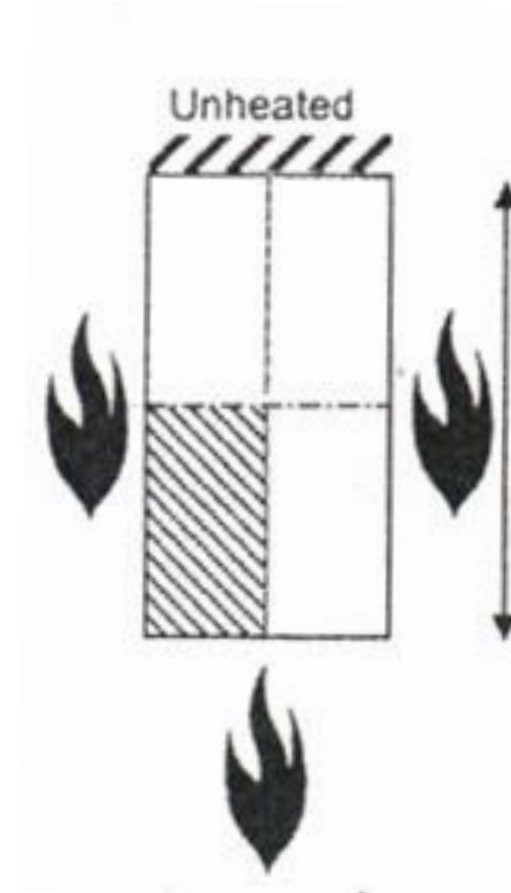
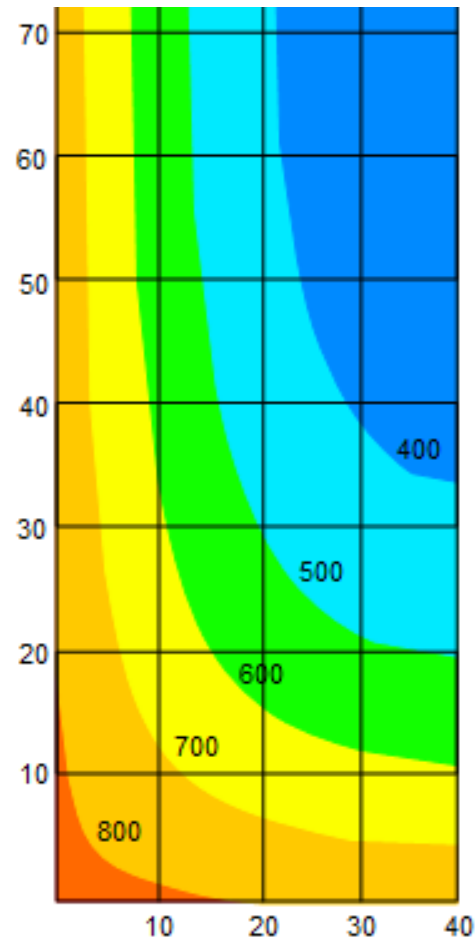


VB gerenda 2D hőmérsékleti analízise

EC 2-1-2

Vb. gerenda hőmérséklet-eloszlása (izotermák)

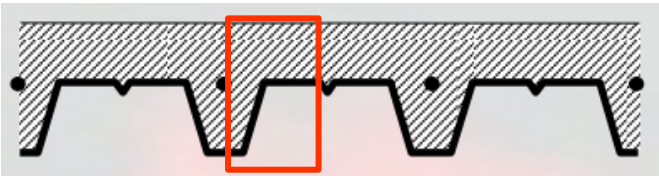
**EC2-1-2
vagy FEM számítás**



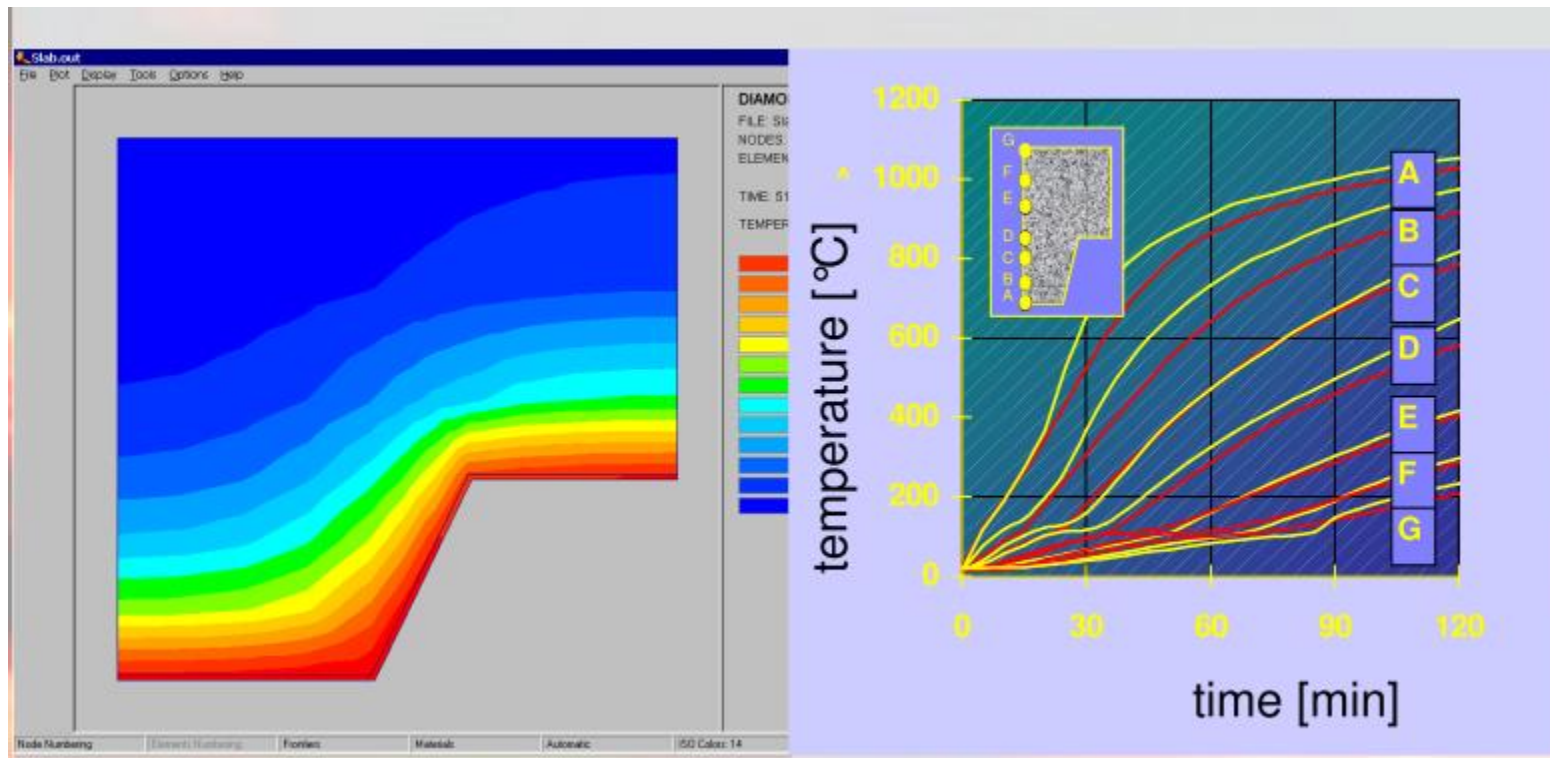
Öszvérfödém 2D hőmérsékleti analízise

FEM számítás

EC 4-1-2



Acél trapézlemez + beton



FEM számítás

kísérleti mérés és számítás



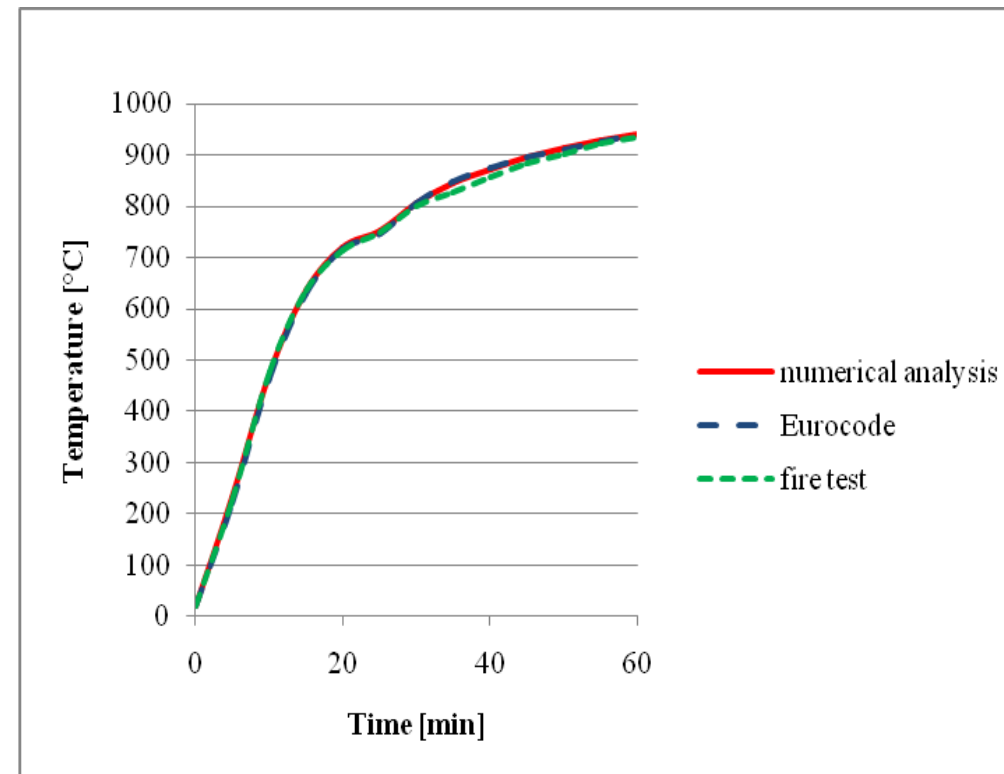
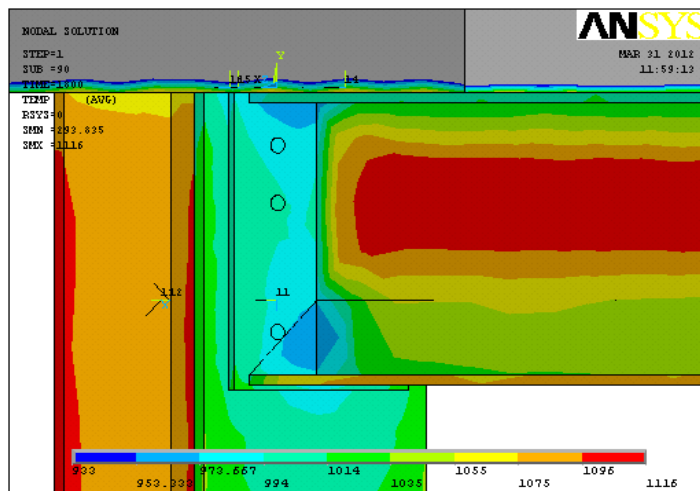
3D hőmérsékleti analízis – szerkezeti csomópont

FEM számítás

EC 3-1-2

Gerenda alsó övének hőmérséklete - összehasonlítás

Hőmérséklet-eloszlás



[Erdélyi Anka MSc.diplomatervéből]

34/47

Tűzkísérletek – mért eredmények

1:1 léptékű építményeken

Video:

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

Cardington fire tests



5/47

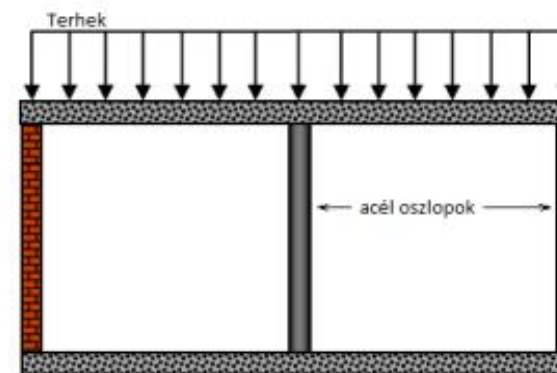
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



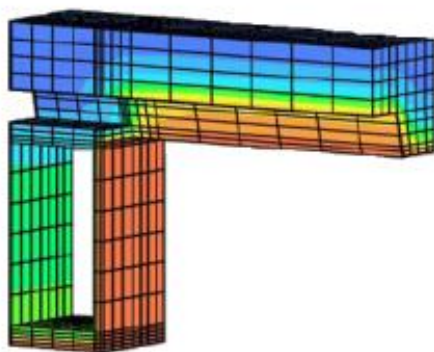
1. Gyújtóhatás



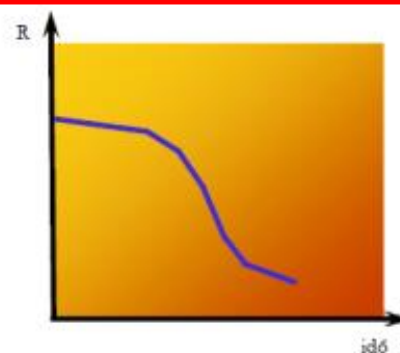
2. Termikus hatás



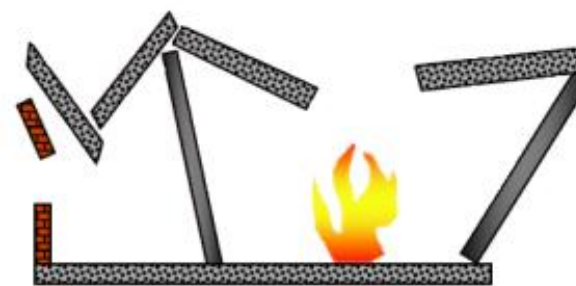
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



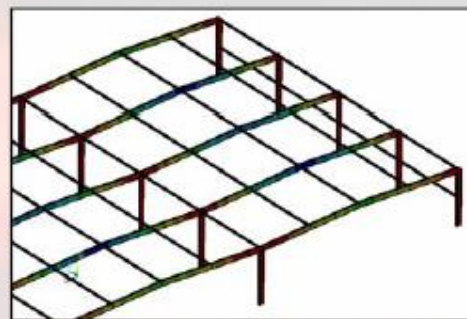
5. Mechanikai reagálás



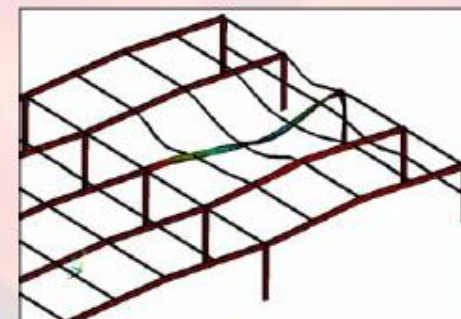
6. Lehetséges összeomlás

Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

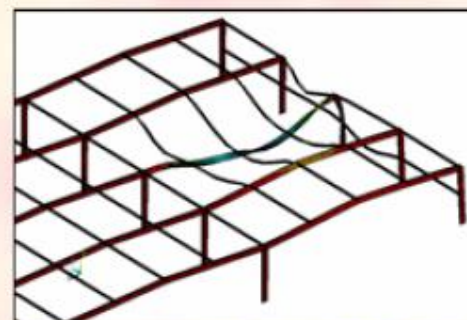
- A hőmérséklet nő → hőtágulás + merevség és ellenálló képesség elvesztése → járulékos deformáció ⇒ **összeomlás lehetősége**



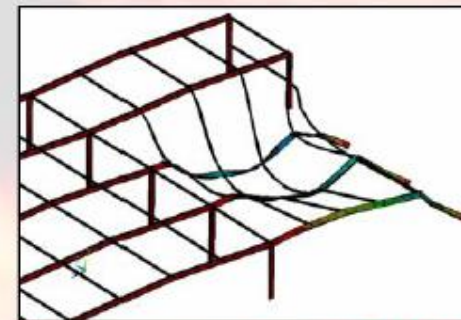
t = 0 $\theta = 20^{\circ}\text{C}$



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



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



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

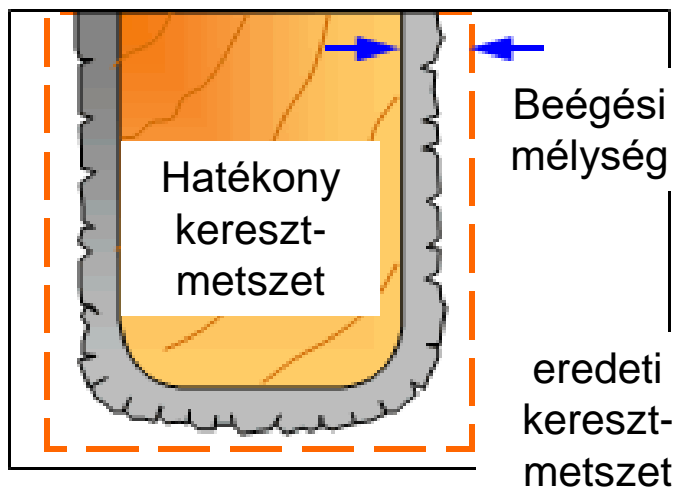


Tartószerkezet reagálása tűzhatásra

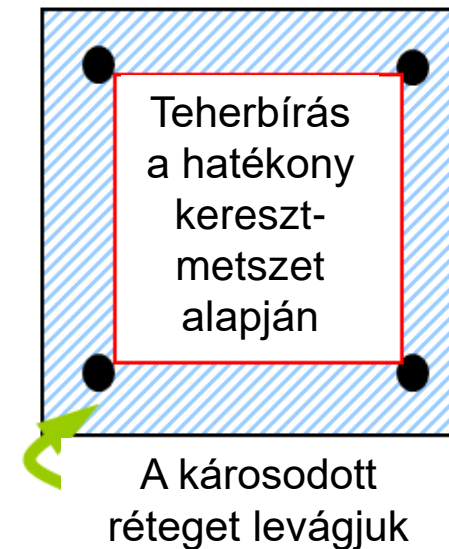
Nagyon anyagfüggő !!

- Acél, fémek: szilárdság és merevség leépül

- fa:



- vasbeton:



- Szakszabvány ad útmutatást

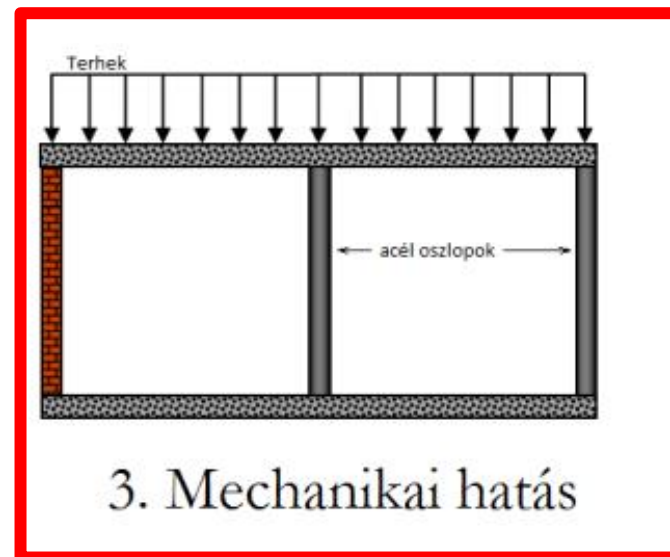
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



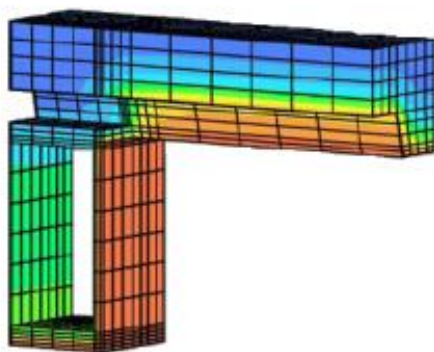
1. Gyújtóhatás



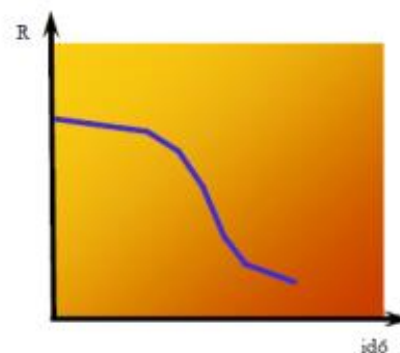
2. Termikus hatás



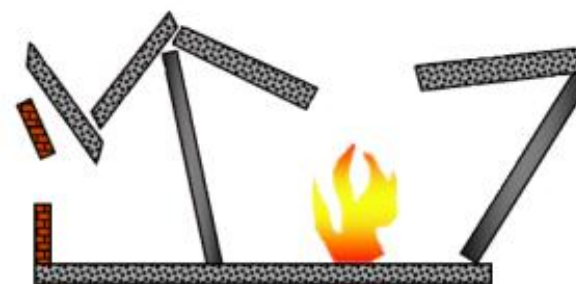
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás



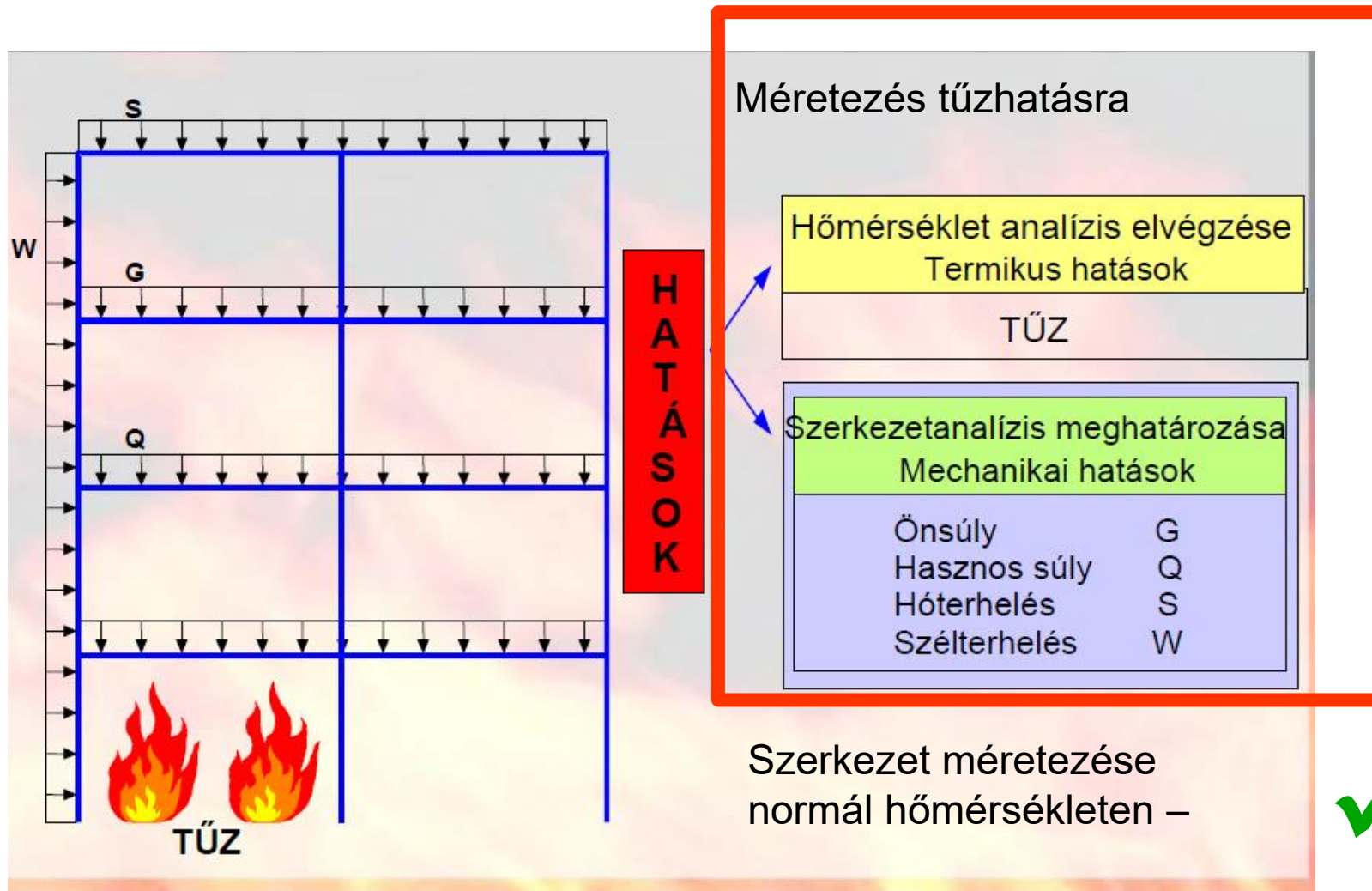
5. Mechanikai reagálás



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

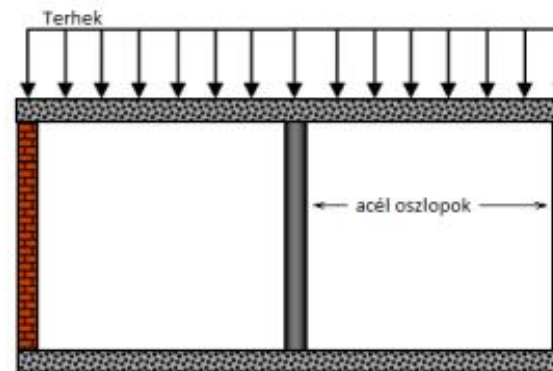
Tűzhatásnak kitett tartószerkezetek viselkedése



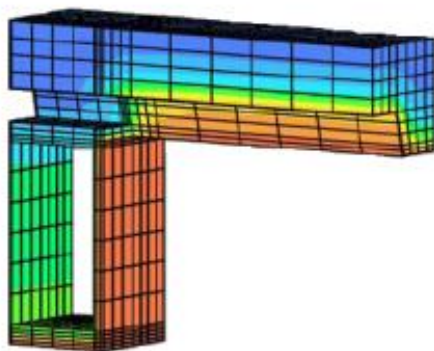
1. Gyújtóhatás



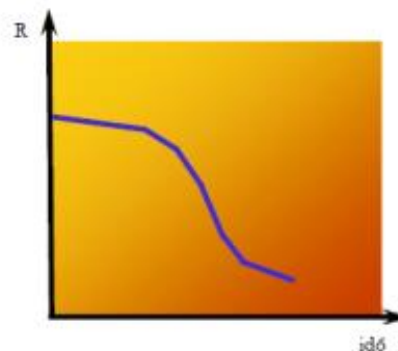
2. Termikus hatás



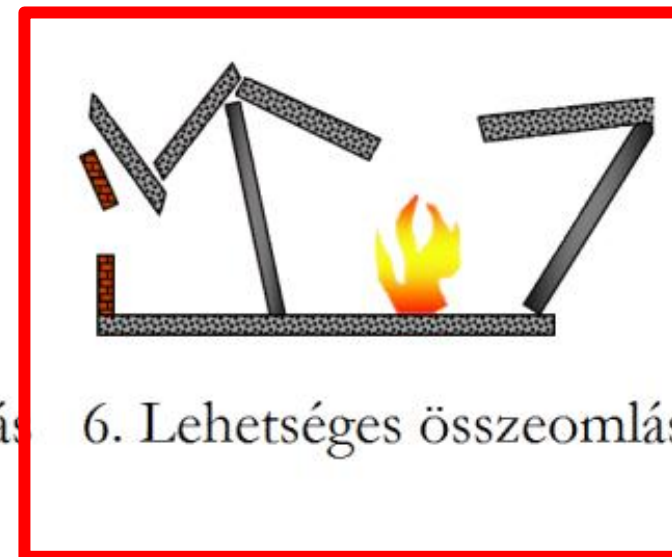
3. Mechanikai hatás



4. Termikus reagálás

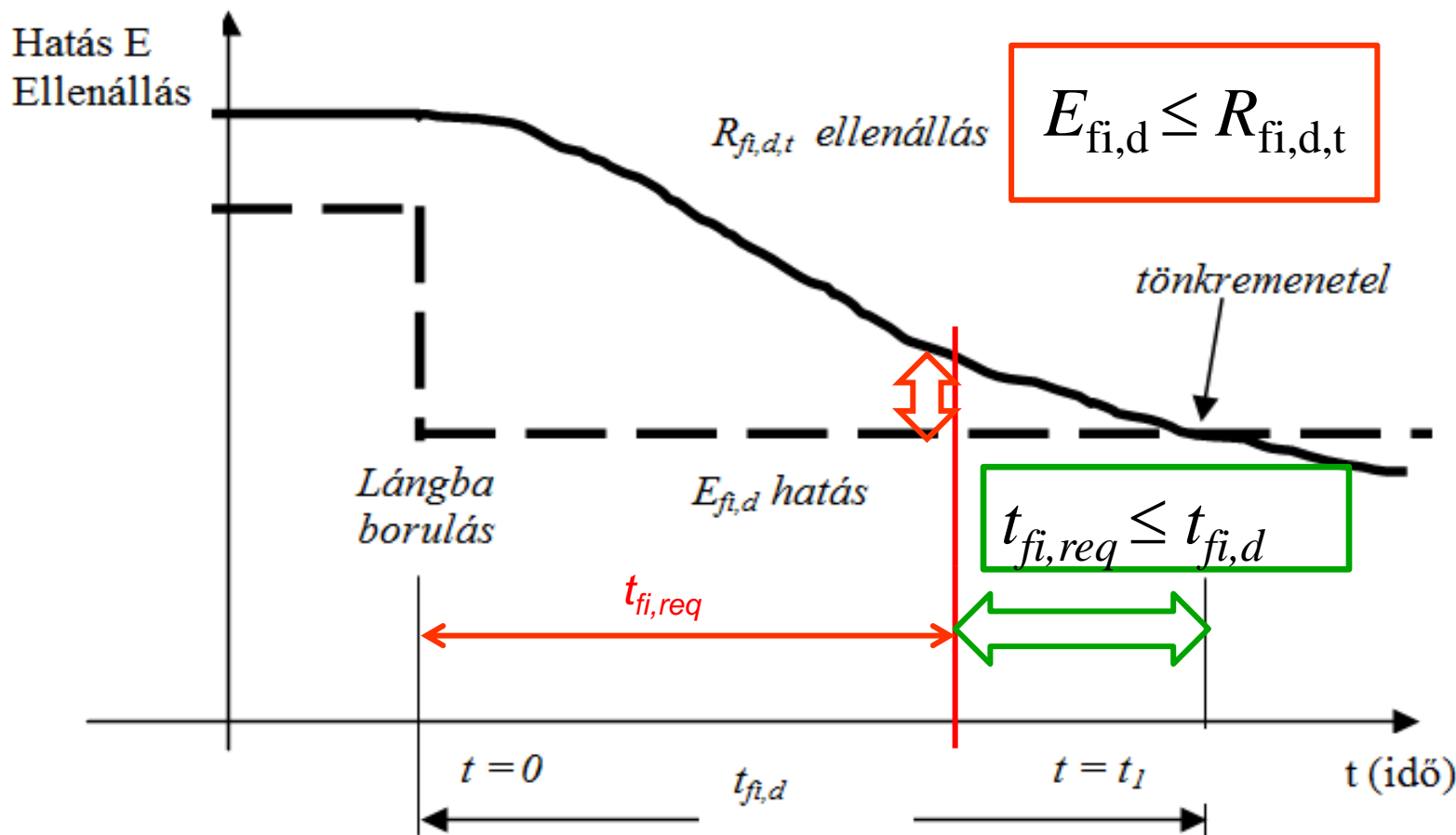


5. Mechanikai reagálás

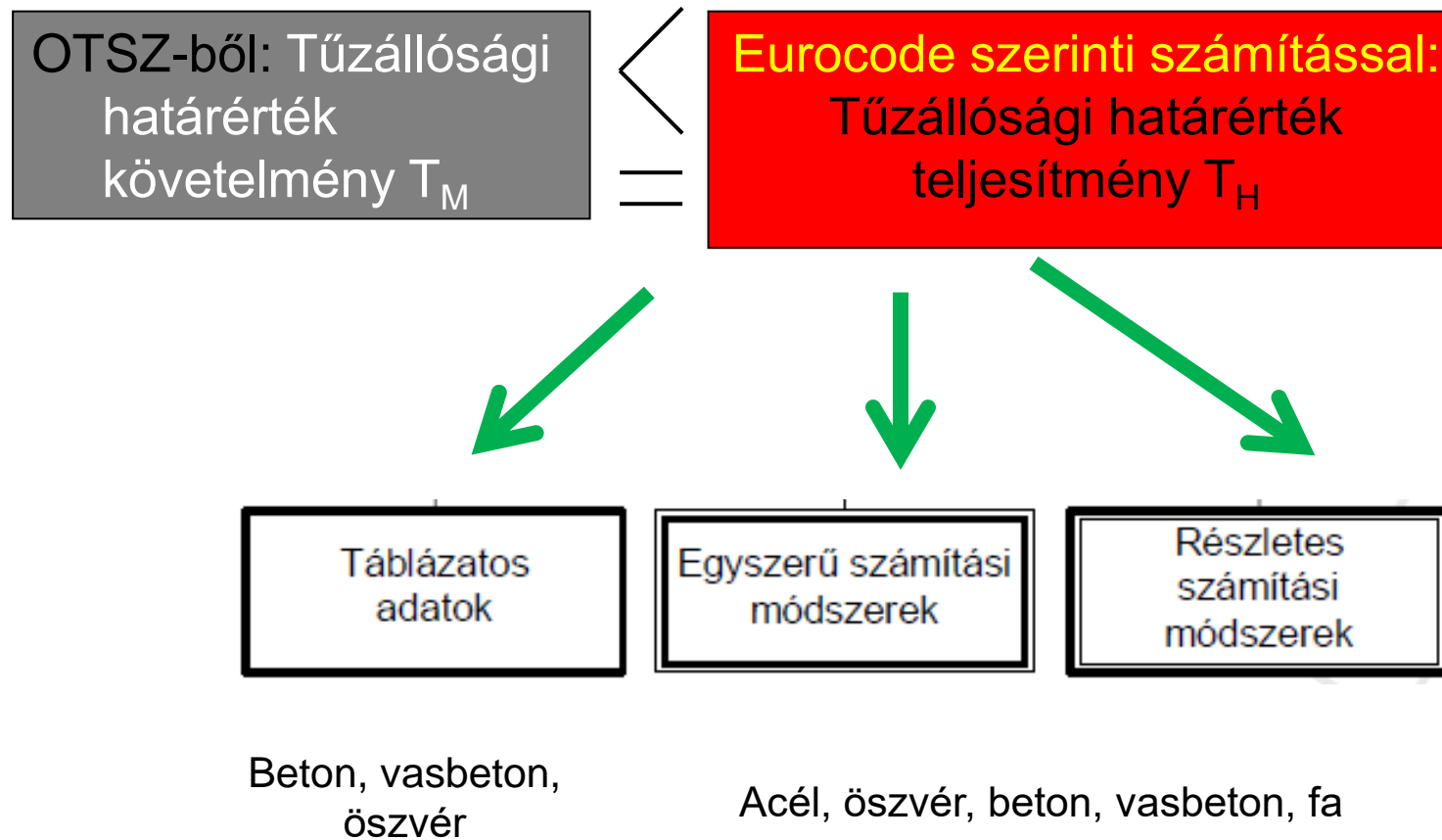


6. Lehetséges összeomlás

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....