



КОМОРА НА ОБЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И ОБЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ НА МАКЕДОНИЈА

ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОЖАРНА БЕЗБЕДНОСТ НА ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ

Проф. д-р Петар Цветановски, дипл.град.инж.
Универзитет “Св.Кирил и Методиј” - Градежен факултет
Катедра за метални конструкции

ПРОЕКТИРАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ

ЕС3 - Part 1-2: Проектирање на конструкцијата за пожарна состојба
ЗАКОН ЗА ГРАДЕЊЕ – член 5

ЕС3-1-2 ги опишува принципите, условите и правилата за проектирање на челични конструкции на згради изложени на пожар

Целите на проектирањето на конструкцијата за пожарна состојба се:

- обезбедување на носивоста во определено време

- ограничување на ширењето на пожарот и чадот во објектот
- ограничување на ширењето на пожарот на соседните објекти
- безбедна евакуација на корисниците на објектот
- безбедност на противпожарната служба

Еврокодот ги третира пасивните методи за пожарна заштита.

Активните мерки за пожарна заштита не се разгледуваат, истите се предмет за нормирање на пожарната отпорност.

ПОЖАРНА НОСИВОСТ НА ЧЕЛИЧНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

ПОЖАРНА СОСТОЈБА:

ДЕГРАДАЦИЈА НА МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ

ПРОЦЕС НА БРЗО ЗАГРЕВАЊЕ

- Сукцесивен пад на носивоста
- Пораст на деформациите
- Проблеми со стабилноста

НЕЗАШТИТЕНИ ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ:

Зависно од пожарното сценарио и интензитетот на пожарот, релативно брза појава на поголеми оштетувања и лом на носечката конструкција.

ПОЖАРНА ОДНЕСУВАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИТЕ КОНСТРУКЦИИ



ПОЖАРНА ОДНЕСУВАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

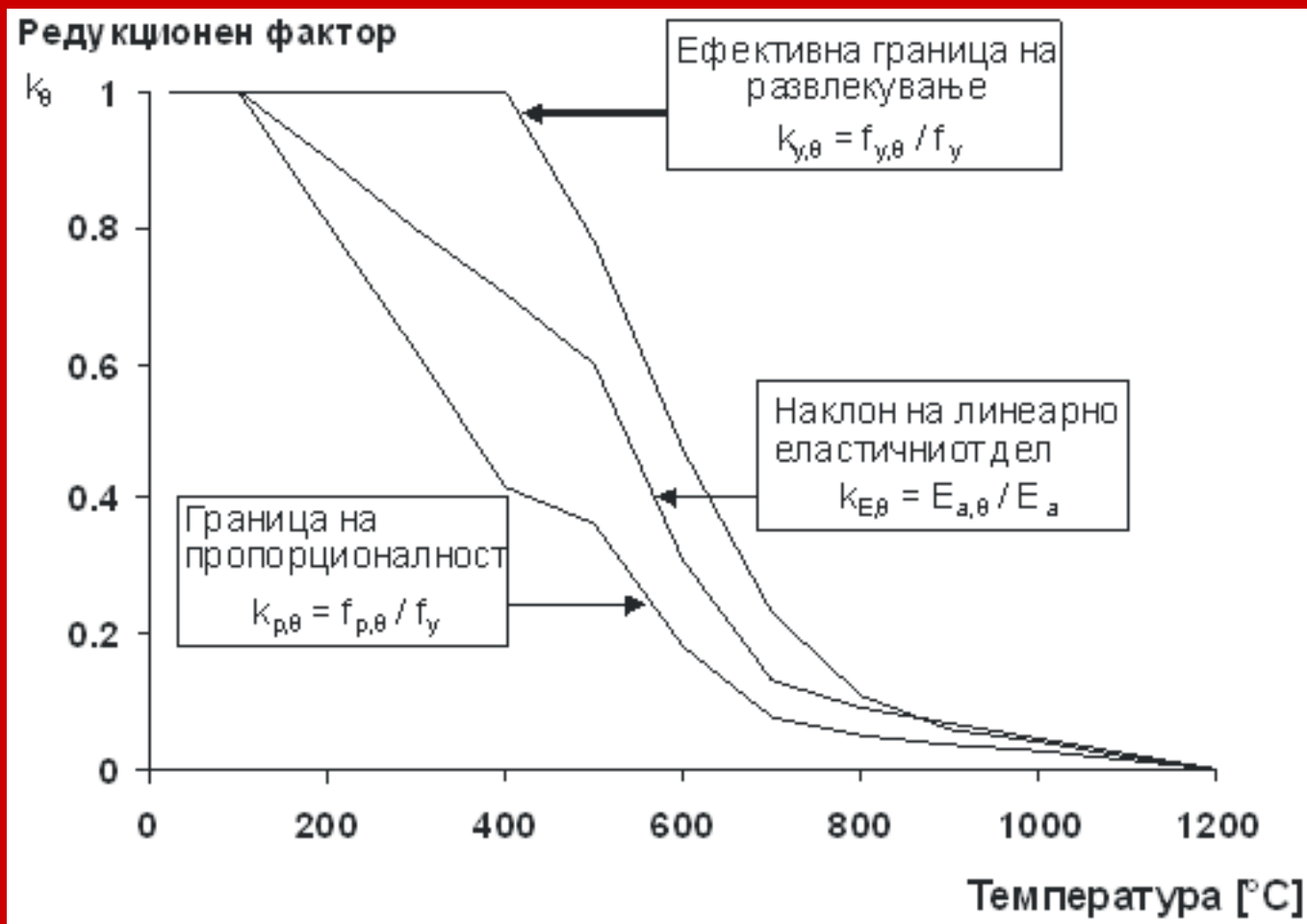


ПОЖАРНА ОДНЕСУВАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИТЕ КОНСТРУКЦИИ



ПОЖАРНА ОДНЕСУВАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

МЕХАНИЧКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЧЕЛИКОТ НА ПОВИШЕНИ ТЕМПЕРАТУРИ



ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ОСНОВЕН КРИТЕРИУМ ВО ДОМЕНОТ НА НОСИВОСТА:

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

t - време на пожарна изложеност

НОМИНАЛЕН (СТАНДАРДЕН) ПОЖАР

t - пропишано време на пожарна изложеност

ПАРАМЕТАРСКИ ПОЖАР

t - целокупното време на моделираното пожарно дејство

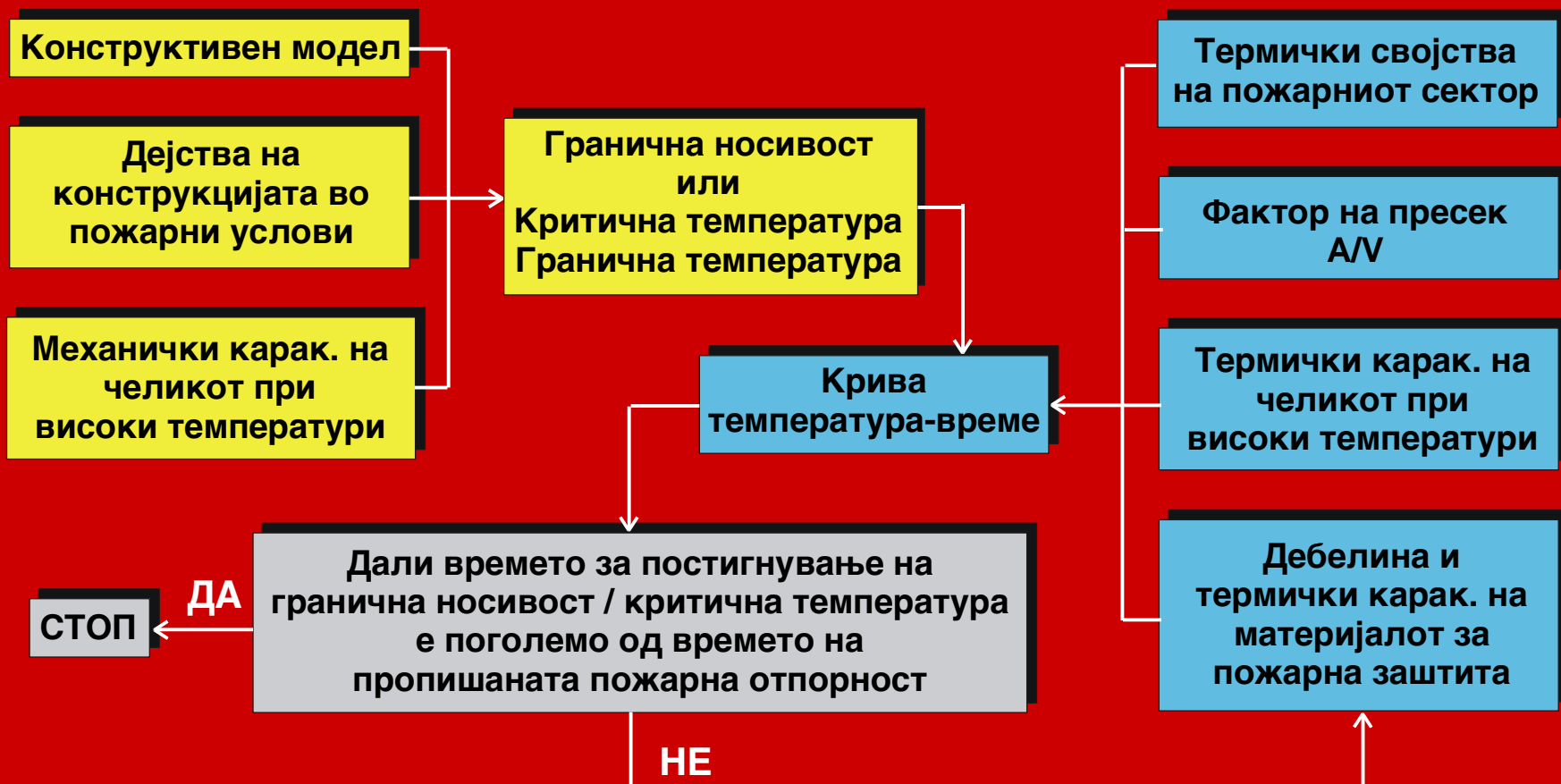
КРИТЕРИУМ ВО ДОМЕНОТ НА ДЕФОРМАЦИИТЕ:

Се разгледува само за потребите на заштитата и, евентуално, за разделната конструкција на пожарните сектори

ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

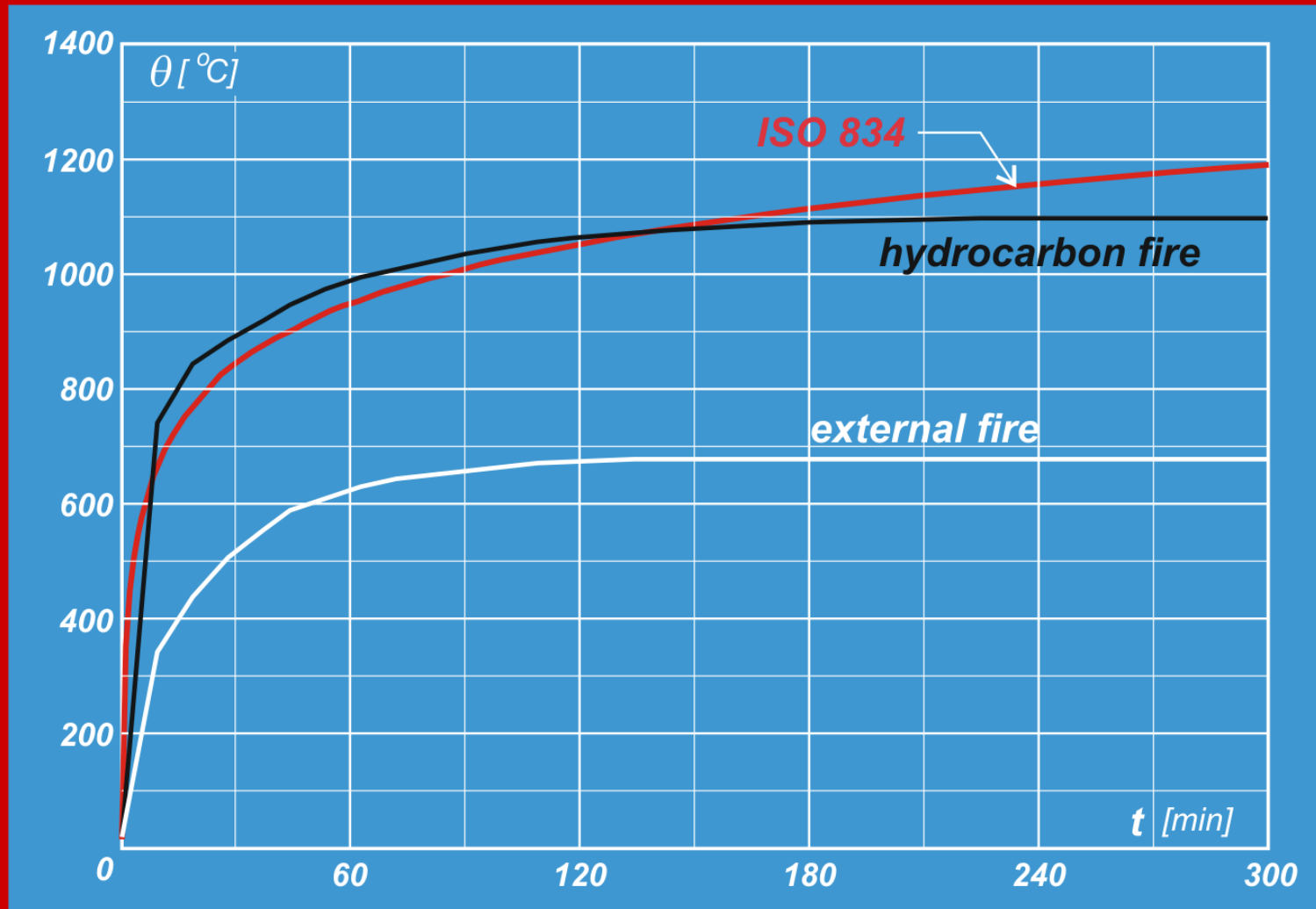
КОНСТРУКТИВНА АНАЛИЗА

ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА



СТАНДАРДИЗИРАНИ КРИВИ

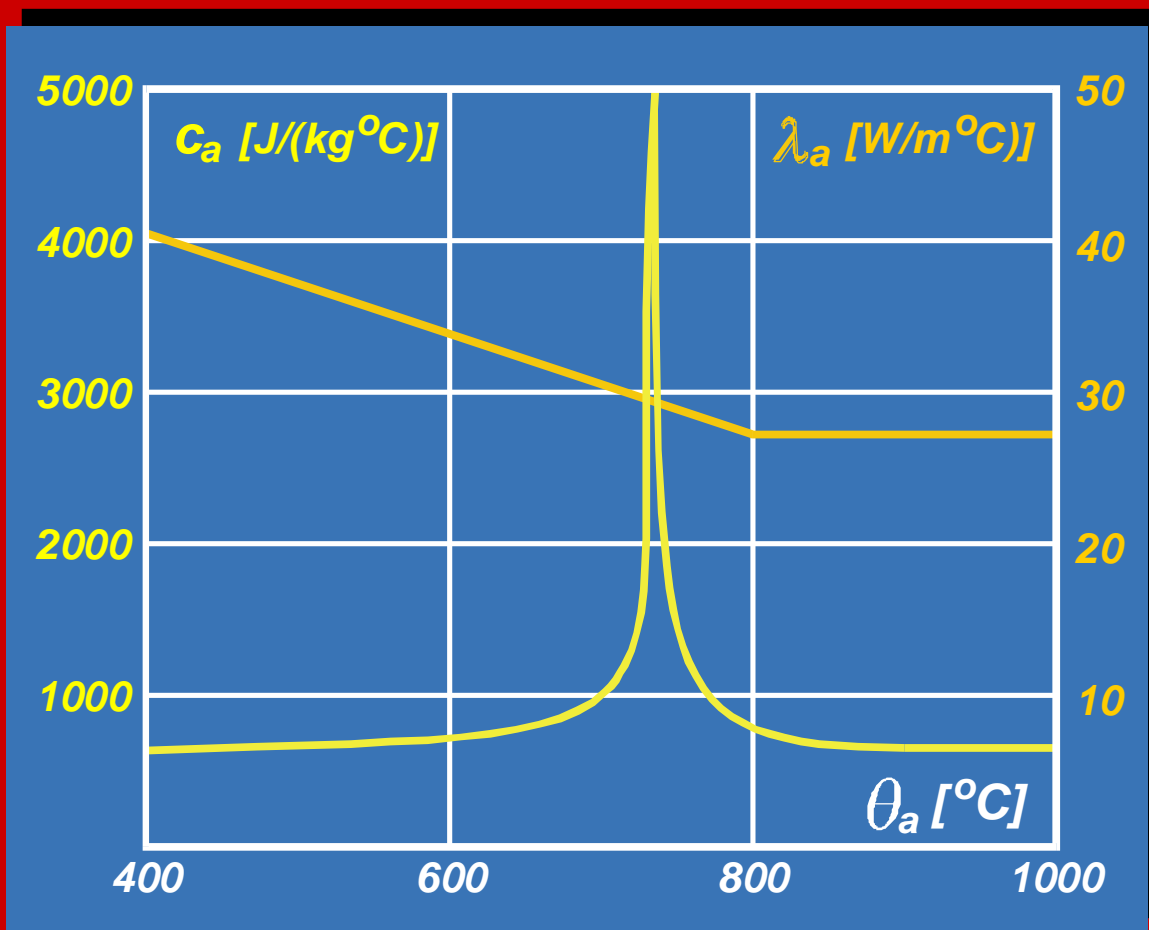
EC 1: Part 1-2: Actions on Structures Exposed to Fire



ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА

ТЕРМИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЧЕЛИКОТ



-МАЛ ТОПЛОТЕН
КАПАЦИТЕТ

-ВИСОКА ТОПЛО-
ПРОВОДЛИВОСТ

- БРЗО ЗАГРЕВАЊЕ

ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА НЕЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t$$

k_{sh}	e	корекционен фактор за ефектот на заклонување
A_m/V	e	факторот на пресек за незаштитени челични елементи [1/m];
A_m	e	површината на обиколката на елементот на единица должина [m ² /m];
V	e	волуменот на елементот на единица должина [m ³ /m];
c_a	e	специфичната топлина на челикот, од глава 3 [J/kgK];
$\dot{h}_{net,d}$	e	проектната вредност на нето топлински проток на единица површина [W/m ²];
Δt	e	временскиот интервал [секунда];
ρ_a	e	специфична маса на челикот.

$$k_{sh} = 0.9 [A_m/V]_b / [A_m/V]$$

Δt не треба да се земе поголема од 5 секунди.

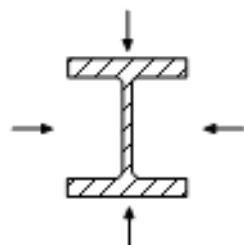
ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА НЕЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА

Пресечен фактор A_m / V

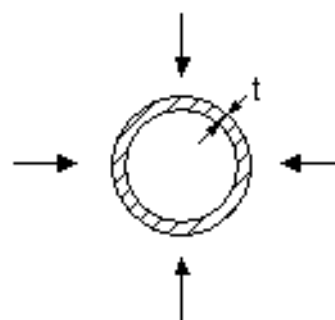
Отворен пресек пожарно изложен од сите страни:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{\text{обиколка}}{\text{попречен пресек}}$$



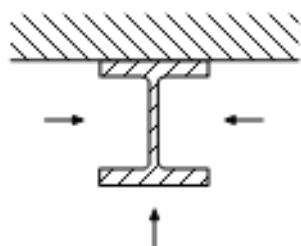
Цевка пожарно изложена од сите страни:

$$A_m / V = 1/t$$



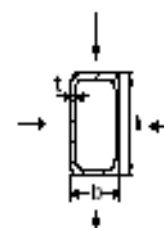
Отворен пресек пожарно изложен од три страни:

$$\frac{A_m}{V} = \frac{\text{пожарно изложена обиколка}}{\text{попречен пресек}}$$



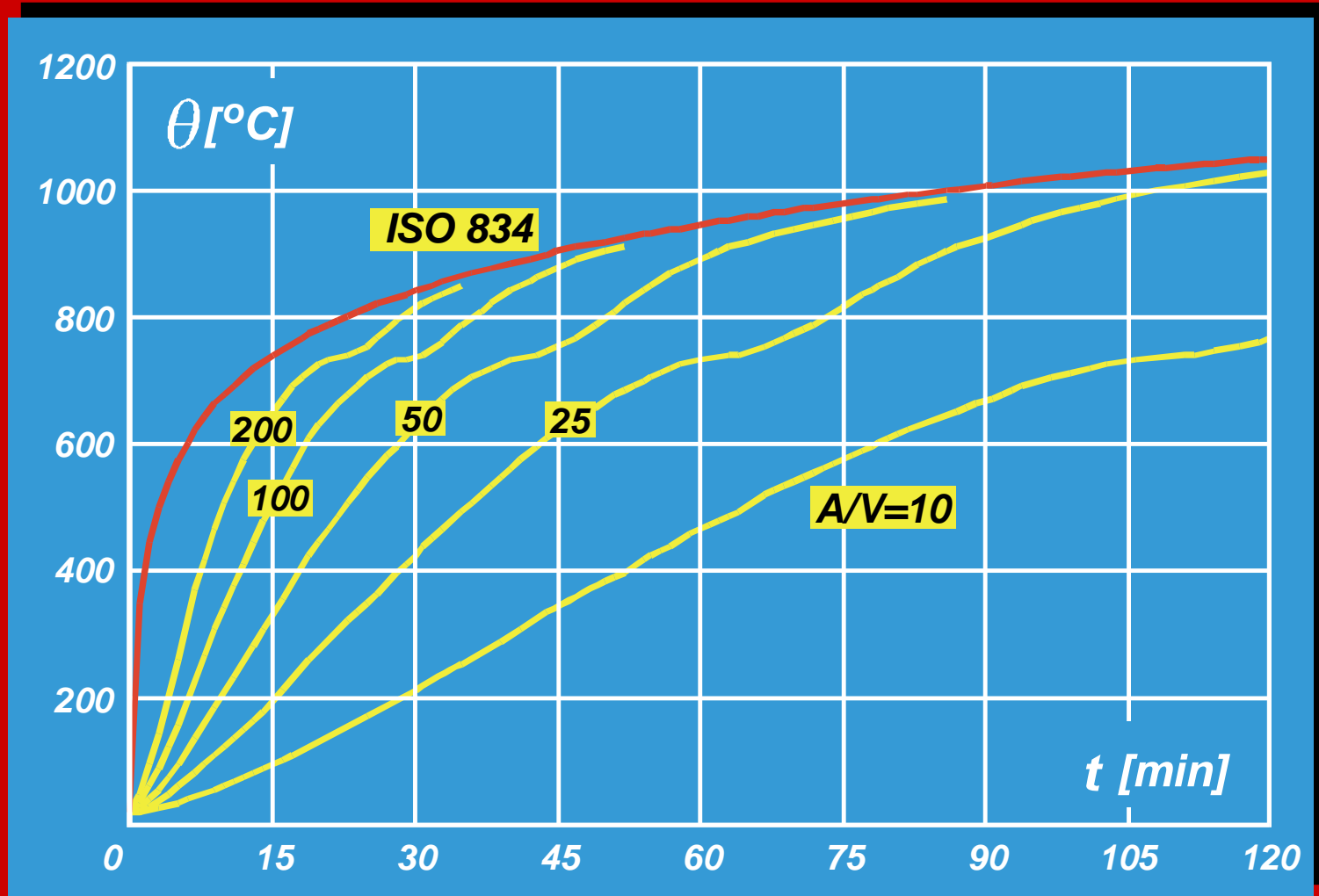
Цевкаст пресек (или заварен кутијаст пресек со константна дебелина) пожарно изложен од сите страни:

$$\text{Ако } t \ll b: A_m / V \approx 1/t$$



ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА НЕЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА



ПОЖАРНА ЗАШТИТА

МЕТОДИ ЗА ПОЖАРНА ЗАШТИТА

1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА

2/ КАПАЦИТАТИВНА ЗАШТИТА

3/ КОНСТРУКТИВНИ МЕРКИ

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА

- ТОПЛИНСКА ПРОВОДЛИВОСТ
- ДЕХИДРАТАЦИЈА
- ТОПЛИНСКА ЕКСПАНЗИЈА

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА

МАТЕРИЈАЛИ ЗА ТЕРМИЧКА ЗАШТИТА

	густина	топлот. провод.	специф. топлина	содржина на влага
	ρ_0	λ_0	c_p	ρ
МАТЕРИЈАЛ	[kg/m ³]	[W/(mK)]	[J/(kgK)]	[%]
Прскани малтери:				
- минерални влакна	300	0.12	1200	1
- вермикулитен цемент	350	0.12	1200	15
- перлит	350	0.12	1200	15
Тешки малтери:				
- вермикулит или перлит со цемент	550	0.12	1100	15
- вермикулит или перлит со гипс	650	0.12	1100	15
Табли:				
- вермикулит или перлит со цемент	800	0.20	1200	15
- силикатни или калциум - силикатни	600	0.15	1200	3
- цемент	800	0.15	1200	5
- гипсани табли	800	0.20	1700	20

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА

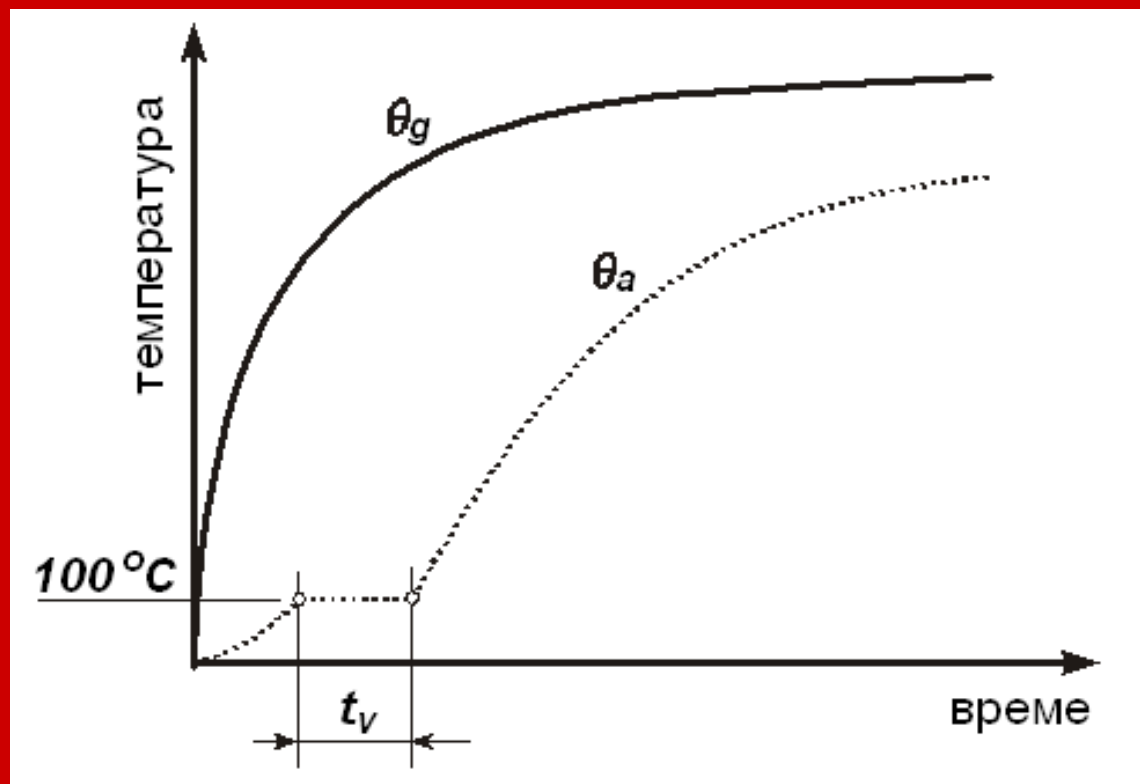
МАТЕРИЈАЛИ ЗА ТЕРМИЧКА ЗАШТИТА

	густина	топлот. провод.	специф. топлина	содржина на влага
	ρ_0	λ_0	c_0	ρ
МАТЕРИЈАЛ	[kg/m ³]	[W/(mK)]	[J/(kgK)]	[%]
Пресовани плочи:				
- силикатни, минерална волна или камена волна	150	0.20	1200	2
Бетон	2300	1.60	1000	4
Лесен бетон	1600	0.80	840	5
Бетонски блокови	2200	1.00	1200	8
Перфорирана тула	1000	0.40	1200	-
Полна тула	2000	1.20	1200	-

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА

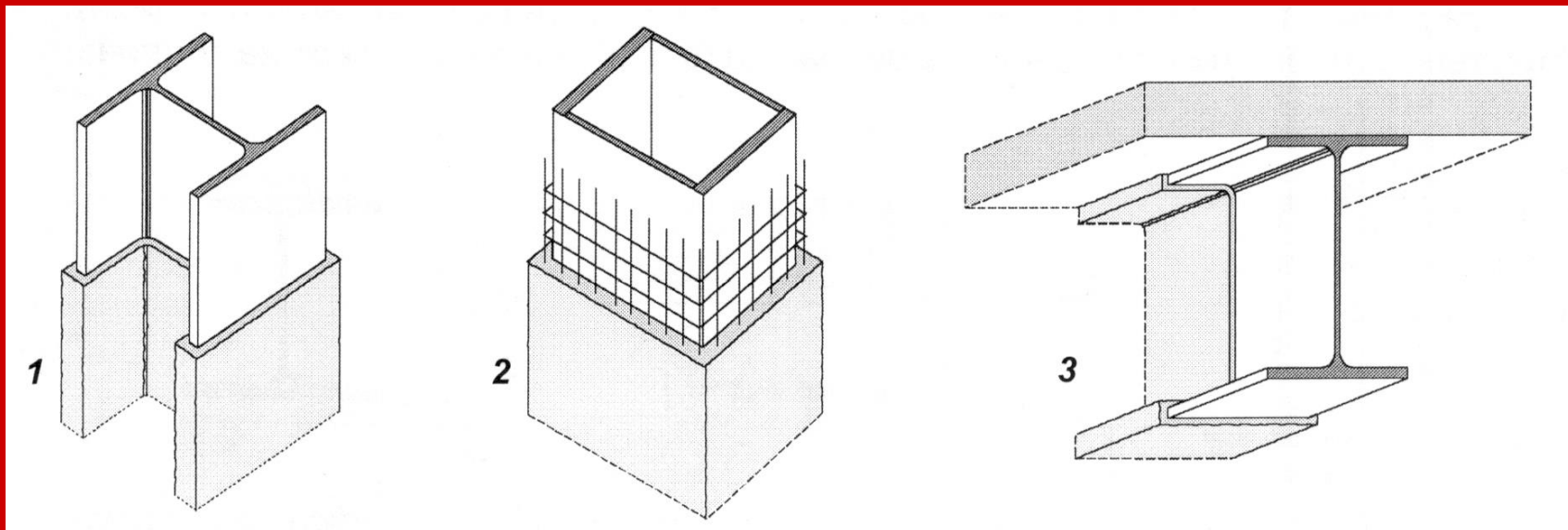
- ДЕХИДРАТАЦИЈА



Ослободување на влагата и кристално
врзаната вода

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

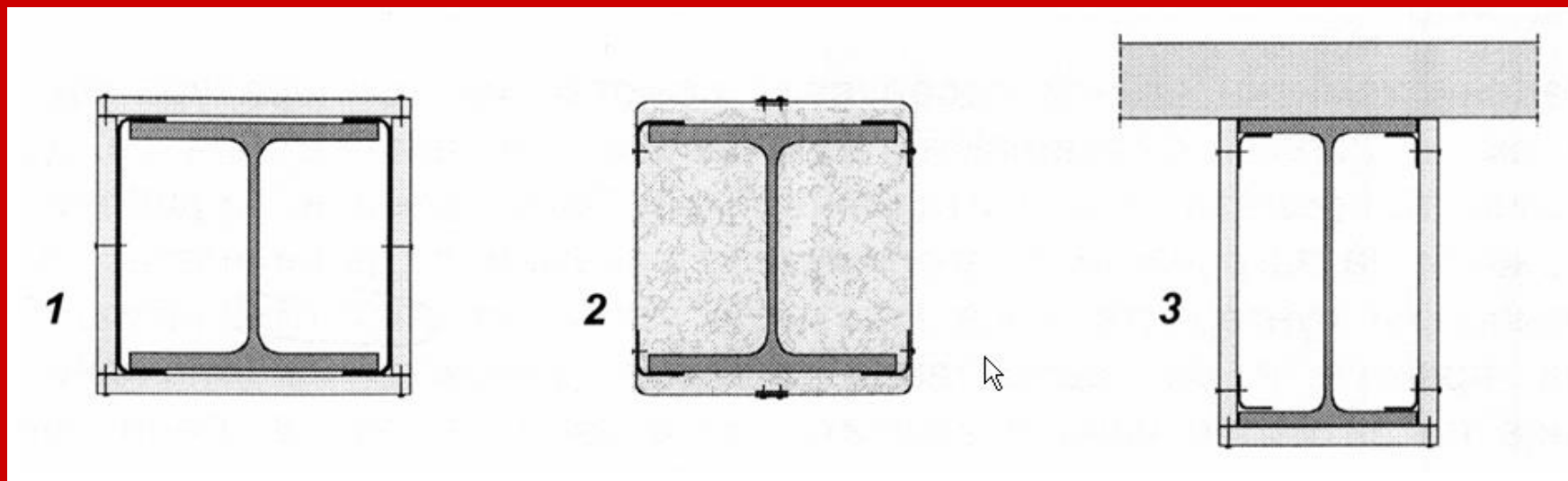
1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА



КОНТУРНА ЗАШТИТА

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

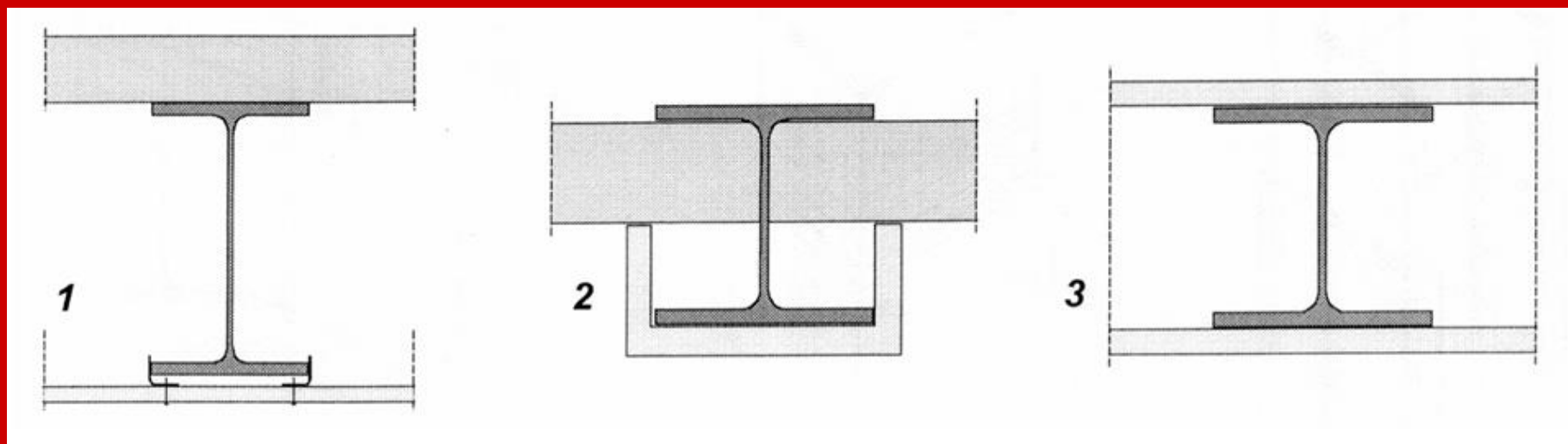
1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА



КУТИЈАСТА ЗАШТИТА

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

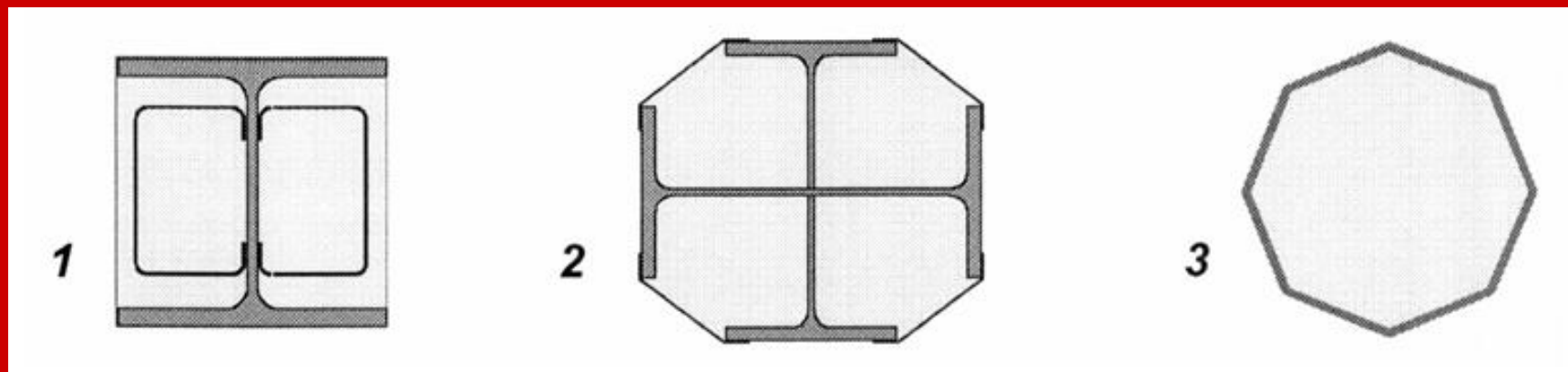
1/ ТЕРМОИЗОЛАЦИОНА ЗАШТИТА



ЕКРАНСКА ЗАШТИТА

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

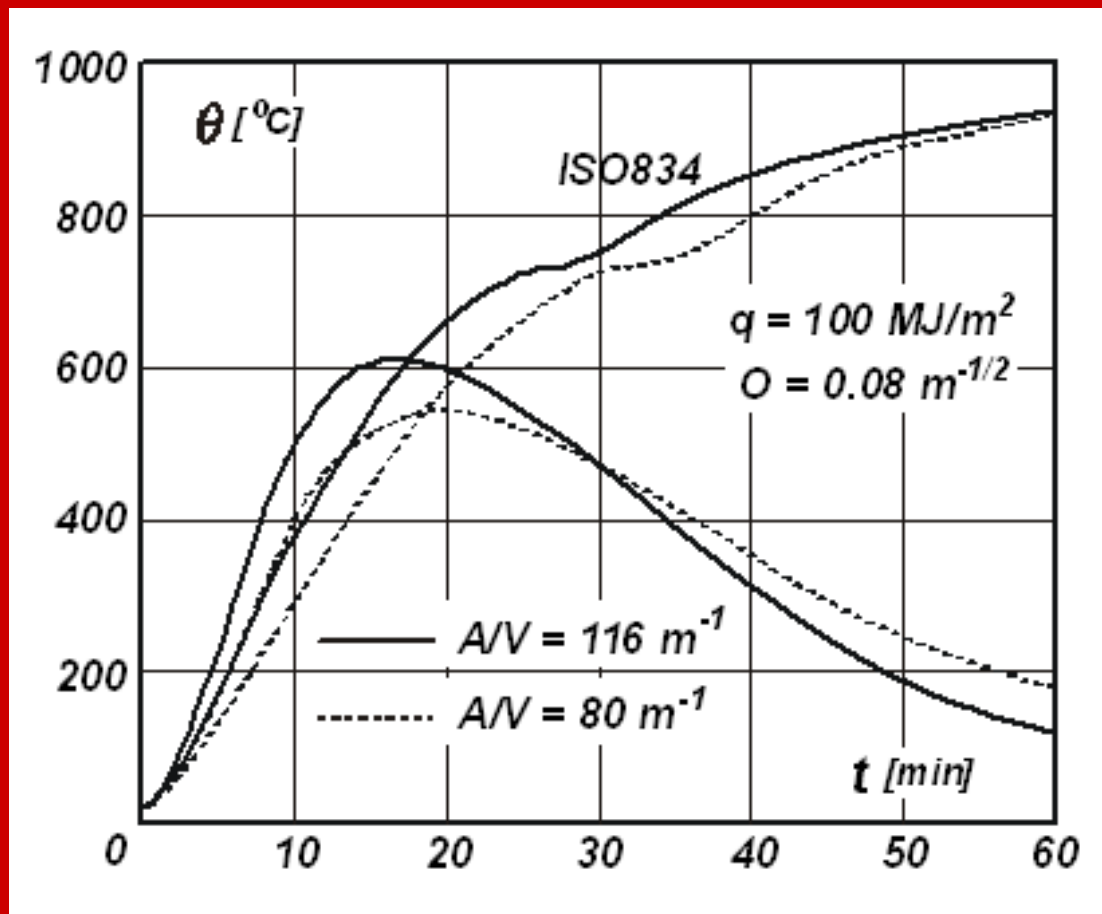
2/ КАПАЦИТАТИВНА ЗАШТИТА



ИСПОЛНУВАЊЕ СО БЕТОН

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

3/ КОНСТРУКТИВНИ МЕРКИ



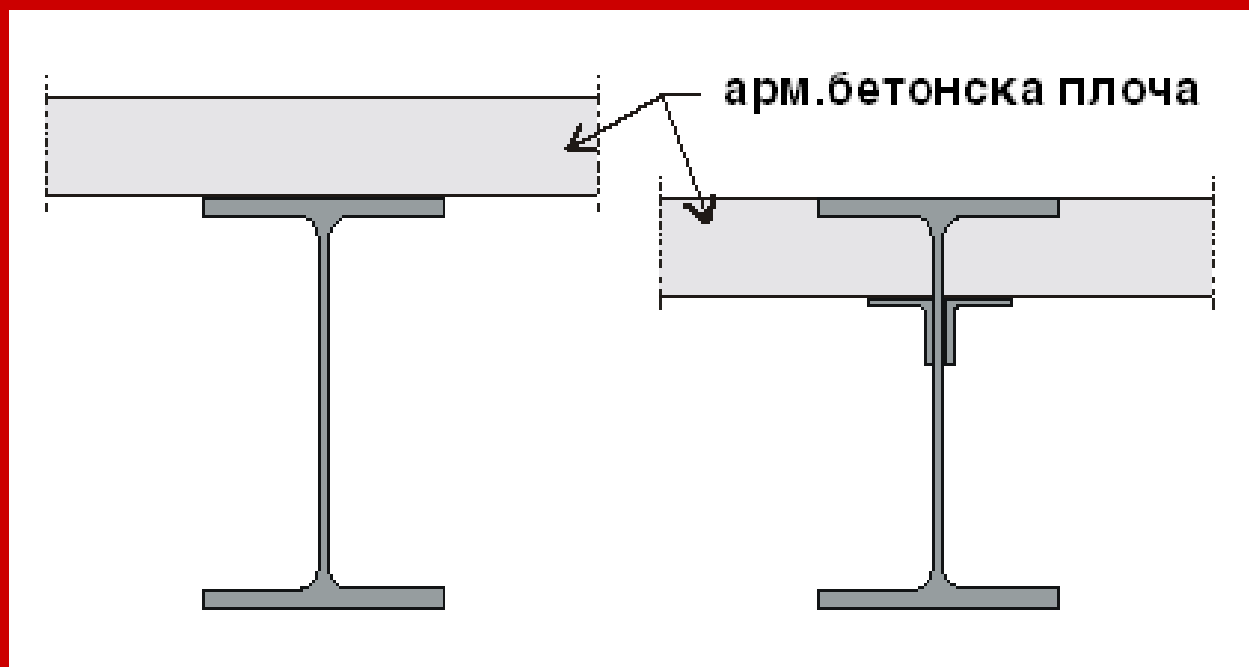
HEB300

□ 300.300.13

ИЗБОР НА ПОПРЕЧЕН ПРЕСЕК

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

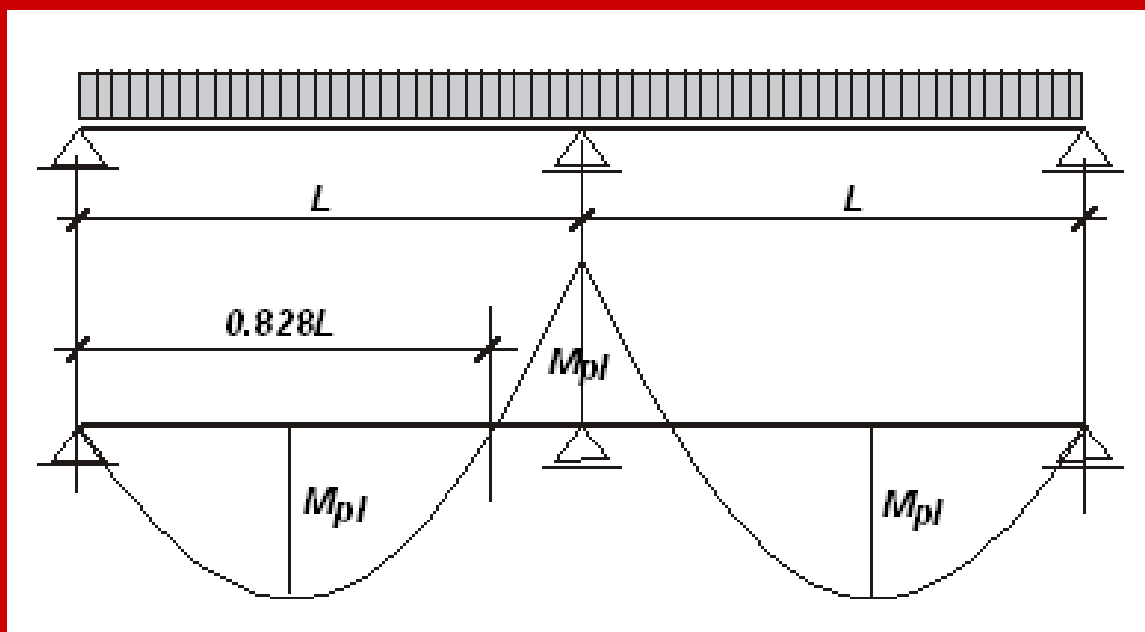
3/ КОНСТРУКТИВНИ МЕРКИ



ИЗБОР НА ДИСПОЗИЦИЈА

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

3/ КОНСТРУКТИВНИ МЕРКИ



ИЗБОР НА СТАТИЧКИ СИСТЕМ

ПОЖАРНА ЗАШТИТА

3/ КОНСТРУКТИВНИ МЕРКИ



ЕКСТЕРНА НОСЕЧКА КОНСТРУКЦИЈА

ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА ЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi/3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t}$$

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p A_p / V$$

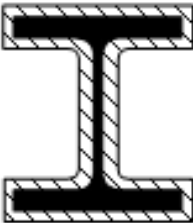
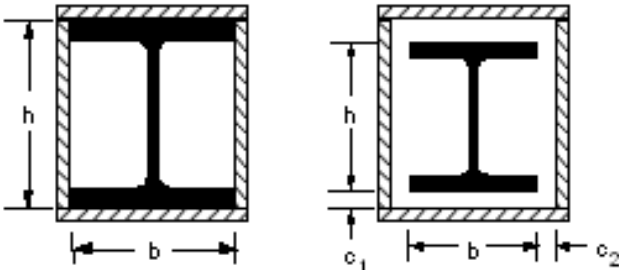
A_p/V	е	пресечниот фактор на челични елементи изолирани со материјал за пожарна заштита [1/m];
A_p	е	соодветната површина на материјалот за пожарна заштита на единица должина од елементот [m ² /m];
V	е	волуменот на елементот на единица должина [m ³ /m];
c_a	е	температурно зависната специфична топлина на челикот [J/kgK];
c_p	е	температурно независната специфична топлина на заштитниот материјал [J/kgK];
d_p	е	дебелината на заштитниот материјал [m];
Δt	е	временскиот интервал [секунда];
$\theta_{a,t}$	е	температурата на челикот во време t [°C];
$\theta_{g,t}$	е	температурата на амбиентот во време t [°C];
$\Delta\theta_{g,t}$	е	порастот на амбиентната температура во временски интервал Δt [K];
λ_p	е	топлинска спроводливост на заштитниот систем [W/mK];
ρ_a	е	специфичната маса на челикот [kg/m ³];
ρ_p	е	специфичната маса на материјалот за пожарна заштита [kg/m ³].

Еврокод 3: ПРОЕКТИРАЊЕ НА ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ

Дел 1-2: ПРОЕКТИРАЊЕ НА КОНСТРУКЦИЈАТА ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

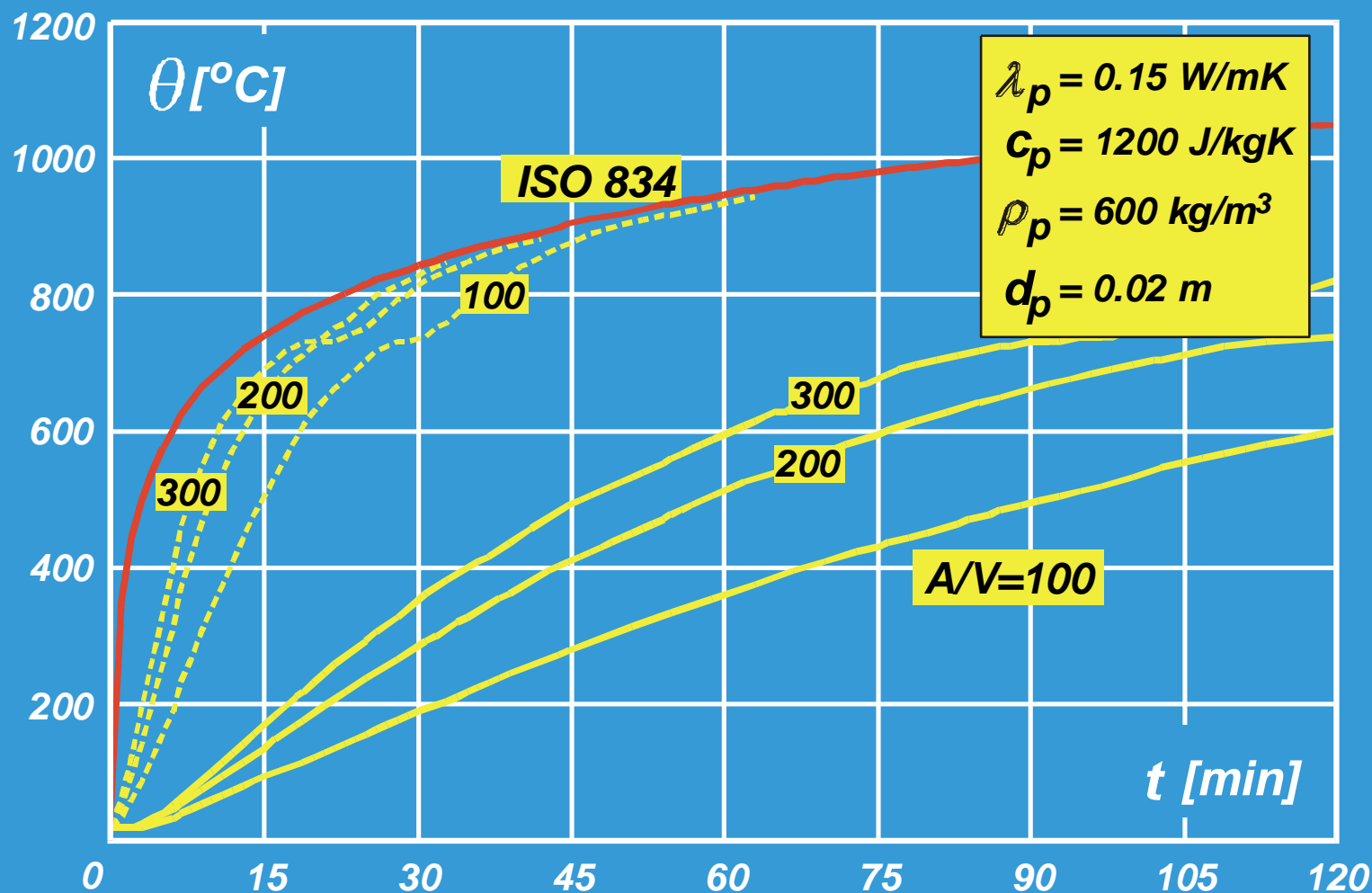
ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА ЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА

Пресечен фактор A_p / V

Скица	Опис	Пресечен фактор (A_p / V)
	Контурна облога со константна дебелина	$\frac{\text{обиколка на челикот}}{\text{површина на челичен попречен пресек}}$
	Кутијаста облога со константна дебелина ¹⁾	$\frac{2(b + h)}{\text{површина на челичен попречен пресек}}$

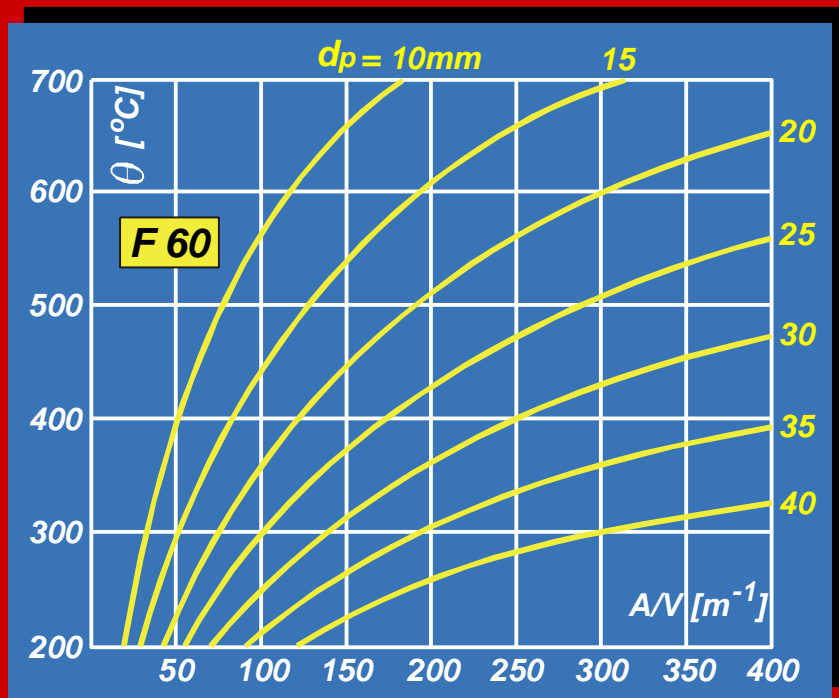
ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА ЗАШТИТЕНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ВНАТРЕШНА КОНСТРУКЦИЈА



ПРОЕКТИРАЊЕ ЗА ПОЖАРНА СОСТОЈБА

ДИНАМИКА НА ЗАГРЕВАЊЕ - ТЕРМИЧКА АНАЛИЗА



ТЕРМ. КАРАКТЕРИСТИКИ

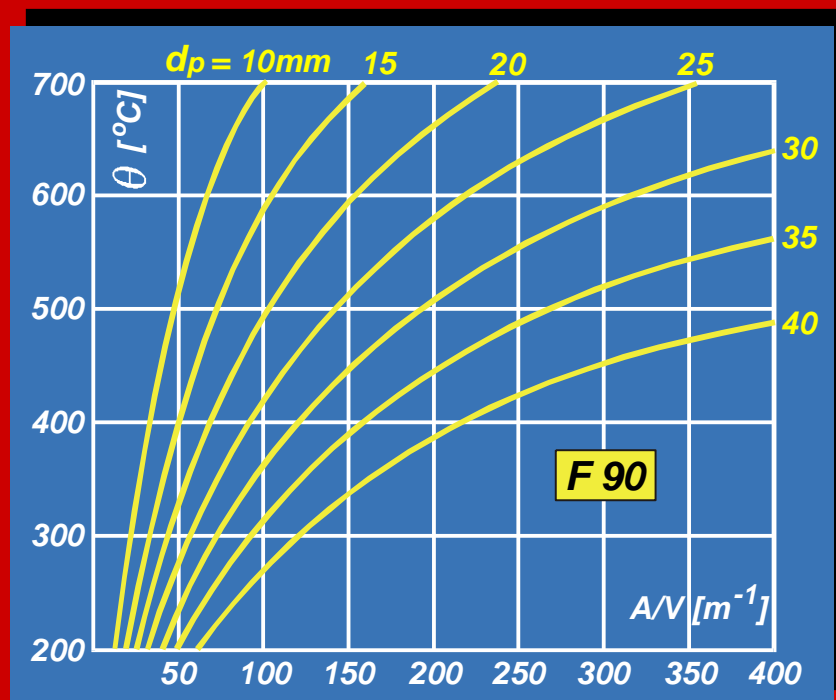
$$\lambda_p = 0.15 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 1200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_p = 600 \text{ kg/m}^3$$

ВЛЕЗНИ ПАРАМЕТРИ

- ISO 834
- ПРЕСЕЧЕН ФАКТОР
- ТЕРМ. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЗАШТИТНИОТ МАТЕРИЈАЛ



ПОЖАРНА СИГУРНОСТ

1/ ЗАШТИТА НА ЛУЃЕТО ВО ОБЈЕКТОТ

2/ ЗАШТИТА НА СОСЕДНИТЕ ОБЈЕКТИ

3/ ЗАШТИТА НА МАТЕРИЈАЛНИТЕ ДОБРА ВО ОБЈЕКТОТ

4/ ЗАШТИТА ОД НЕТОЛЕРАНТНИ ЕКОЛОШКИ ШТЕТИ

ЕДНОВОЛУМЕНСКИ И НИСКИ ОБЈЕКТИ

- АКТИВНИ МЕРКИ ЗА ПОЖАРНА СИГУРНОСТ

ПОВЕЌЕКАТНИ ОБЈЕКТИ

- АКТИВНИ МЕРКИ ЗА ПОЖАРНА СИГУРНОСТ

- ПАСИВНА ЗАШТИТА НА НОСЕЧКАТА КОНСТРУКЦИЈА



КОМОРА НА ОВЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И ОВЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ НА МАКЕДОНИЈА

ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОЖАРНА БЕЗБЕДНОСТ
НА ЧЕЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ

БЛАГОДАРАМ ЗА ВНИМАНИЕТО

Проф. д-р Петар Цветановски, дипл.град.инж.
Универзитет “Св.Кирил и Методиј” - Градежен факултет
Катедра за метални конструкции

cvetkovska@gf.ukim.edu.mk

cvetanovski@gf.ukim.edu.mk