



DIFESEK

ΜΕΡΟΣ 5α
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

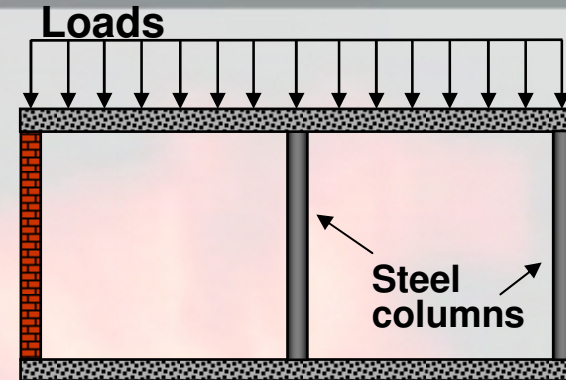
Πυραντίσταση – Αλυσιδωτά γεγονότα



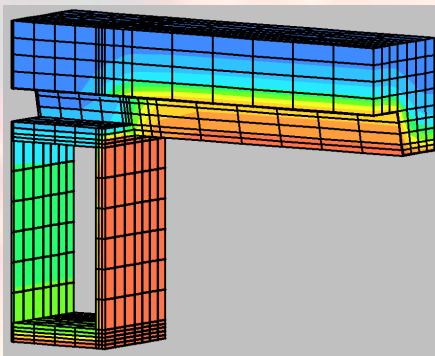
1: Ανάφλεξη



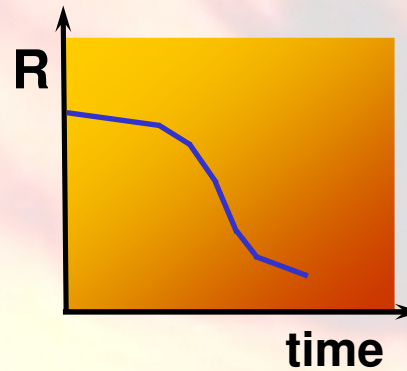
2: Θερμική Δράση



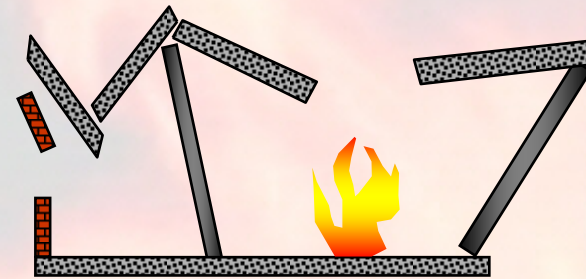
3: Μηχανικές Δράσεις



4: Θερμική Απόκριση



5: Μηχανική Απόκριση



6: Πιθανή Κατάρρευση

Κανονισμοί

Σχεδιασμό σε κανονική θερμοκρασία

- EN 1990 Βασικά δομικού σχεδιασμού
- EN 1993-1-1 Σχεδιασμός μεταλλικών κατ.
- EN 1994-1-1 Σχεδιασμός σύμμικτων κατ.

Σχεδιασμός σε πυρκαγιά

- EN 1990 Βασικά δομικού σχεδιασμού
- EN 1991-1-2 Θερμικές δράσεις
- EN 1993-1-2 Σχεδιασμός μεταλλικών κατ.
- EN 1994-1-2 Σχεδιασμός σύμμικτων κατ.

Παραδείγματα – Σύνοψη

		Αριθμός παραδειγμάτων
➤ EN 1991:	Δράσεις στις κατασκευές	2
Part 1-2:	Γενικές δράσεις – Δράσεις σε κατασκευές που εκτίθενται σε πυρκαγιά	
➤ EN 1993:	Σχεδιασμός μεταλλικών κατασκευών	3
Part 1-2:	Γενικοί κανόνες – Σχεδιασμός έναντι πυρκαγιάς	
➤ EN 1994:	Σχεδιασμός σύμμικτων και κατασκευών από σκυρόδεμα	4
Part 1-2:	Γενικοί κανόνες – Σχεδιασμό έναντι πυρκαγιάς	

Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Διαμερισματική πυρκαγιά

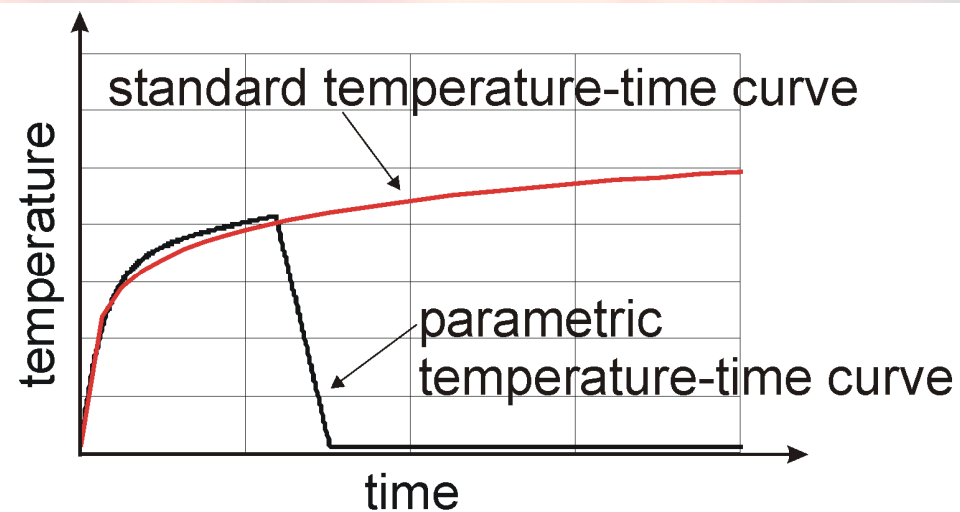
Σκοπός

Καθορισμός της θερμοκρασίας αερίου
μιας πλήρους αναπτυσσόμενης πυρκαγιάς

⇒ Μοντέλο φυσικής πυρκαγιάς για διαμερισματικές πυρκαγιές

⇒ Παραμετρική καμπύλη θερμοκρασίας – χρόνου

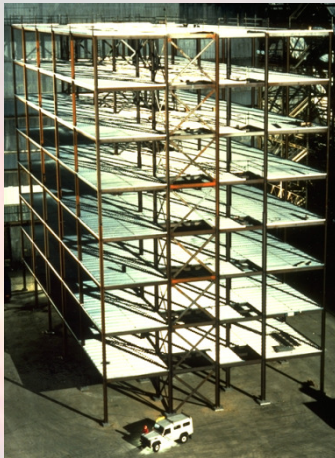
$$\theta_g = f(q_{f,d}, O, b)$$



EN 1991-1-2: Παράρτημα Α

Διαμερισματική πυρκαγιά

Παράμετροι



Κτίριο: Cardington test facility
Χρήση: Γραφεία

Φορτίο : $q_{f,d} = 483 \text{ MJ/m}^2$

Επιφάνεια: $A_f = 135 \text{ m}^2$
Ύψος: $H = 4.0 \text{ m}$

Μέσο ύψος ανοίγματος: $h_{eq} = 1.8 \text{ m}$
Επιφάνεια κατακόρ.ανοιγ.: $A_v = 27 \text{ m}^2$
Συντελεστής κατακορ.ανοιγ.: $O = 0.076 \text{ m}$



Υλικό συνόρων: Ελαφροσκυρόδεμα
 $b = 1263.3 \text{ J}/(\text{m}^2\text{s}^{1/2}\text{K})$

Διαμερισματική πυρκαγιά ελέγχεται από τα καύσιμα ή τον εξαερισμό?

$$0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O = 0.363 \text{ h}$$

$0.363 \text{ h} < t_{lim} = 0.333 \text{ h}$ έλεγχος από καύση

$0.363 \text{ h} > t_{lim} = 0.333 \text{ h}$ έλεγχος από εξαερισμό

όπου

$$q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$$

Διαμερισματική πυρκαγιά

Καμπύλη θερμότητας

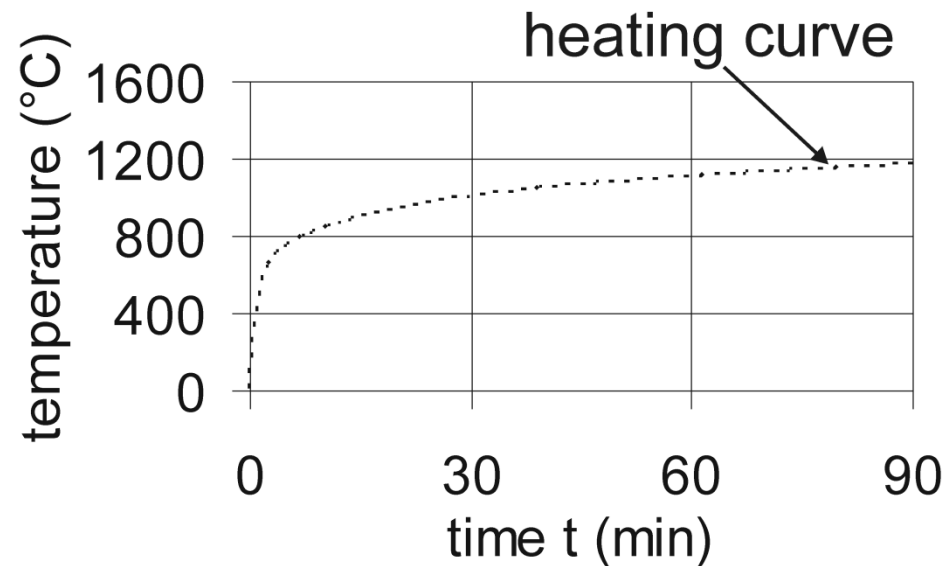
Υπολογισμός της καμπύλης θερμότητας:

$$\theta_g = 20 + 1325 \cdot (1 - 0.324 \cdot e^{-0.2 \cdot t^*} - 0.204 \cdot e^{-1.7 \cdot t^*} - 0.472 \cdot e^{-19 \cdot t^*})$$

όπου:

$$t^* = t \cdot \Gamma$$

$$\Gamma = \frac{(O/b)^2}{(0.04/1160)^2}$$



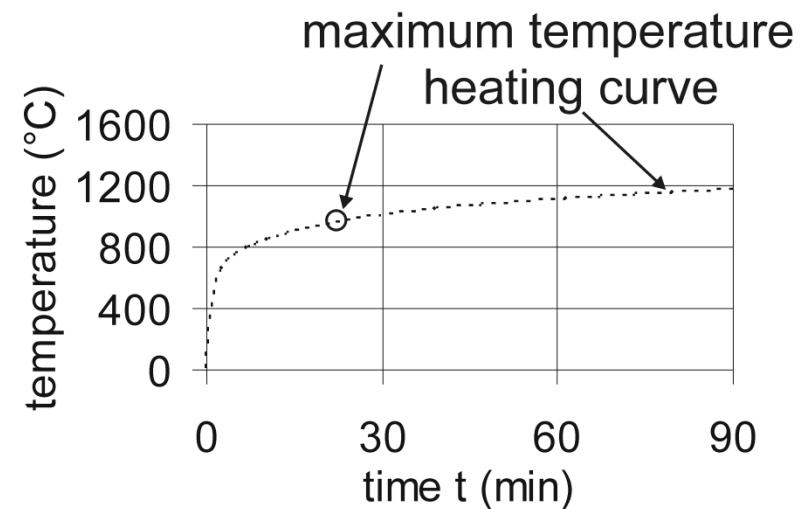
Διαμερισματική πυρκαγιά

Μέγιστη θερμοκρασία

Αντίστοιχα με τον υπολογισμό της καμπύλης θερμότητας, εκτός:

$$t = t_{\max} = \max \begin{cases} 0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O \\ t_{\text{lim}} \end{cases}$$

Η μέγιστη θερμοκρασία απαιτείται για τον υπολογισμό της καμπύλης ψύχρασης.



Διαμερισματική πυρκαγιά

Καμπύλη ψύχρασης

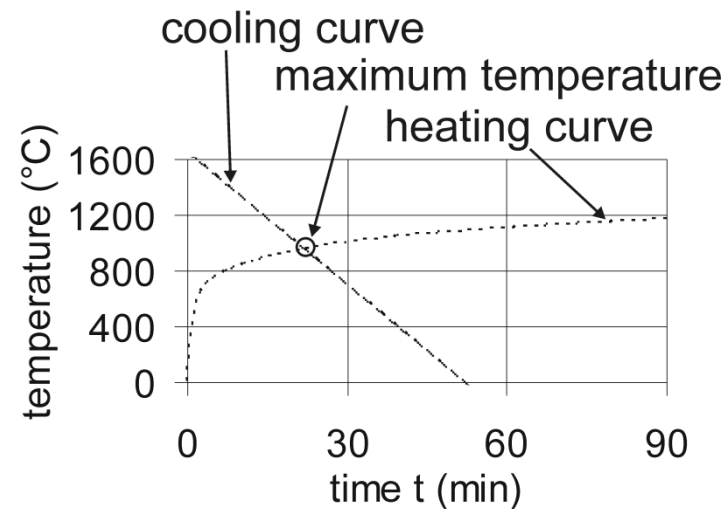
Υπολογισμός της καμπύλης ψύχρασης:

$$\theta_g = \theta_{\max} - 625 \cdot (t^* - t^*_{\max} \cdot x)$$

όπου

$$t^*_{\max} = (0.2 \cdot 10^{-3} \cdot q_{t,d} / O) \cdot \Gamma$$

$$t^* = t \cdot \Gamma$$



Αν η πυρκαγιά ελέγχεται από τον εξαερισμό:

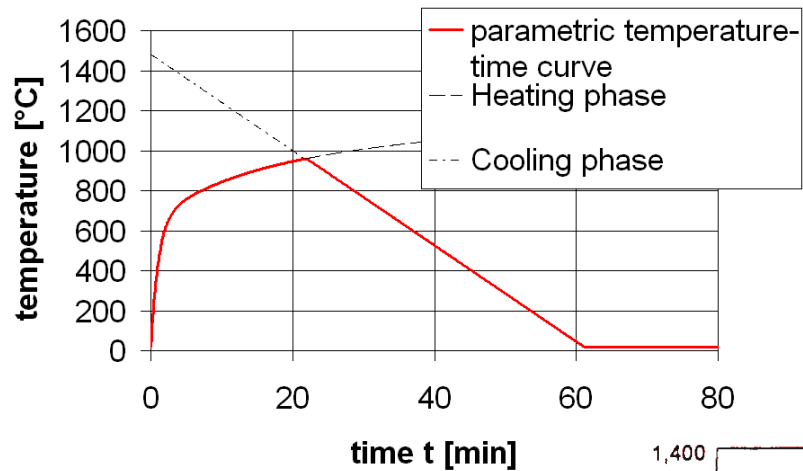
$$x = 1.0$$

Αν ελέγχεται από τα καύσιμα:

$$x = t_{\text{lim}} \cdot \Gamma / t^*_{\max}$$

Διαμερισματική πυρκαγιά

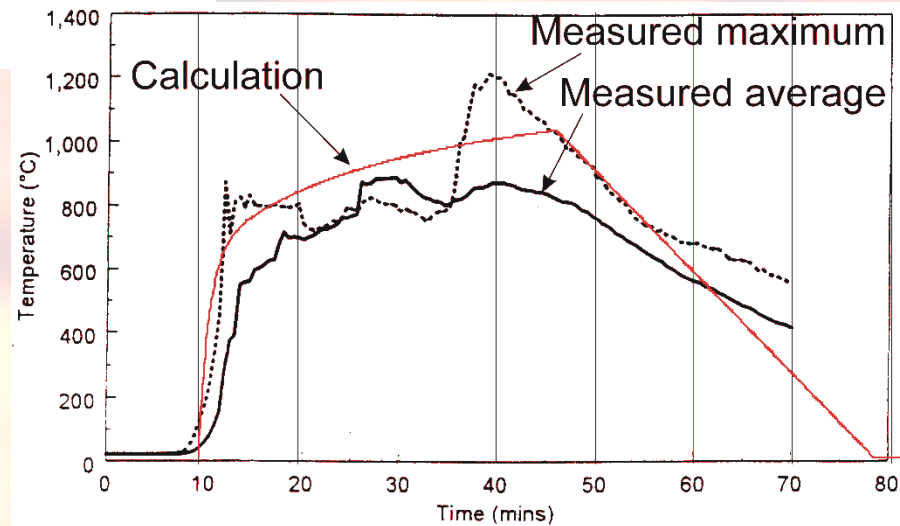
Τελική καμπύλη και σύγκριση



← Παραμετρική καμπύλη Θερμοκρασίας-χρόνου

Σύγκριση υπολογισμών – μετρήσεων

Συντελεστές $\alpha_{fi,d}$: $\delta_{q1} = 1.0,$
 $\delta_{q2} = 1.0,$
 $\delta_n = 1.0$



Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ❑ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ❑ Τοπική πυρκαγιά

- Μέταλλο
 - ❑ Μεταλλικός στύλος
 - ❑ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ❑ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ❑ Σύμμικτη πλάκα
 - ❑ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ❑ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ❑ Σύμμικτος στύλος

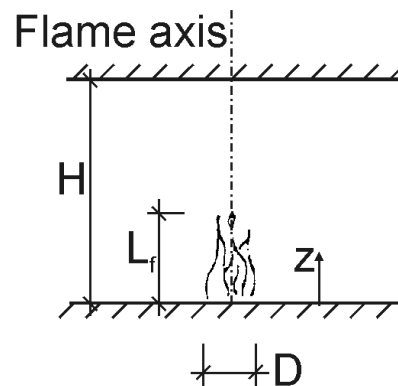
Τοπική πυρκαγιά

Σκοπός

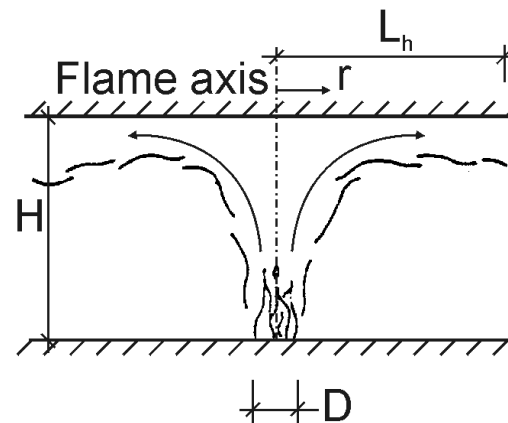
Καθορισμός των θερμοκρασιών μιας μεταλλικής δοκού που εκτίθεται σε πυρκαγιά από φλεγόμενο αυτοκίνητο.

⇒ Μοντέλο φυσικής πυρκαγιάς για τοπικές πυρκαγιές

Not impacting the ceiling



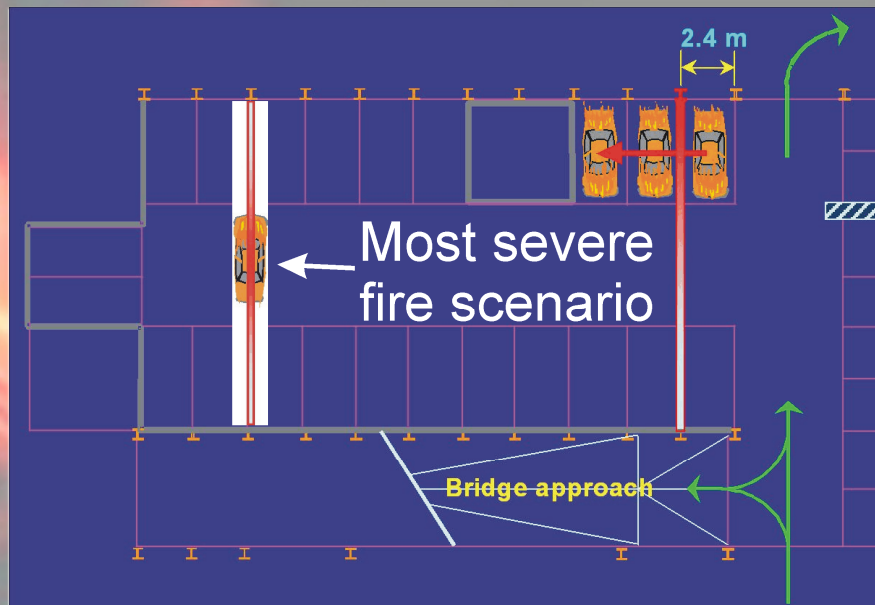
Impacting the ceiling



EN 1991-1-2: Παράδειγμα C

Τοπική πυρκαγιά

Παράμετροι



Κτίριο: Car park Auchan,
Luxembourg
Χρήση: Υπόγειος χώρος
Στάθμευσης

Ύψος: $H = 2.7 \text{ m}$

Οριζόντια απόσταση
από άξονα φλόγας στη δοκό: $r = 0.0 \text{ m}$

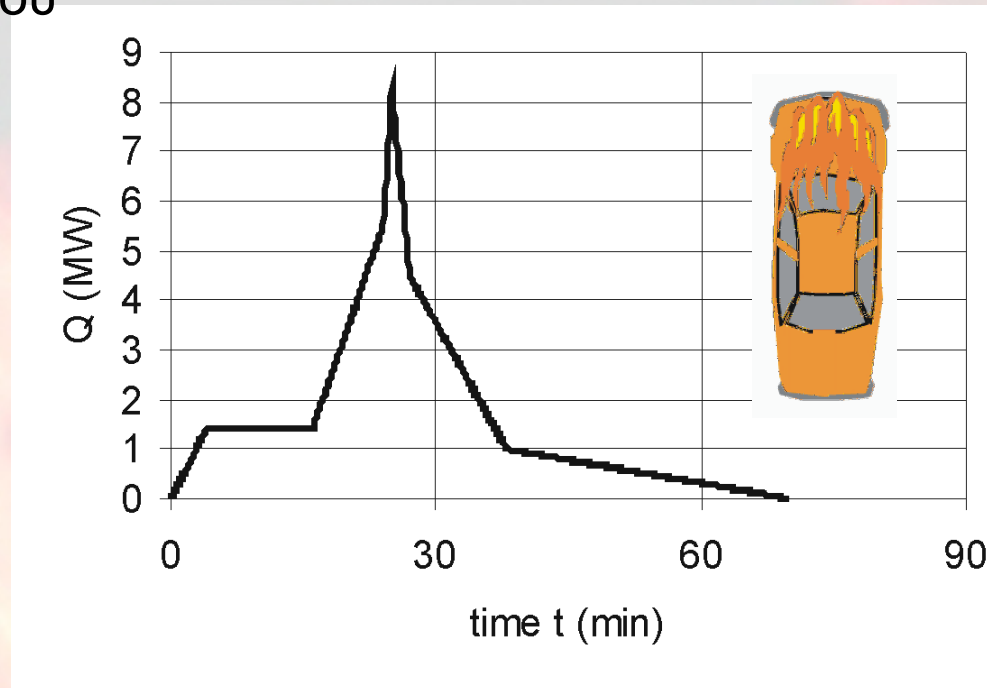
Διάμετρος φλόγας: $D = 2.0 \text{ m}$

Μεταλλική δοκός: IPE 550

Τοπική πυρκαγιά

Ρυθμός απελευθέρωσης θερμότητας

Καμπύλη ρυθμού απελευθέρωσης θερμότητας ενός αυτοκινήτου



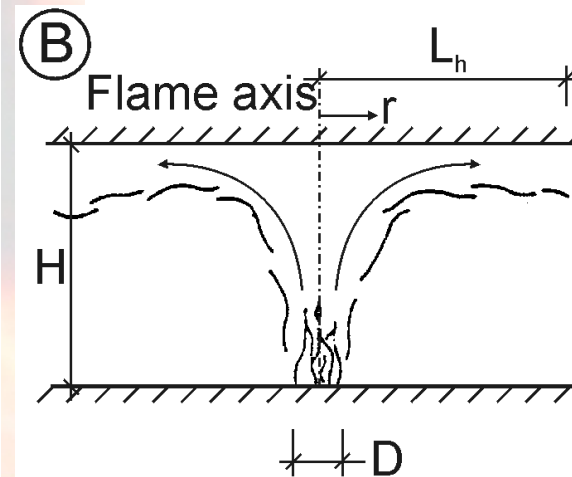
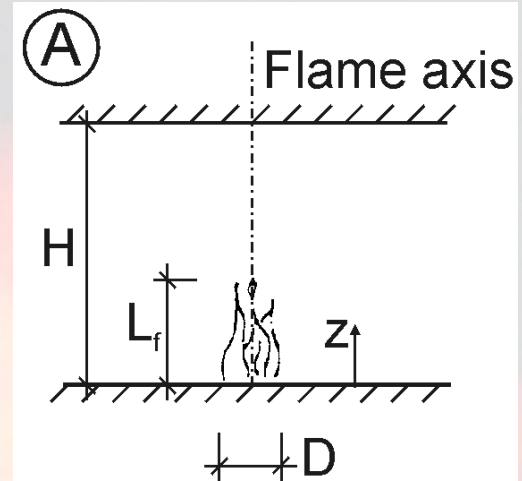
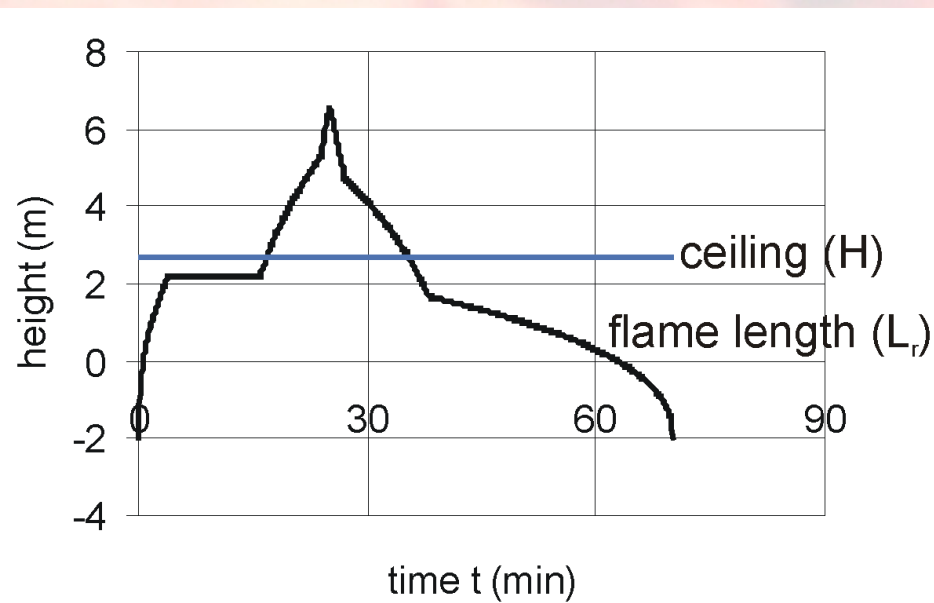
Από ECSC project: Ανάπτυξη σχεδιαστικών κανονισμών για μεταλλικές κατασκευές που υπόκεινται σε πυρκαγιά σε κλειστούς χώρους στάθμευσης.

Τοπική πυρκαγιά

Ύψος φλόγας

Αν $L_r \geq H \Rightarrow$ Το μοντέλο Α επιλέγεται

Αν $L_r < H \Rightarrow$ Το μοντέλο Β επιλέγεται



Τοπική πυρκαγιά

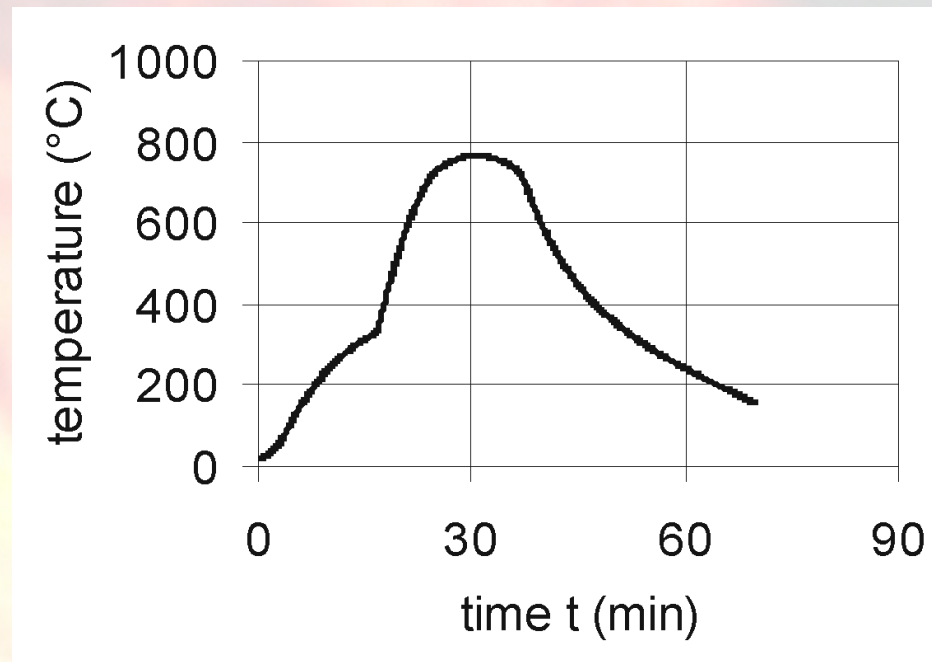
Θερμοκρασίες μετάλλου

Καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου για τη μη-προστατευόμενη μεταλλική δοκό:

$$\theta_{a,r} = \theta_m + k_{sh} \cdot \frac{A_p / V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{q}_{net} \cdot \Delta t$$

$$\theta_{a,max} = 770 \text{ } ^\circ\text{C}$$

at $t_{\theta,max} = 31.07 \text{ min}$



Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

- Μέταλλο
 - ✧ **Μεταλλικός στύλος**
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

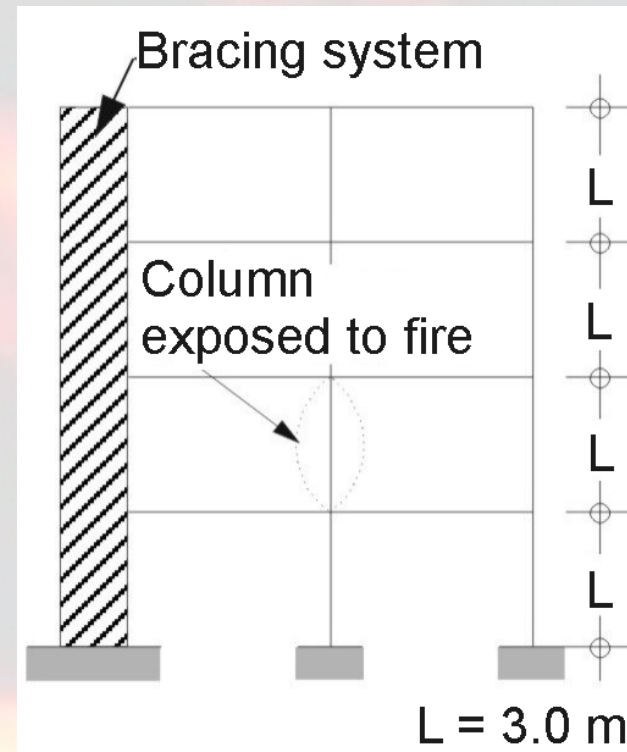
- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Μεταλλικός στύλος

Σκοπός

Καθορισμός της αξονικής αντίστασης σχεδιασμού για το μεταλλικό στύλο.

⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο για θλιπτικά μέλη



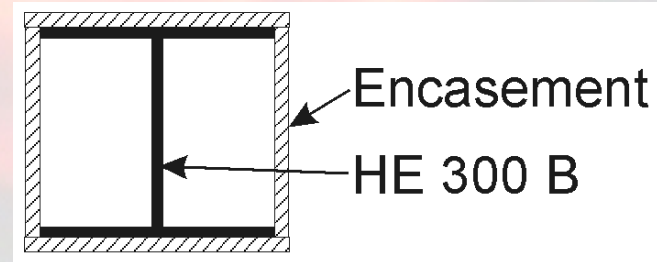
EN 1993-1-2: Παρ. 4.2.3.2

Μεταλλικός στύλος

Παράμετροι

Κτίριο: Τμήμα καταστήματος
Κλάση πυραντίστασης: R 90

Φορτία: $G_k = 1200 \text{ kN}$
 $P_k = 600 \text{ kN}$



Προφίλ: Θερμής ελάσεως
HE 300 B

Πυροπροστασία: Περίβλημα από γυψοσανίδα
($d_p = 3 \text{ cm}$)

Ποιότητα χάλυβα: S 235

Μεταλλικός στύλος

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Συντελεστής για καταστήματα: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.6$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 1560 \text{ kN}$$

Μεταλλικός στύλος

Μέγιστη θερμοκρασία μετάλλου

$$\frac{2 \cdot (b + h) \cdot \lambda_p}{A_a \cdot d_p} = 540 \frac{W}{m^3 \cdot K}$$

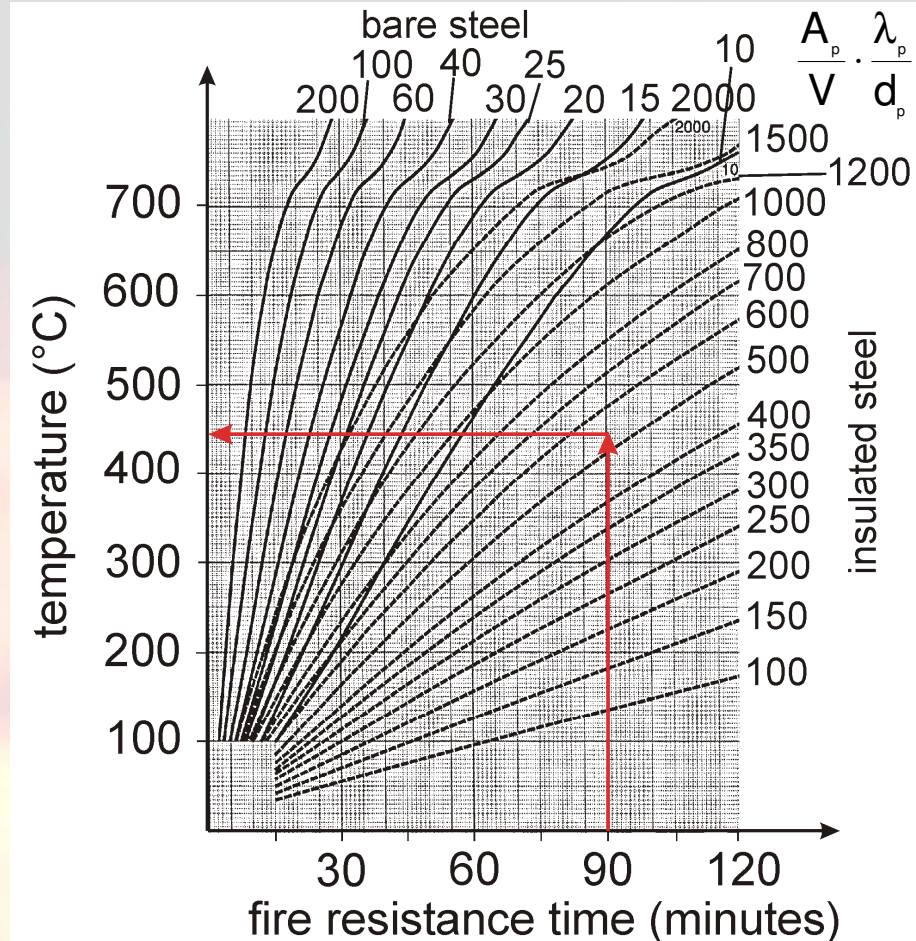
Ευρω-Νομογράφημα:

$$\Rightarrow \theta_{a,max,90} \approx 445 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Μειωτικοί συντελεστές:

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.901$$

$$k_{E,\theta} = 0.655$$



Μεταλλικός στύλος

Μειωτικός συντελεστής και έλεγχος

➤ Μειωτικός συντ. χ_{fi} :

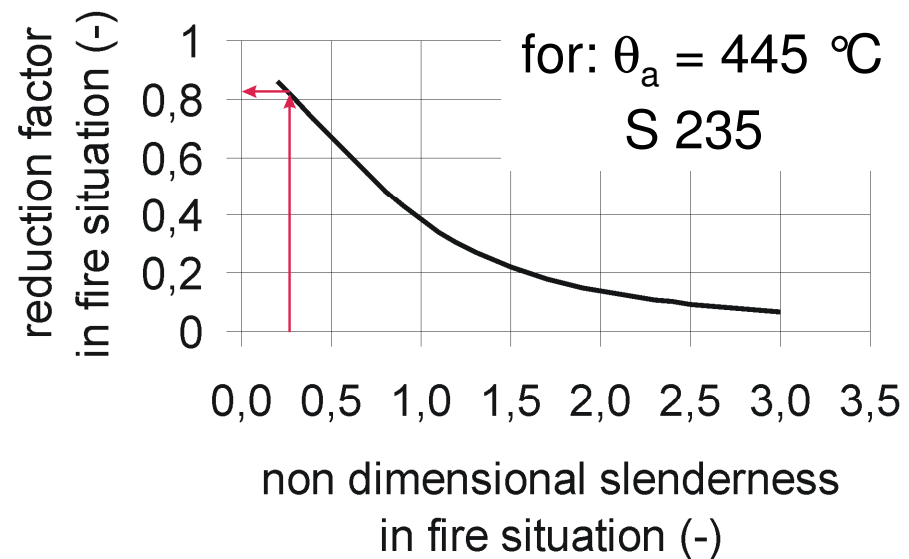
$$\bar{\lambda}_{fi,\theta} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}} = 0.25$$

$$\Rightarrow \chi_{fi} = 0.86$$

➤ Λυγισμός:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta,max} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}$$

$$N_{fi,d} / N_{b,fi,t,Rd} = 0.58 < 1$$



Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

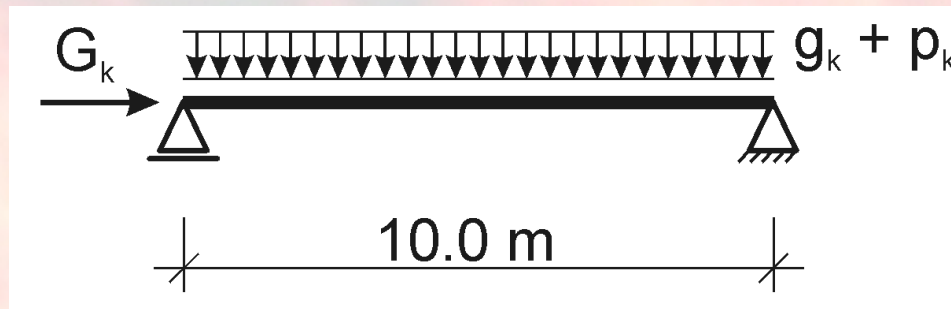
- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ **Μεταλλική δοκός (N + M)**
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Μεταλλική δοκός (N + M)

Σκοπός

Έλεγχος μεταλλικής δοκού που υπόκειται σε κάμψη και θλίψη.



⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο για μέλη που υπόκεινται σε καμπτικά και θλιπτικά φορτία

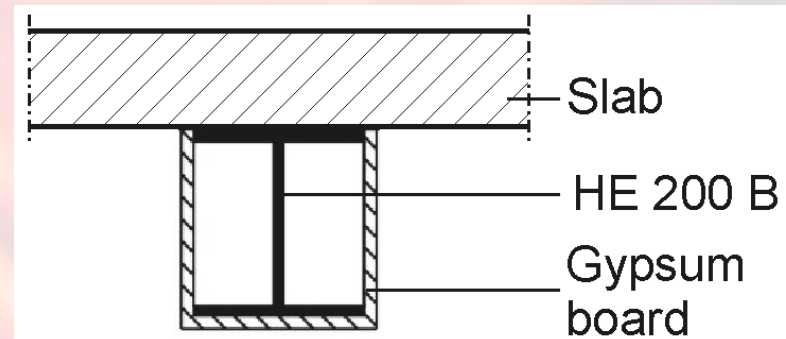
EN 1993-1-2: Παρ. 4.2.3.5

Μεταλλική δοκός (N + M)

Παράμετροι

Κτίριο: Κτίριο γραφείων
Κλάση
πυραντίστασης: R 90

Φορτία: $G_k = 96.3 \text{ kN}$
 $g_k = 1.5 \text{ kN/m}$
 $p_k = 1.5 \text{ kN/m}$



Προφίλ: Θερμής ελάσεως
HE 200 B

Πυροπροστασία: Περίβλημα από γυψοσανίδα
($d_p = 2 \text{ cm}$)

Ποιότητα χάλυβα: S 235

Μεταλλική δοκός (N + M)

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Συντελεστής για γραφεία: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 96.3 \text{ kN}$$

$$M_{fi,d} = 24.38 \text{ kNm}$$

Μεταλλική δοκός (N + M)

Μέγιστη θερμοκρασία μετάλλου

$$\frac{2 \cdot h + b}{A_a} \cdot \frac{\lambda_p}{d_p} = 770 \frac{W}{m^3 \cdot K}$$

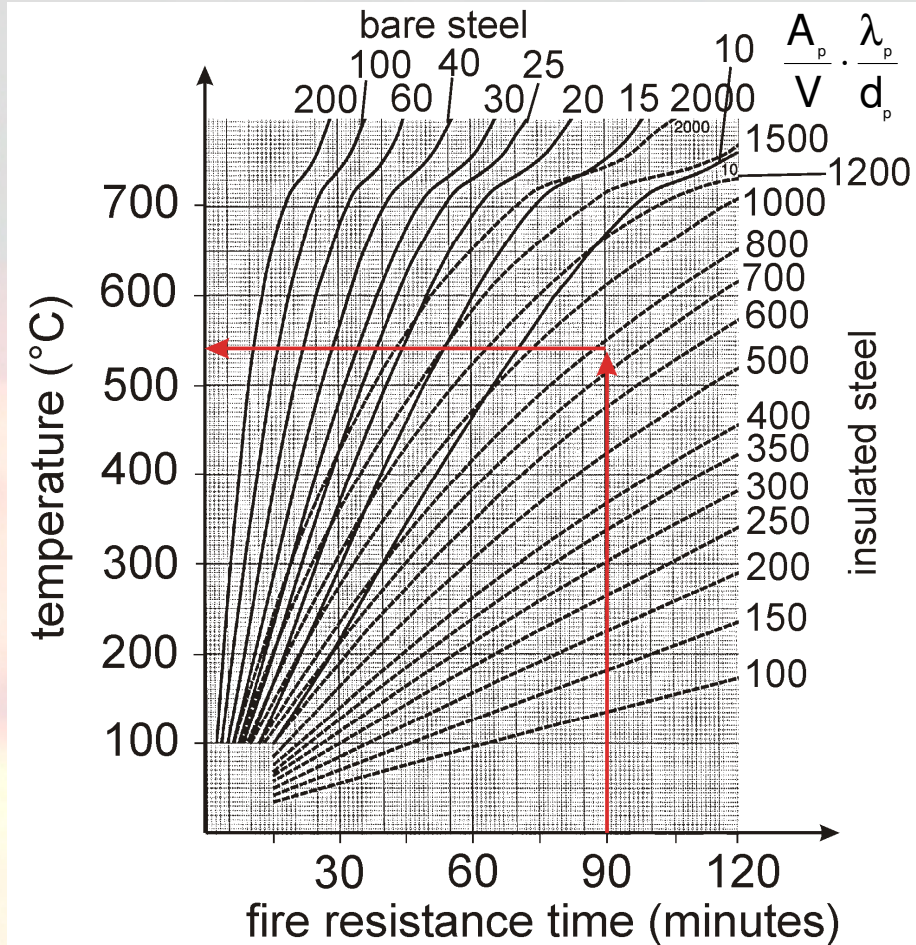
Ευρω-Νομογράφημα:

$$\Rightarrow \theta_{a,max,90} \approx 540 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Μειωτικοί συντελεστές:

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.656$$

$$k_{E,\theta} = 0.484$$



Μεταλλική δοκός (N + M)

Μειωτικοί συντελεστές και έλεγχος

- Μειωτικοί συντελεστές $\chi_{i,fi}$:

Αντίστοιχα με το παράδειγμα „Μεταλλικός στύλος“

- Λυγισμός:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{min,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_y \cdot M_{y,fi,d}}{W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} = 0.98 \leq 1$$

- Στρέβλωση:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,fi,d}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} = 1.14 \geq 1$$



Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

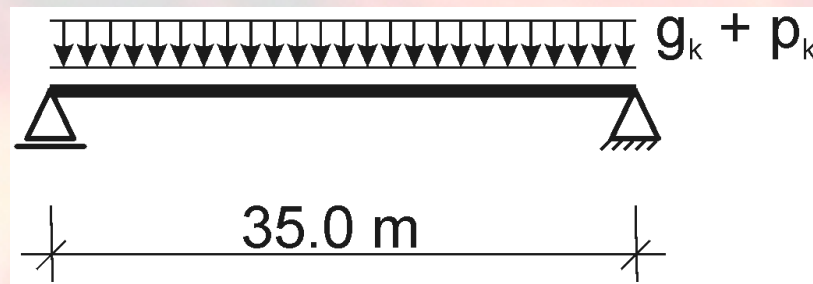
- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ **Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)**

- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

Σκοπός

Καθορισμός της ροπής αντίστασης σχεδιασμού για την κοίλη διατομή.



⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο:

- για μέλη που υπόκεινται σε καμπτικά φορτία
- χωρίς προβλήματα ευστάθειας

EN 1993-1-2: Section 4.2.3.3

Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

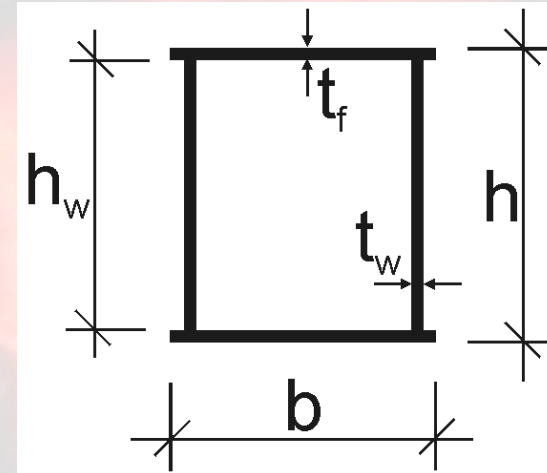
Παράμετροι

Κτίριο: Στέγη
Κλάση πυραντίστασης: R 30

Φορτία: $g_k = 9.32 \text{ kN/m}$
 $p_k = 11.25 \text{ kN/m}$

Προφίλ: Συγκολλητή διατ.
 $h / b = 70 \text{ cm} / 45 \text{ cm}$
 $t_w = t_f = 25 \text{ mm}$

Πυροπροστασία: καμία
Ποιότητα χάλυβα: S 355



Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Συντελεστής για χιόνι: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.0$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 1427.1 \text{ kNm}$$

Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

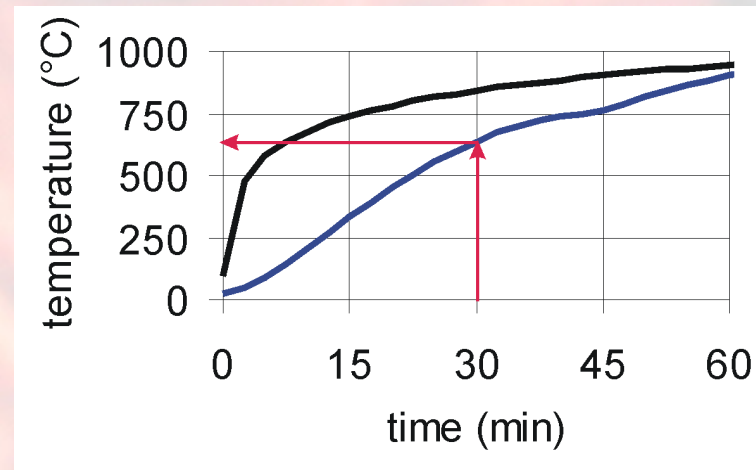
Μέγιστη θερμοκρασία μετάλλου

- Κανονική καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου:

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10} (8 \cdot t + 1)$$

- Καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου του μετάλλου:

$$\Delta\theta_{a,r} = k_{sh} \cdot \frac{A_p / V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot h_{net} \cdot \Delta t$$



Συντελεστής διατομής με ίδιο πάχος $\Rightarrow \frac{A_p}{V} = \frac{1}{t} = 40 \frac{1}{m}$
πελμάτων και κορμού.

Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

Έλεγχος

- Έλεγχος σε θερμοκρασία:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} = 0.31$$

$$\Rightarrow \theta_{a,cr} = 659 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{\theta_{a,max,30}}{\theta_{a,cr}} = 0.98 < 1$$

- Έλεγχος σε αντοχή:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{pl,Rd,20^\circ\text{C}} \cdot k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M,1}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} = 1645.4 \text{ kNm}$$

όπου

$$k_{y,\theta} = 0.360$$

$$\kappa_1 = 1.0$$

$$\kappa_2 = 1.0$$

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,t,Rd}} = 0.87 < 1$$

Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

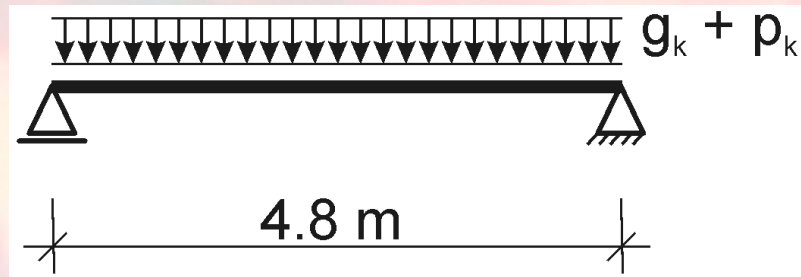
- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ✧ **Σύμμικτη πλάκα**
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Σύμμικτη πλάκα

Σκοπός

Καθορισμός της ροπής αντίστασης σχεδιασμού για τη σύμμικτη πλάκα.



⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο για σύμμικτες πλάκες που εκτίθενται σε πυρκαγιά

EN 1994-1-2: Παράρτημα D

Σύμμικτη πλάκα

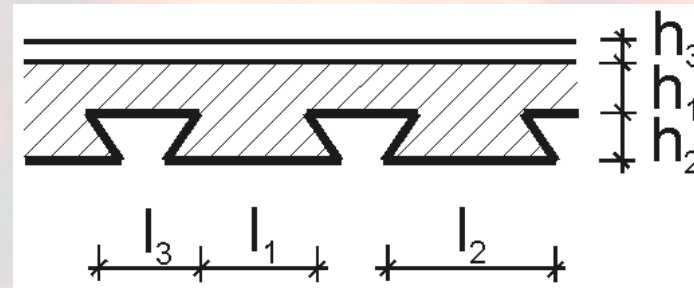
Παράμετροι

Κτίριο: Εμπορικό κέντρο
Κλάση
πυραντίστασης: R 90

Φορτία: $g_k = 4.62 \text{ kN/m}^2$
 $p_k = 5.0 \text{ kN/m}^2$

Ύψος πλάκας: $h = 14.0 \text{ cm}$
Ποιότητα σκυρ.: C 25/30

Χαλυβδόφυλλο: Με εσοχές
 $h_2 = 5.1 \text{ cm}$
Τάση διαρροής: $f_y = 350 \text{ N/mm}^2$



Σύμμικτη πλάκα

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

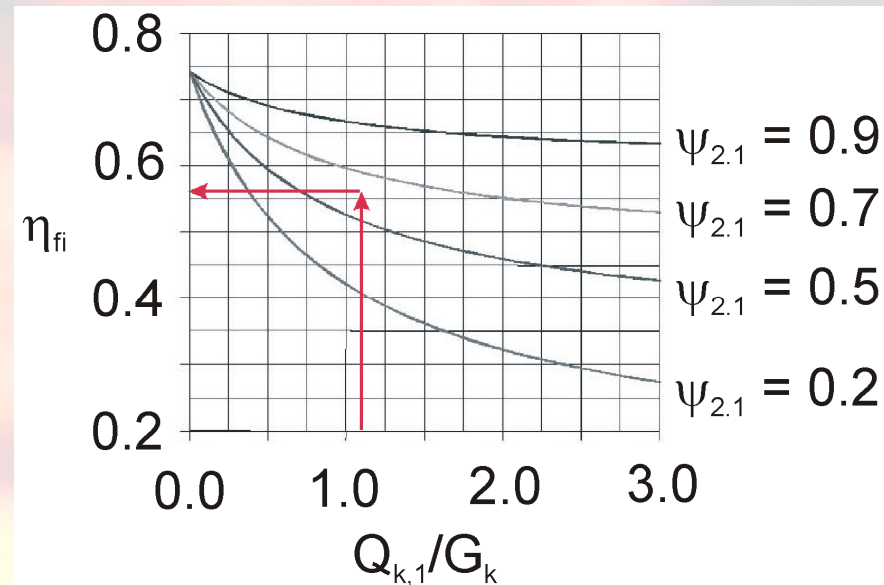
Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\Sigma G_k + A_d + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

$$\frac{Q_{k,1}}{G_k} = \frac{q_{k,1}}{g_k} = 1.1$$

Καμπτική ροπή σε
Κατάσταση πυρκαγιάς:

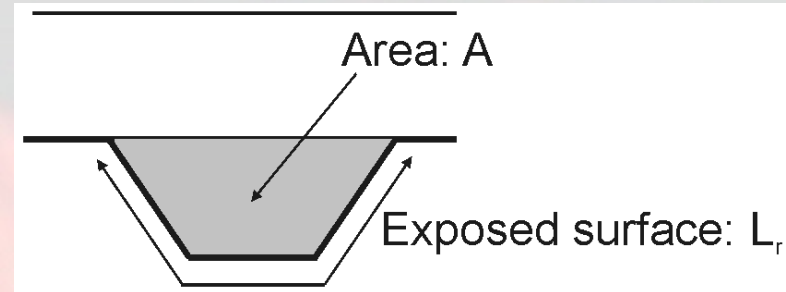
$$M_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot M_{sd} = 21.76 \text{ kNm/m}$$



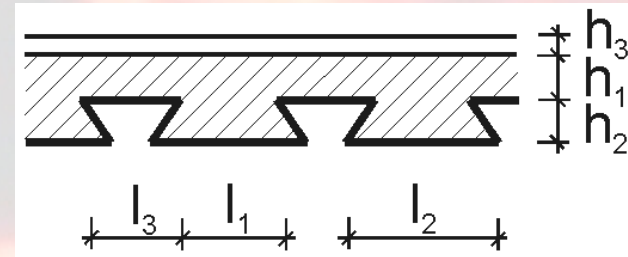
Σύμμικτη πλάκα

Γεωμετρία εσοχής

Ο συντελεστής γεωμετρίας της εσοχής υπολογίζει την ευνοϊκή επίδραση της μάζας και του ύψους της εσοχής.



$$\frac{A}{L_r} = \frac{h_2 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{2}\right)}{l_2 + 2 \cdot \sqrt{h_2^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}} = 27 \text{ mm}$$

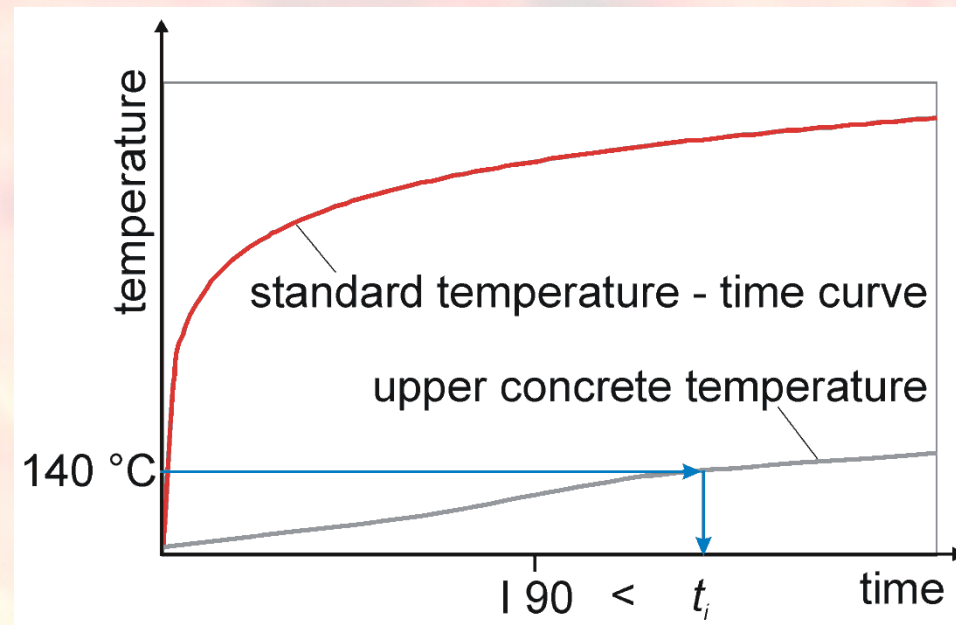


Σύμμικτη πλάκα

Θερμική μόνωση

Η θερμοκρασία στο πάνω μέρος της πλάκας δεν πρέπει να ξεπερνάει τους 140 °C σε μέση τιμή και τους 180 °C σε μέγιστη.

$$t_i = 131.48 \text{ min} > 90 \text{ min}$$



Σύμμικτη πλάκα

Μέγιστες θερμοκρασίες μετάλλου και έλεγχος

- Υπολογισμός των θερμοκρασιών:

Χαλυβδόφυλλο

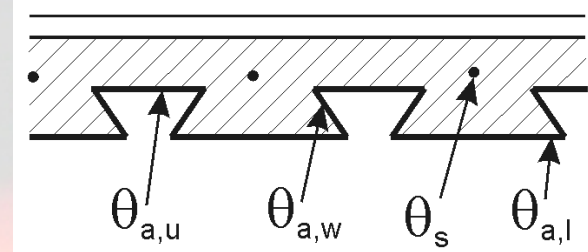
$$\theta_{a,i} = b_{0,i} + b_{1,i} \cdot \frac{1}{l_3} + b_{2,i} \cdot \frac{A}{L_r} + b_{3,i} \cdot \Phi + b_{4,i} \cdot \Phi^2$$

Οπλισμοί ενίσχυσης

$$\theta_s = c_0 + c_1 \cdot \frac{u_3}{h_2} + c_2 \cdot z + c_3 \cdot \frac{A}{L_r} + c_4 \cdot \alpha + c_5 \cdot \frac{1}{l_3}$$

- Έλεγχος:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum A_i \cdot z_i \cdot k_{y,\theta,i} \cdot \left(\frac{f_{y,i}}{\gamma_{M,fi}} \right) + \alpha_{slab} \cdot \sum A_j \cdot z_j \cdot k_{c,\theta,j} \cdot \left(\frac{f_{c,j}}{\gamma_{M,fi,c}} \right)$$
$$= 25.00 \text{ kNm/m} > 21.76 \text{ kNm/m}$$



Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

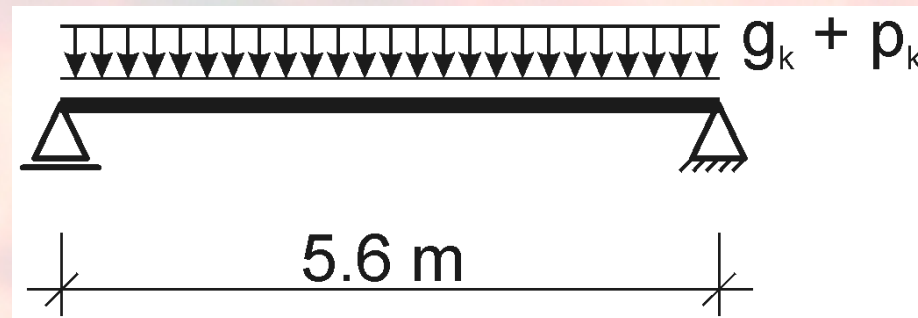
- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ **Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)**
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Σκοπός

Καθορισμός της ροπής αντίστασης σχεδιασμού για τη σύμμικτη πλάκα.



⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο για σύμμικτες πλάκες που εκτίθενται σε πυρκαγιά

EN 1994-1-2: Παράρτημα E

Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Παράμετροι

Κτίριο: Κτίριο γραφείων

Κλάση πυραντίστασης: R 60

Φορτία: $g_k = 28.0 \text{ kN/m}$

$p_k = 15.0 \text{ kN/m}$

Ύψος πλάκας: $h_c = 16.0 \text{ cm}$

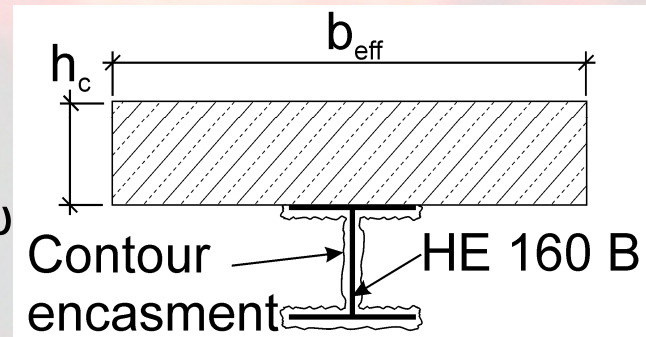
Ποιότητα σκυροδέματος: C 25/30

Προφίλ: Θερμής ελάσεως
HE 160 B

Πυροπροστασία: Περίβλημα από
γύψο

($d_p = 1.5 \text{ cm}$)

Ποιότητα χάλυβα: S 235



Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

Συντελεστής για γραφεία: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 127.4 \text{ kNm}$$

Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Μέγιστη θερμοκρασία μετάλλου

Άνω πέλμα:

$$\theta_{a,max,u} \approx 390 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 1.0$$

Κορμός:

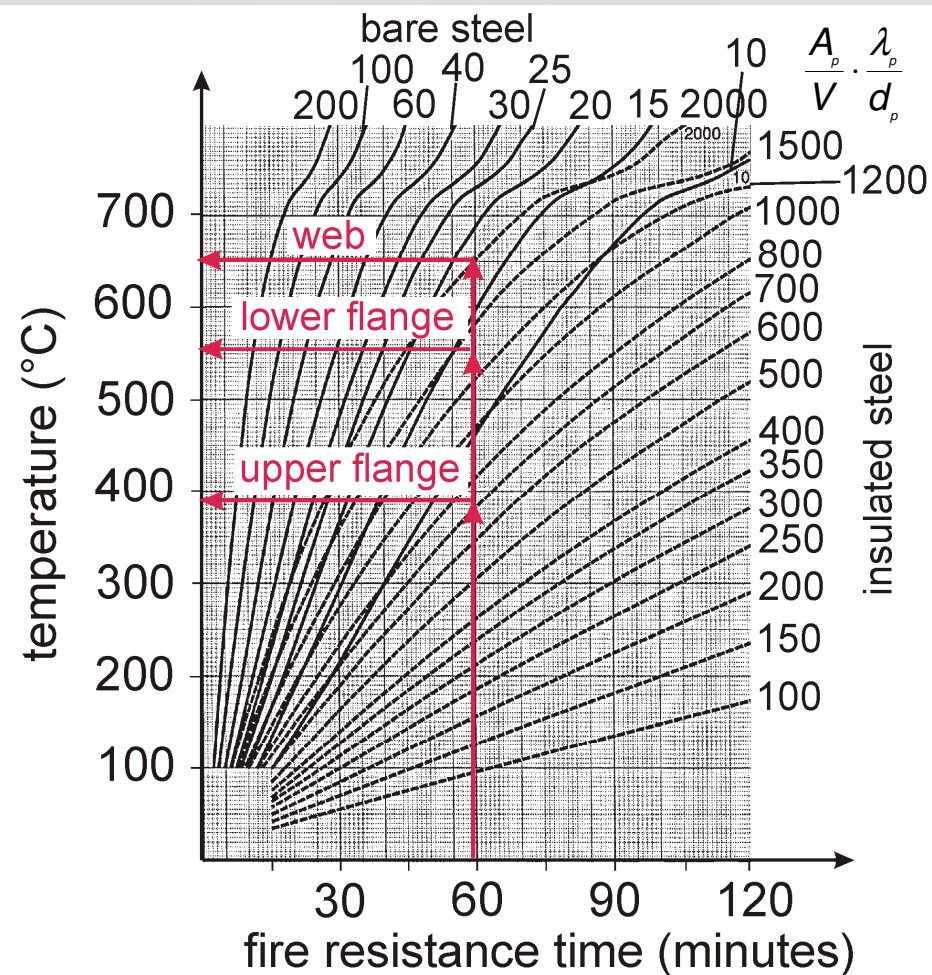
$$\theta_{a,max,w} \approx 650 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.350$$

Κάτω πέλμα:

$$\theta_{a,max,l} \approx 550 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow k_{y,\theta} = 0.625$$



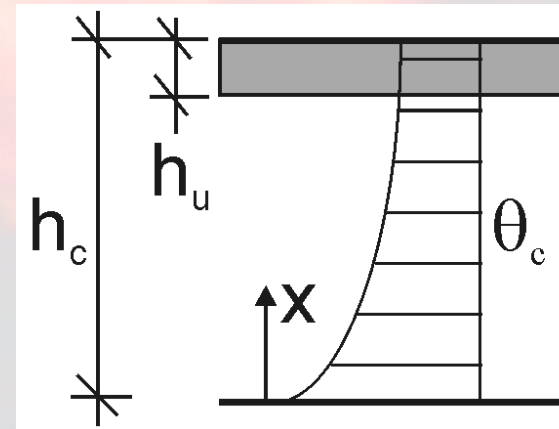
Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Θερμοκρασίες του σκυροδέματος στη θλιπτική ζώνη

Έλεγχος, αν οι θερμοκρασίες στη θλιπτική ζώνη είναι μικρότερες από 250 °C:

$$(h_c - h_u) = 12.2 \text{ cm} > x = 5 \text{ cm}$$

⇒ Η θλιπτική αντοχή του σκυροδέματος δεν μειώνεται.



όπου

x : Ζώνη σκυροδέματος με θερμοκρασίες $\theta_c > 250 \text{ °C}$

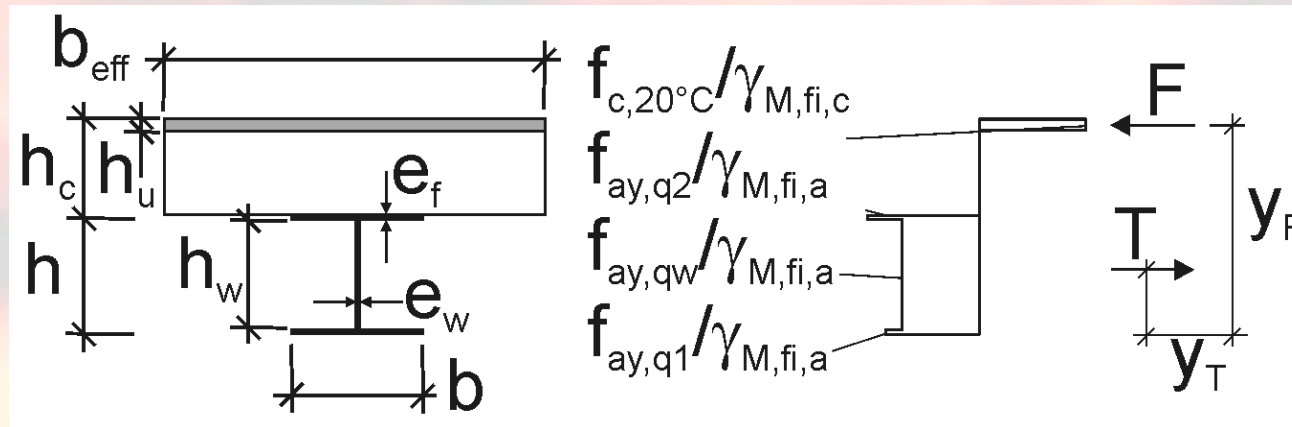
h_u : Ύψος θλιπτικής ζώνης

Σύμμικτη δοκός (μεταλλική δοκός)

Ροπή αντίστασης σχεδιασμού στο άνοιγμα και έλεγχος

- Ροπή αντίστασης σχεδιασμού στο άνοιγμα:

$$M_{fi,Rd} = T \cdot (y_F - y_T) = 274.2 \text{ kNm}$$



- Έλεγχος:

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,Rd}} = 0.46 < 1$$

Παραδείγματα – Σύνοψη

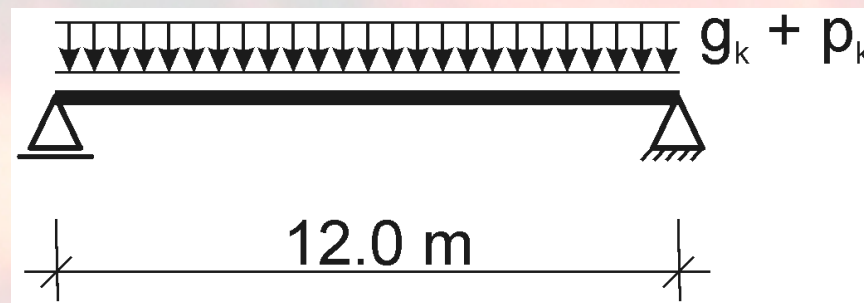
- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ **Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)**
 - ✧ Σύμμικτος στύλος

Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη) Σκοπός

Καθορισμός της ροπής αντίστασης σχεδιασμού για τη σύμμικτη δοκό.



⇒ Απλό υπολογιστικό μοντέλο για σύμμικτες δοκούς που αποτελούνται από μεταλλικές δοκούς και μερική επικάλυψη από σκυρόδεμα και εκτίθενται σε πυρκαγιά.

EN 1994-1-2: Παράρτημα F

Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη) Παράμετροι

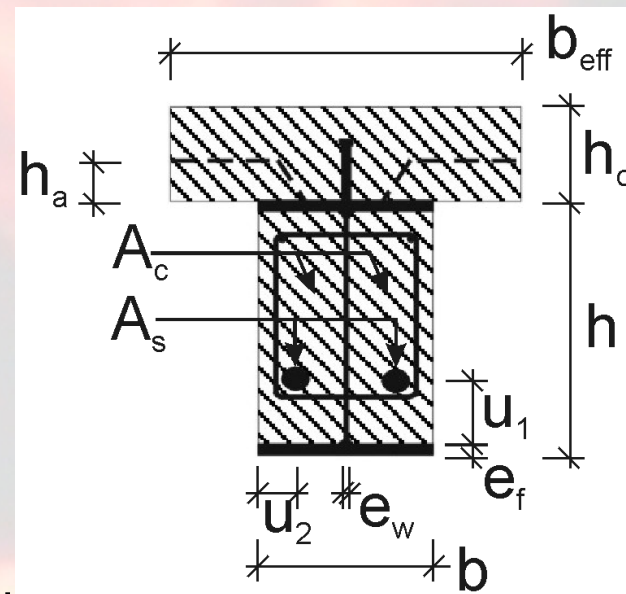
Κτίριο: Αποθήκη
Κλάση πυραντίστασης: R 90

Φορτία: $g_k = 21.0 \text{ kN/m}$
 $p_k = 30.0 \text{ kN/m}$

Ύψος πλάκας: $h_c = 16 \text{ cm}$
Κατηγορία σκυροδέματος: C 25/30

Πάχος επικάλυψης: $b_c = b = 20 \text{ cm}$
Κατηγορία σκυροδέματος: C 25/30

Προφίλ: Θερμής ελάσεως
IPE 500
Ποιότητα χάλυβα: S 355



Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

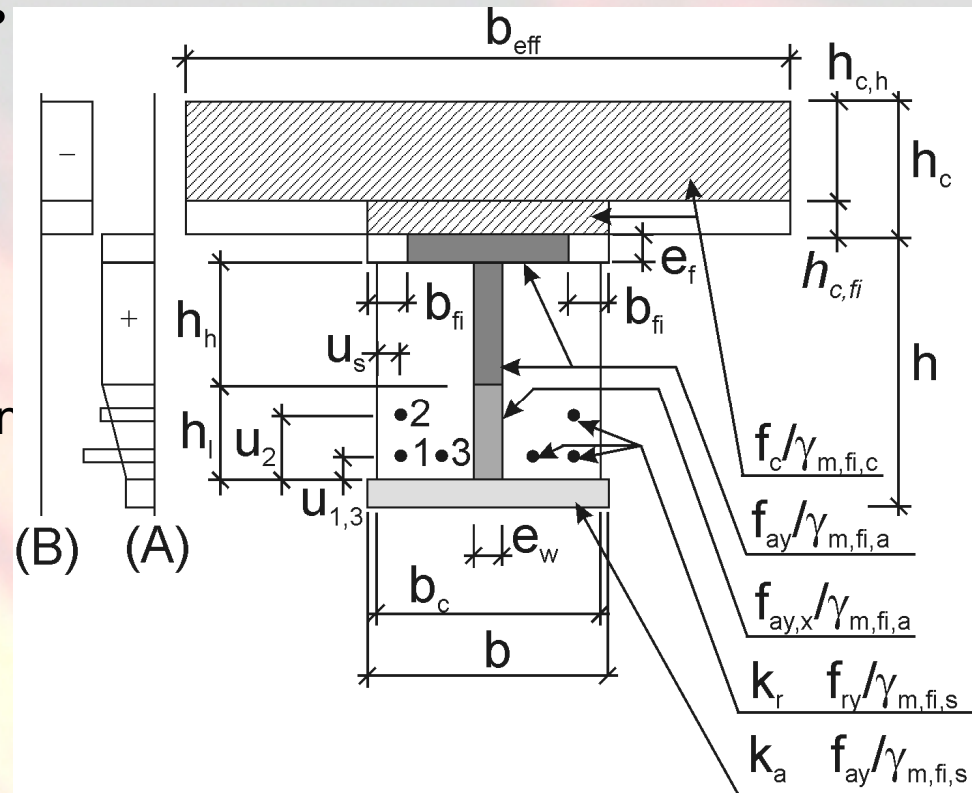
Συντελεστής για αποθήκες: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.8$

$$\Rightarrow M_{fi,d} = 810.0 \text{ kNm}$$

Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)

Μείωση της διατομής σε κατάσταση πυρκαγιάς

- Πλάκα σκυροδέματος
 - ❑ Μείωση ύψους
- Άνω πέλμα
 - ❑ Μείωση πλάτους
- Κορμός
 - ❑ Καθορισμός του ύψους χωρίς μείωση αντοχής
- Κάτω πέλμα
 - ❑ Μείωση αντοχής
- Οπλισμοί
 - ❑ Μείωση αντοχής



Σύμμικτη δοκός (μερικώς καλυμμένη)

Ροπή αντίστασης σχεδιασμού στο άνοιγμα και έλεγχος

- Ροπή αντίστασης σχεδιασμού στο άνοιγμα:

$$M_{fi,Rd} = \sum T_i \cdot z_i = 942.7 \text{ kNm}$$

όπου

T_i : εφελκυστική δύναμη μέρους της διατομής

z_i : απόσταση από την εφελκυστική στη θλιπτική δύναμη

- Έλεγχος:

$$\frac{M_{fi,d}}{M_{fi,Rd}} = 0.86 < 1$$

Παραδείγματα – Σύνοψη

- Δράσεις
 - ✧ Διαμερισματική πυρκαγιά
 - ✧ Τοπική πυρκαγιά

- Μέταλλο
 - ✧ Μεταλλικός στύλος
 - ✧ Μεταλλική δοκός (N + M)
 - ✧ Μεταλλική δοκός (Κοίλη διατομή)

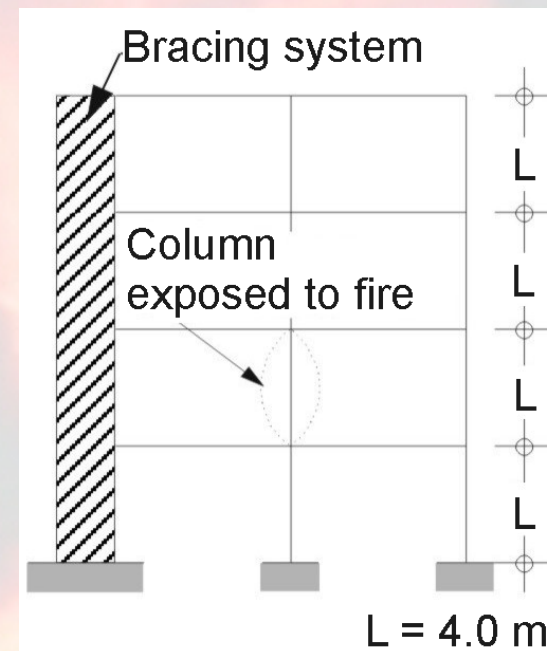
- Σύμμικτα
 - ✧ Σύμμικτη πλάκα
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μεταλλική δοκός)
 - ✧ Σύμμικτη δοκός (Μερικώς καλυμμένη)
 - ✧ **Σύμμικτος στύλος**

Σύμμικτος στύλος

Σκοπός

Καθορισμός της αξονικής αντίστασης σχεδιασμού για το σύμμικτο στύλο.

⇒ Απλή υπολογιστική μέθοδος για σύμμικτους στύλους που εκτίθενται σε πυρκαγιά και μέθοδος με πίνακες



EN 1994-1-2: Παράρτημα G

EN 1994-1-2: Παράγραφος 4.2.3.3

Σύμμικτος στύλος

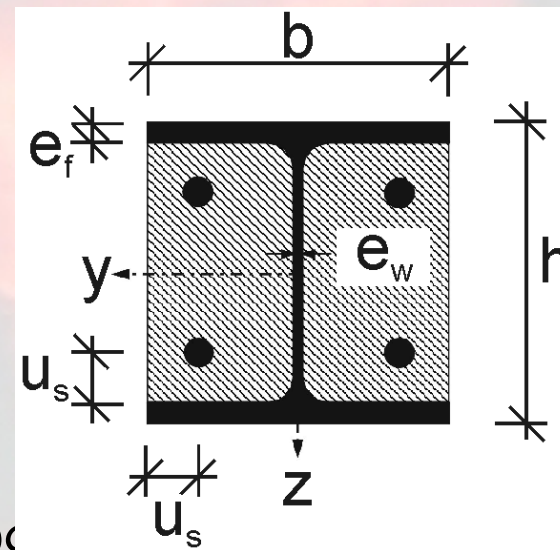
Παράμετροι

Κτίριο: Κτίριο γραφείων
Κλάση πυραντίστασης: R 60

Φορτία: $G_k = 960.0 \text{ kN}$
 $P_k = 612.5 \text{ kN}$

Ποιότητα
Σκυροδέματος: C 25/30

Προφίλ: Θερμής ελάσεως,
HE 300 B
Ποιότητα χάλυβα: S 235



Σύμμικτος στύλος

Μηχανικές δράσεις κατά την έκθεση σε πυρκαγιά

Τυχηματική κατάσταση:

$$E_{dA} = E \cdot (\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})$$

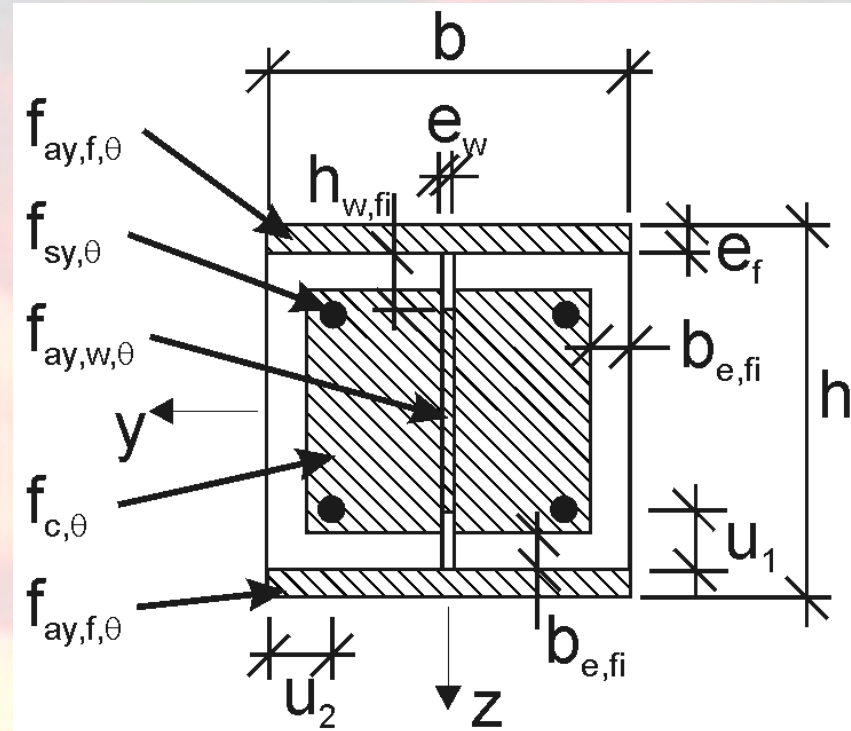
Συντελεστής για γραφεία: $\Rightarrow \psi_{2,1} = 0.3$

$$\Rightarrow N_{fi,d} = 1143.8 \text{ kN}$$

Σύμμικτος στύλος

Μείωση της διατομής σε κατάσταση πυρκαγιάς

- Πέλματα
 - ✧ Μείωση αντοχής
 - ✧ Μείωση δυσκαμψίας
- Κορμός
 - ✧ Μείωση ύψους
 - ✧ Μείωση αντοχής
 - ✧ Μείωση δυσκαμψίας
- Οπλισμοί
 - ✧ Μείωση αντοχής
 - ✧ Μείωση δυσκαμψίας
- Σκυρόδεμα
 - ✧ Μείωση πάχους
 - ✧ Μείωση αντοχής
 - ✧ Μείωση δυσκαμψίας



Σύμμικτος στύλος

Αξονική αντίσταση σχεδιασμού και έλεγχος

- Υπολογισμός της αξονικής αντίστασης:

$$N_{fi,pl,Rd} = \sum N_{fi,pl,Rd,i} = 2659.8 \text{ kN}$$

όπου

$N_{fi,pl,Rd,i}$ πλαστική αξονική αντίσταση διαφόρων μελών

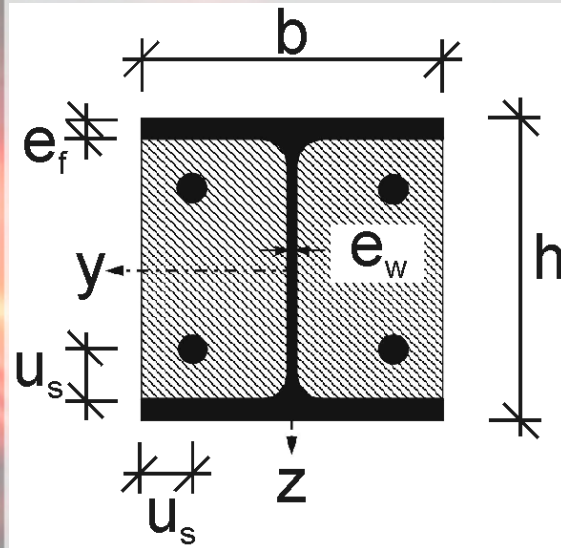
- Λυγισμός:

$$\frac{N_{fi,d}}{\chi_{z,fi} \cdot N_{fi,pl,Rd}} = 0.50 \leq 1$$

$\chi_{z,fi}$ υπολογίζεται παρόμοια με το παράδειγμα „Μεταλλικός στύλος“

Σύμμικτος στύλος

Πινακοποιημένη μέθοδος



Παράμετροι:

$$e_w/e_f = 0.58$$

$$\eta_{fi,t} = 0.28$$

$$b = h = 300 \text{ mm}$$

$$u_s = 50 \text{ mm}$$

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} = 3\% \quad \text{⚡}$$

		R30	R60
	Minimum ratio of web to flange thickness e_w/e_f	0,5	0,5
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,28$		
1.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	200
1.2	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	50
1.3	minimum ratio of reinforcement $A_s/(A_c+A_s)$ in %	-	4