

Esempi recenti di realizzazione in Europa



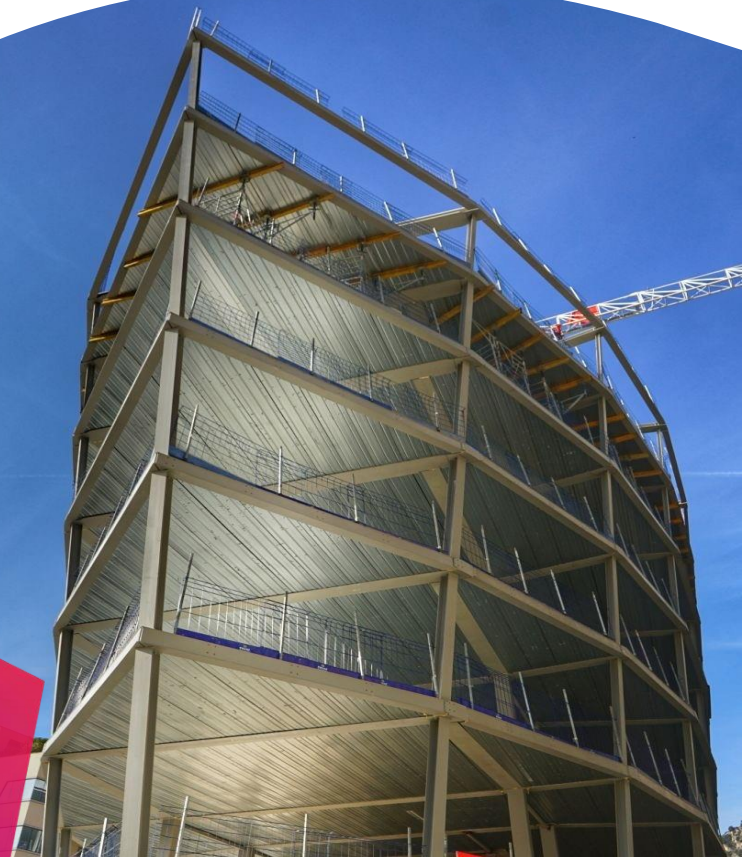
La resistenza al fuoco delle costruzioni in Acciaio ai sensi delle Norme Tecniche di Prevenzione Incendi e delle Norme Tecniche delle Costruzioni

Roma 5 Novembre 2024

Riccardo ZANON

Senior Structural Engineer - ArcelorMittal Global R&D

Riccardo.Zanon@arcelormittal.com



Introduzione

Riccardo ZANON

Laureato in Ingegneria Civile indirizzo Strutture presso l'Università di Trento e l'Università di Dresda, dopo una breve esperienza in Italia ha integrato ArcelorMittal Lussemburgo nel 2008. Ha ricoperto vari ruoli riguardo a temi di ricerca applicata, progettazione e verifica strutturale, lavorazioni in officina e problematiche di montaggio in cantiere. I campi di applicazione sono stati sia l'edilizia civile che le infrastrutture, spesso in relazione con strutture miste acciaio – calcestruzzo. Dal 2020 collabora con l'Università del Lussemburgo su temi di ricerca relativi all'applicazione di calcestruzzi speciali nelle strutture composte. E' attualmente membro del comitato redattore dell'Eurocodice 4 e del Consiglio direttivo del CTA.



Premessa

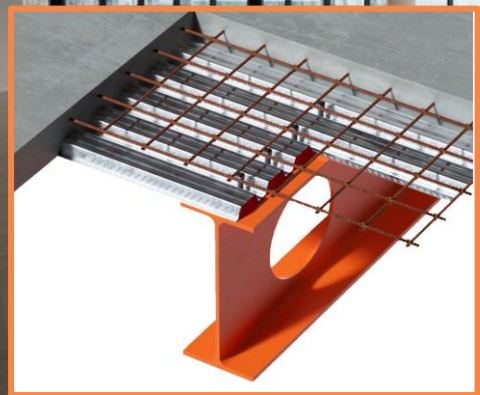
La presentazione odierna propone una rapida panoramica di alcuni edifici realizzati con ossatura metallica o mista acciaio-clc., mostrando come il tema della resistenza al fuoco sia stato trattato nel caso specifico.

Le considerazioni sono riferite esclusivamente all'esperienza dell'autore o al suo contributo nello specifico progetto, contributo che è stato parziale e limitato ad alcuni aspetti della progettazione.

I crediti dei progetti mostrati nelle prossime slides appartengono alle imprese di costruzione e agli studi di progettazione responsabili.

OUTLINE

- EDIFICI AD USO TERZIARIO



Esempio: Tour D2 Parigi (2015)

- Struttura duale: nucleo in cls. ed esoscheletro in acciaio in facciata
- Solai realizzati in sistema misto acciaio – cls. con lamiera grecata su trave alveolare



Esempio: Tour D2 Parigi (2015)

- Criterio di resistenza al fuoco della struttura metallica: R120
- Travi, colonne e solette protette con intonaci spruzzati.



Esempio: Travi con apertura in anima per uso a Biblioteca (2023)

- Università Cattolica del Sacro Cuore. Riqualificazione della Sala di Consultazione Giuseppe Billanovi.
- Progetto CMR, layout architettonico
- CEAS, progettazione architettonica e strutturale
- Protezione con spray ignifugi e carpenteria metallica integrate nel controsoffitto
- Source: Linkedyn page CEAS (www.ceas.it). Copyright: CEAS.



PROGETTO CMR
MASSIMO ROJ ARCHITECTS



Edificio J5 BOBST a Mex (CH)

- Estensione di un sito industrial in Svizzera (2009-2011)
- Per l'edificio a uffici é stato utilizzato un approccio di incendio naturale che ha permesso di ottimizzare la protezione antincendio
- Collaborazione con Eric Tonicello
- Articolo: Structural Fire Design and Optimisation of a Building
Eric Tonicello, MP Ingénieurs Conseils SA, Switzerland; Olivier Vassart; Riccardo Zanon; ArcelorMittal, Luxemburg and Jean - Marc Franssen, University of Liège, Belgium.



Période de réalisation:

2009 - 2011

Maître d'ouvrage:

Bobst SA - Prilly

Lieu:

Mex

Ingénieur civil:

MP ingénieurs conseils S.A.

Partenaires:

• Architecte :

RDR architectes SA - Lausanne

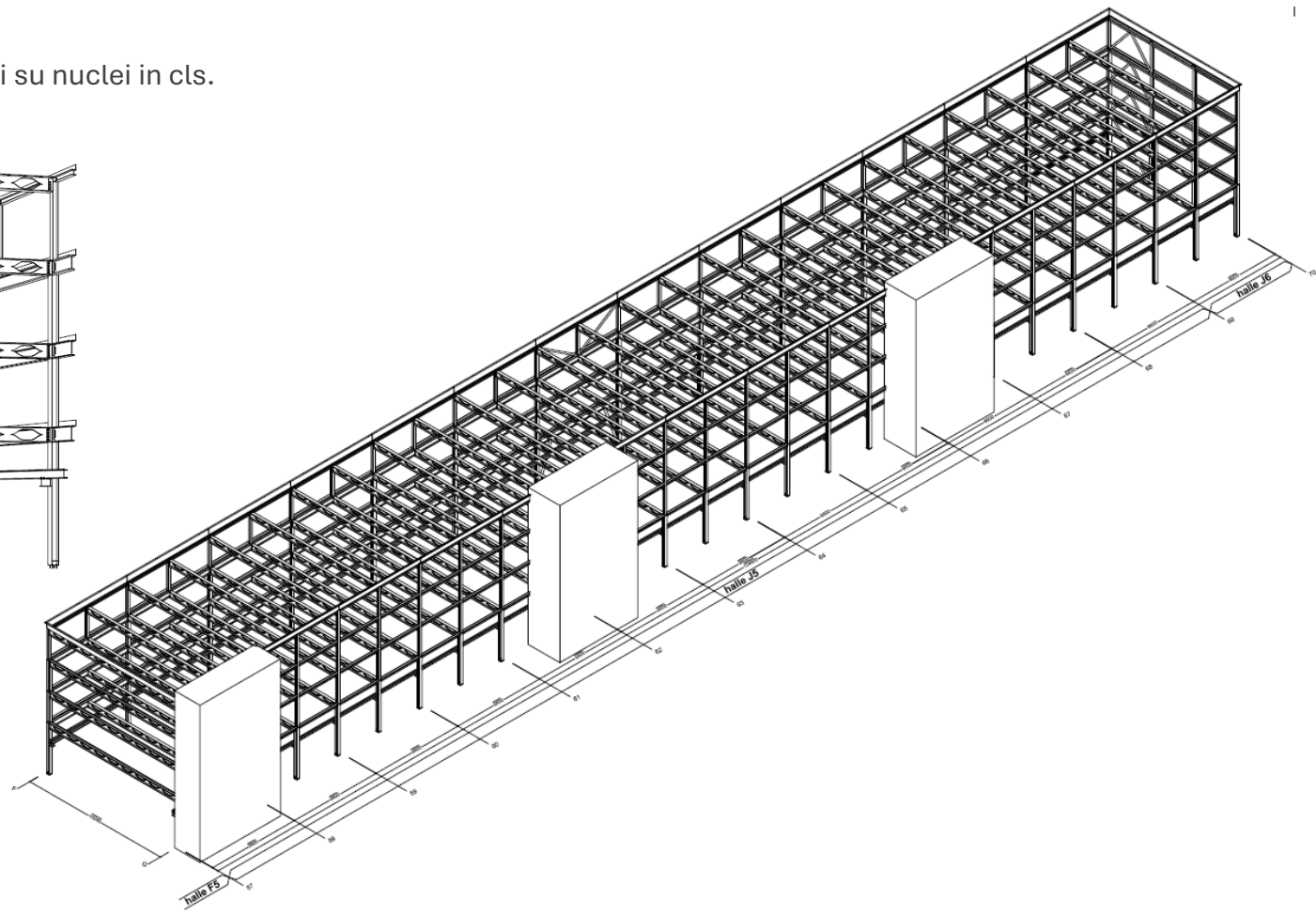
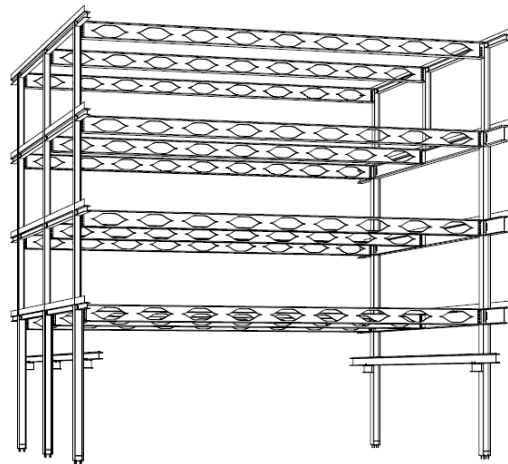
• Géotechnicien :

Karakas et Français S.A. - Lausanne



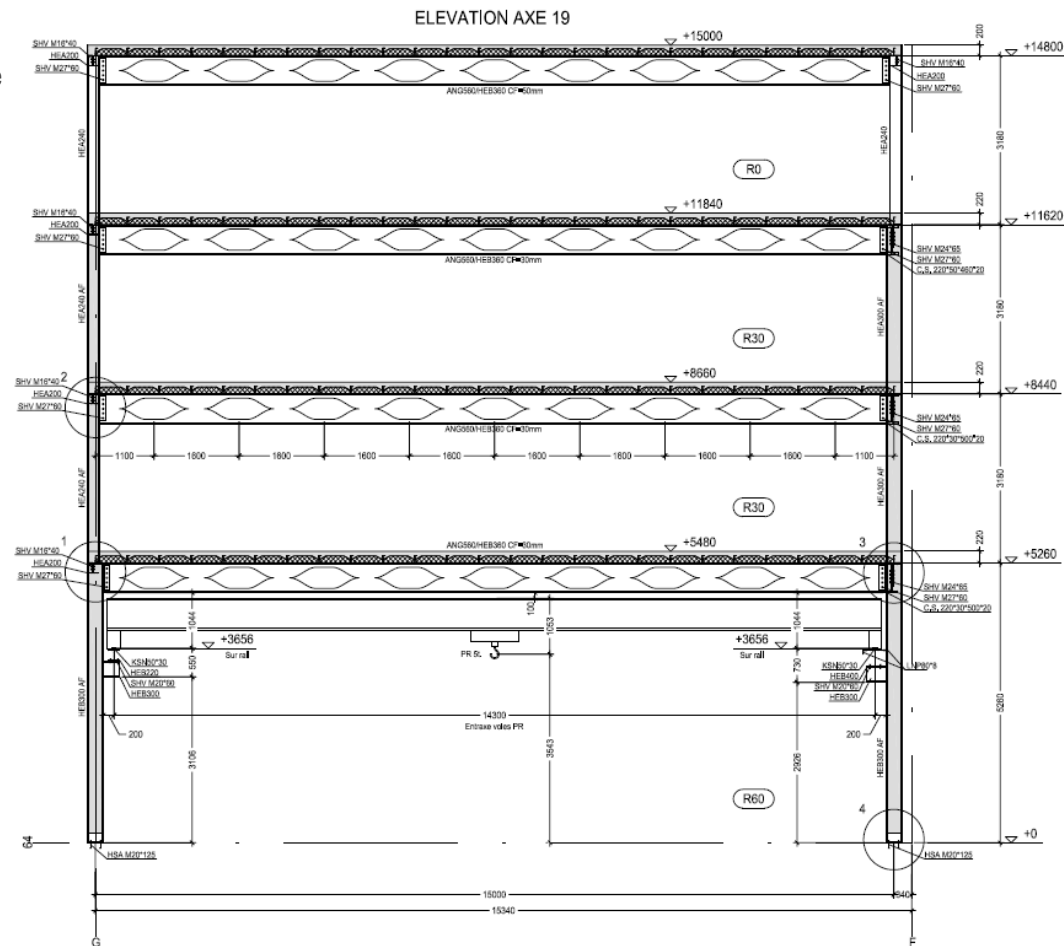
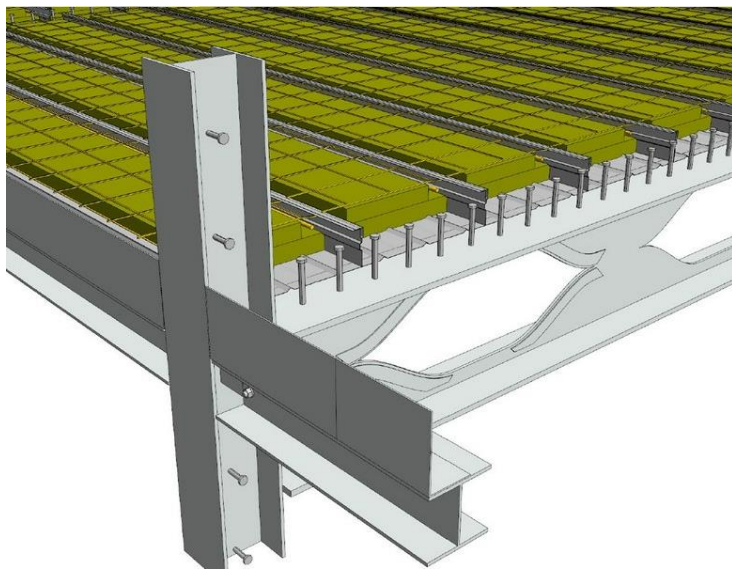
Schema strutturale

- Telai pendolari controventati su nuclei in cls.



Telaio tipo

- Soletta tipo Cofradal con lamiera grecata, isolante in lana di roccia integrata e getto completo di cls.
- Interasse travi 4.8m, travi luce 15.0m (asse-asse)
- Travi alveolari tipo Angelina da HEB360 S460
- Colonne HE300A/B S355 rivestite di cls. tra le ali





Colonne acciaio
HEA240 non protette

Travi alveolari non
protette verificate
con curva di incendio
naturale

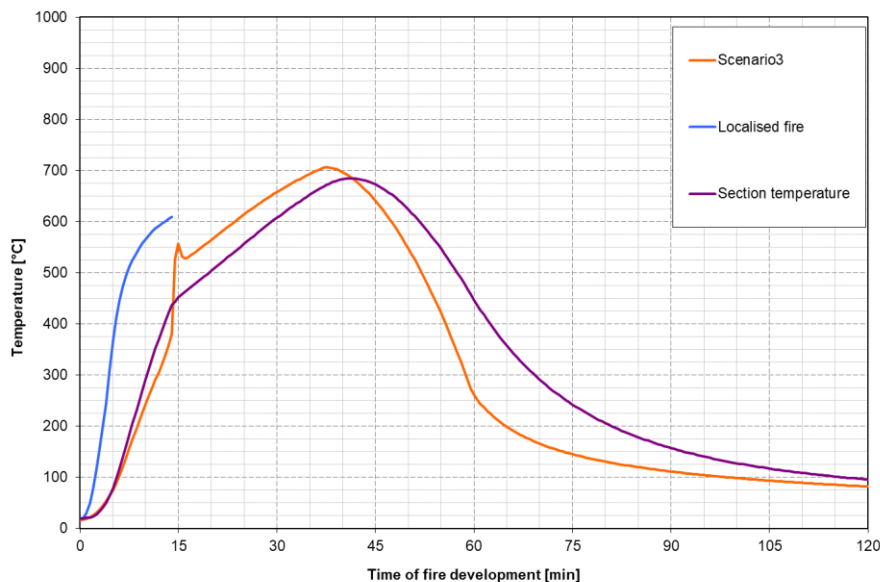
Travi alveolari
protette con vernice
intumescente
verificate con curva
ISO R60

Colonne miste
HE300 con cls. Tra le
ali – ISO R60



Curva di incendio naturale

- Calcolo del carico d'incendio basato sull'annesso E dell'Eurocodice 1-2
- Gli scenari di incendio sono stati proposti su base di modelli a due zone con software Ozone, tenendo in conto vari scenari possibili.
- Si considera inoltre un'interazione con un fuoco localizzato, tenendo in conto il caso piu' sfavorevole.



Esempio scenario incendio a titolo indicativo

Mesures de prévention actives de lutte contre le feu:

COMPARTIMENTS 1, 2, 3, 4, 5									
δ_{ai} Fonction de mesures actives de lutte contre le feu									
Suppression automatique du feu			Détection automatique du feu		Suppression manuelle du feu				
Système d'extinction à eau automatique	Approvisionnement en eau indépendants		Détection automatique du feu et alarme par la chaleur	Détection automatique du feu et alarme par la fumée	Alarme automatique transmise aux pompiers	Pompiers sur site	Pompiers hors site	Voies d'accès libres	Système de désenfumage
δ_{i1}	0	1	2	δ_{i3}	δ_{i4}	δ_{i5}	δ_{i6}	δ_{i7}	δ_{i8}
0,61	1,0	0,87	0,7	0,87 ou 0,73	0,87	0,87	0,81 ou 0,78	0,9 ou 1,0 ou 1,5	1,0 ou 1,5

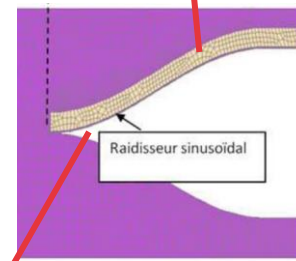
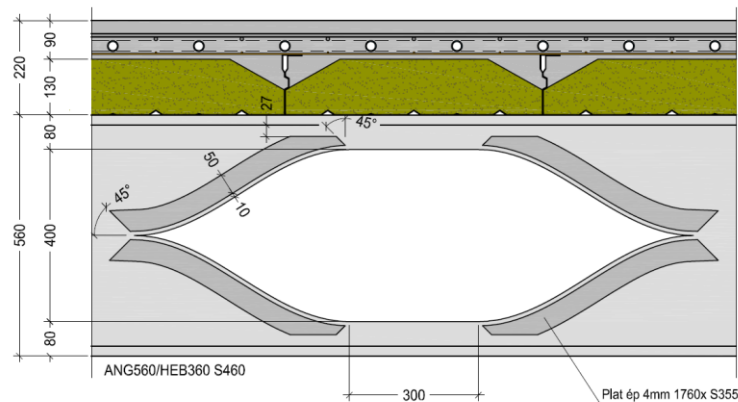
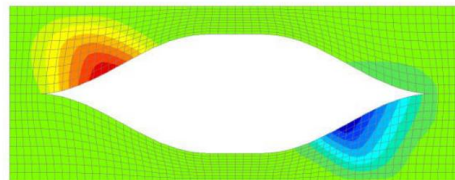
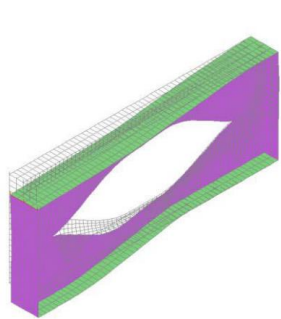
Système d'extinction à eau automatique	NON	$\delta_{i1}=1.0$
Approvisionnement en eau indépendants	0	$\delta_{i2}=1.0$
Détection automatique du feu et alarme par la chaleur	OUI	$\delta_{i3}=1.0$
Détection automatique du feu et alarme par la fumée	OUI	$\delta_{i4}=0.73$
[2] E.1 (5) Tableau E.2 NOTE 3 : Au cas où la détection et l'alarme sont prévus simultanément par la chaleur et la fumée, un seul des coefficients δ_{i3} ou δ_{i4} sera utilisé; c'est-à-dire on choisit $\delta_{i3}=1.0$ et $\delta_{i4}=0.73$.		
Alarme automatique transmise aux pompiers	OUI	$\delta_{i5}=0.87$
Pompiers sur site	NON	$\delta_{i6}=1.0$
Pompiers hors site	OUI	$\delta_{i7}=1.0$
[2] E.1 (5) Tableau E.2 NOTE 1 : Toutes les valeurs numériques des coefficients du tableau E.2 sont à utiliser à l'exception de celle du coefficient δ_{i7} correspondant à l'intervention des pompiers hors site c'est-à-dire des services d'incendie volontaires ou professionnels, dont la valeur est à prendre comme $\delta_{i7}=1.0$.		
Voie d'accès libre	OUI	$\delta_{i8}=1.0$
Equipement de lutte contre le feu	OUI	$\delta_{i9}=1.0$
Système de désenfumage	OUI	$\delta_{i10}=1.0$
[2] E.1 (3) Tableau E.2 NOTE 4 : En ce qui concerne les voies d'accès, les équipements de lutte contre le feu et les systèmes de désenfumage dans les escaliers, par principe des mesures minimales contre le feu imposées par la réglementation en vigueur qui devraient toujours être présentes, cela justifie de choisir comme coefficients $\delta_{i8}=\delta_{i9}=\delta_{i10}=1.0$. Néanmoins si ces mesures minimales sont inexistantes, soit non conformes à la réglementation, les valeurs numériques des δ_{ai} correspondants doivent être pris égales à 1.5.		



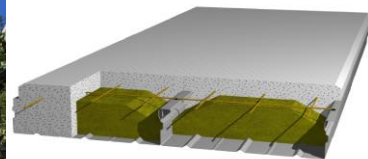
Dettaglio

Dettaglio trave alveolare

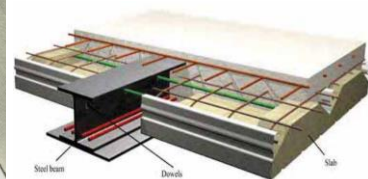
- Per risolvere il problema dell'instabilità dell'anima in corrispondenza della prima apertura si studiarono dei rinforzi particolari dal punto di vista numerico, validati in seguito anche sperimentalmente.



Ilot Pasteur, Monaco
Esempio travi integrate in
spessore di solaio



Solaio misto per lamiera
apparente tipo Cofradal



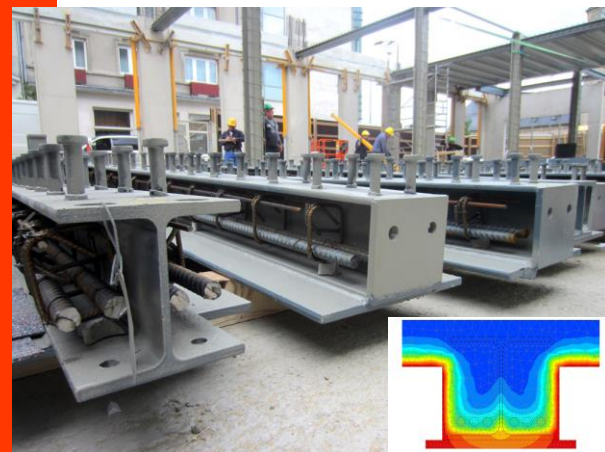
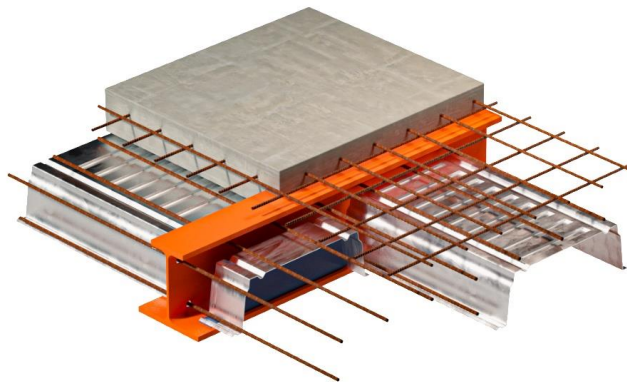
Travi integrate in spessore
di solaio

Travi integrate in spessore di solaio

Possibile ottenere fino a R120 con curva nominale grazie ad un gradiente termico favorevole nella sezione.

Galerie Kons Luxembourg, R90 (2016)

- Solai e travi non protette, armature aggiuntive
- Colonne HE completamente rivestite in cls.



OUTLINE

- EDIFICI AD USO TERZIARIO
- EDIFICI AD USO PARTICOLARE

CNIS, Centre National d'Intervention de Secours
Luxembourg



**Schroeder
& Associés**

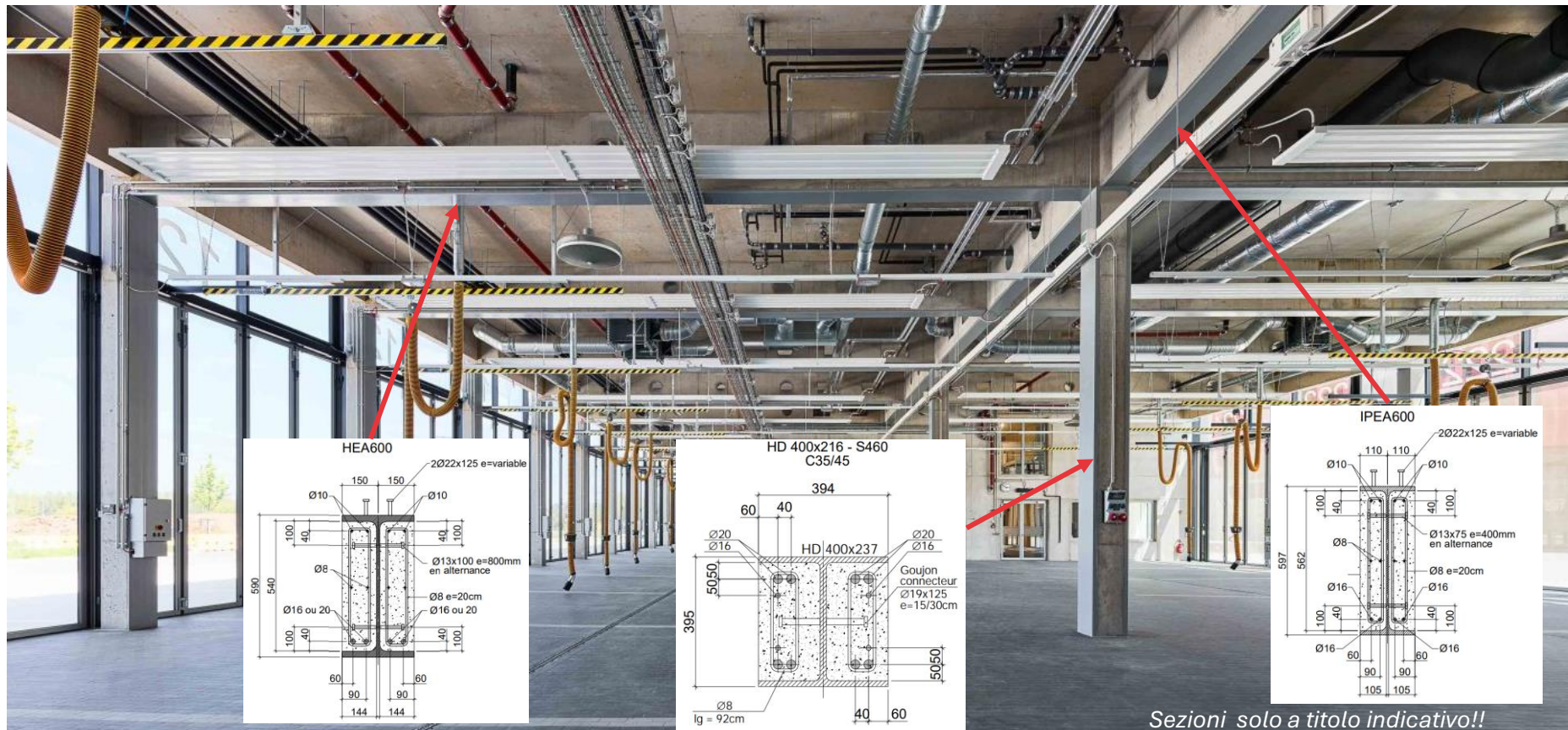


Travi parzialmente rivestite di calcestruzzo

- Resistenza al fuoco con curva ISO standard R120



Schroeder
& Associés



Sezioni solo a titolo indicativo!!



Profili parzialmente rivestiti di cls. ARBED concept for Anti-Fire steel construction

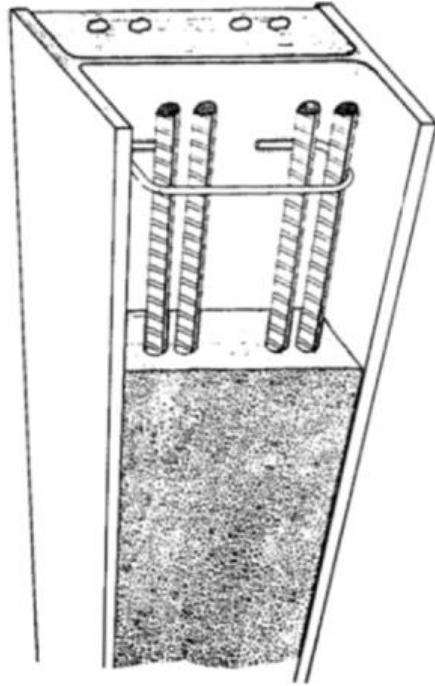


Fig. 2. — Section de profil mixte.

First patent:
*ARBED-Fireproofcomposite
construction AF 30/120*, Turin, June
1982.



Fig. 10. — Colonne mixte AF 120 reprenant des charges jusque 8000 kN et supportant directement des planchers massifs en béton.

Eurocode 4:

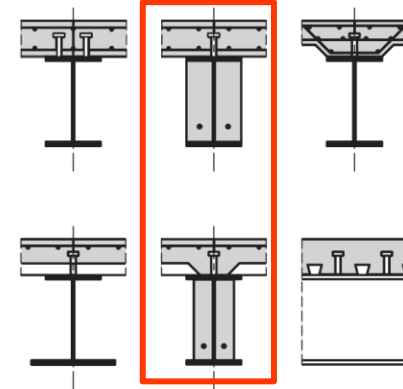


Figure 6.1 : Typical cross-sections of composite beams

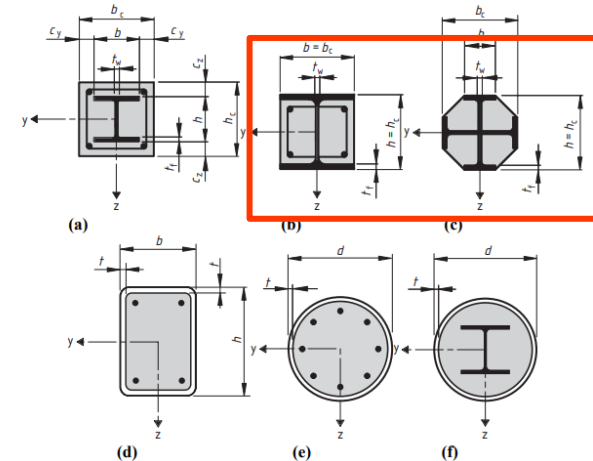
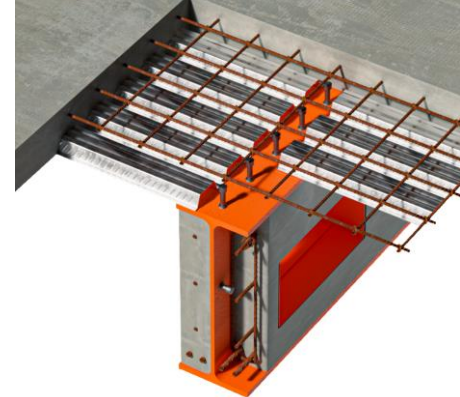


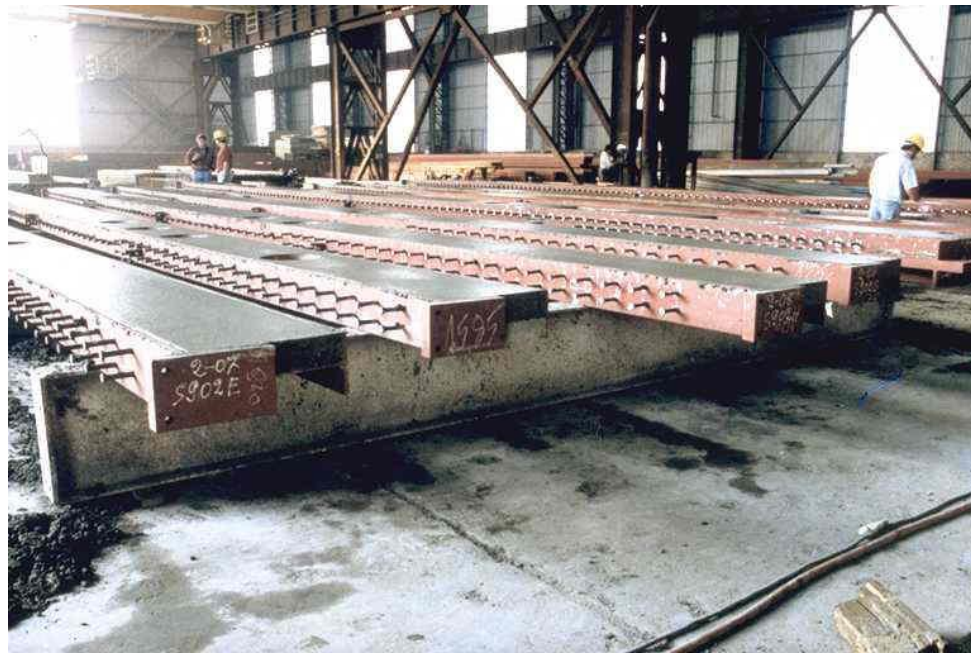
Figure 6.17 : Typical cross-sections of composite columns and notation

Travi parzialmente rivestite di calcestruzzo

- Strutture miste Acciaio-clt. che richiedono un procedimento produttivo peculiare che garantisce una resistenza al fuoco immanente ma inoltre dei vantaggi dal punto di vista del calcolo strutturale a freddo (stabilità, rigidità).



Prefabbricazione in stabilimento



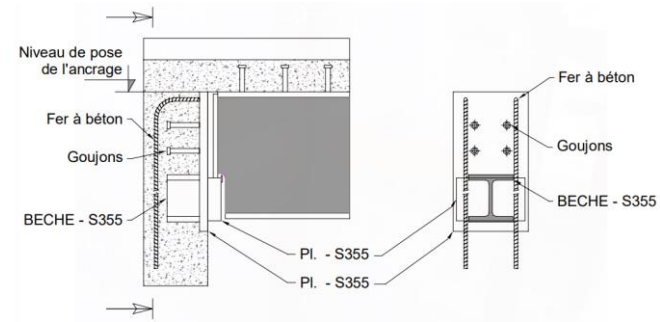
Prefabbricazione in opera





Possibilità di prevedere
forometria nell'anima
delle travi per il
passaggio degli impianti







OUTLINE

- EDIFICI AD USO TERZIARIO
- EDIFICI AD USO PARTICOLARE
- **AUTORIMESSE FUORI TERRA**

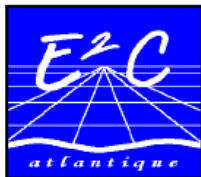
Parking aereoport de Toulouse Blagnac

- 7 piani, 70 000m2 di orizzontamenti costruiti, 3200 stalli
- Realizzazione 2009 - 2011
- Al momento della messa in servizio costituiva la piu' grande autorimessa fuori terra in Francia.



Parking aereoport de Toulouse Blagnac

- Collaborazione con Christian LaBetoulle per la verifica a fuoco naturale
- Crediti foto:



CASTEL&FROMAGET
FAYAT GROUP



Parking aeroporto de Toulouse Blagnac

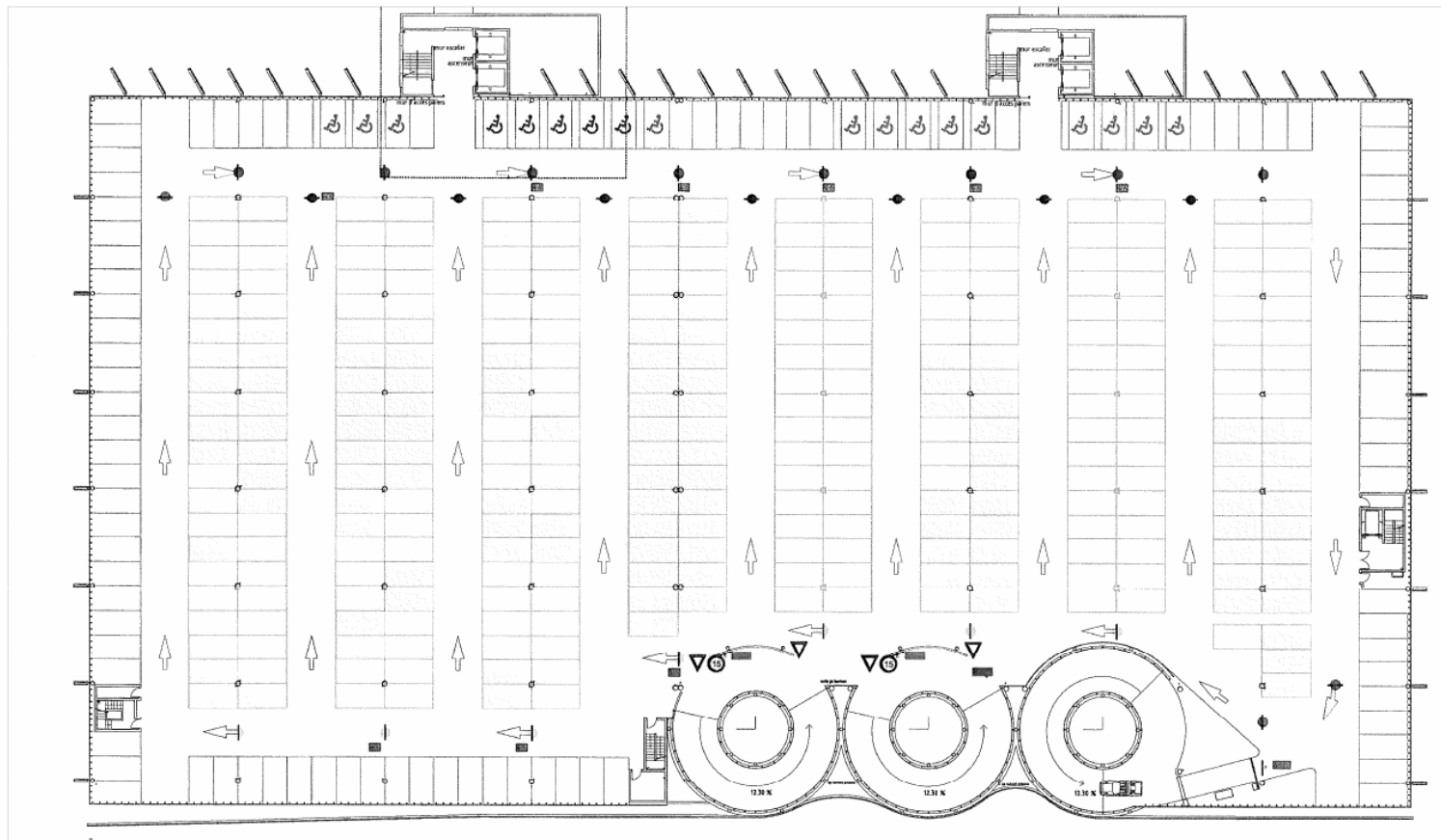
Colonne metalliche circolari
riempite di cls. verificate R90 con
curva ISO nominale

Orizzontamenti in struttura mista
Acciaio-calcestruzzo non protetta:

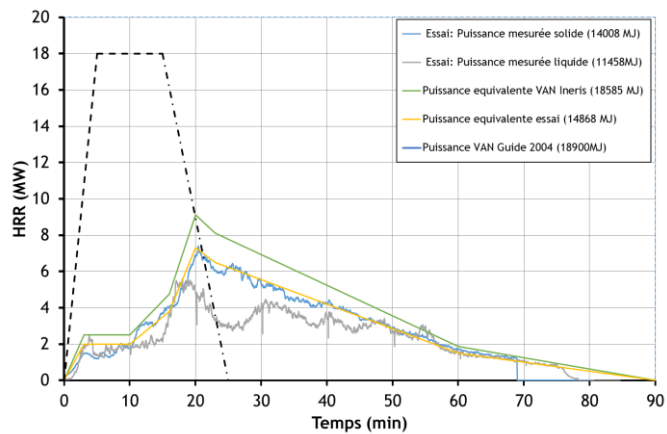
- Lamiera Cofraplus60 preforata, spessore solaio tot. 120/130mm
- Travi IPE / HEA in S355/S460
- Maglia strutturale tipo: 16mx10m



Parking aeroport de Toulouse Blagnac

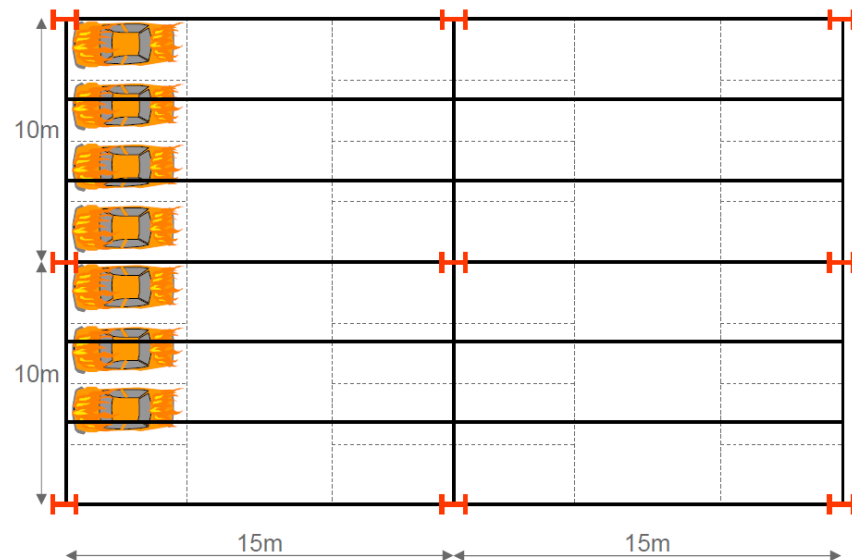
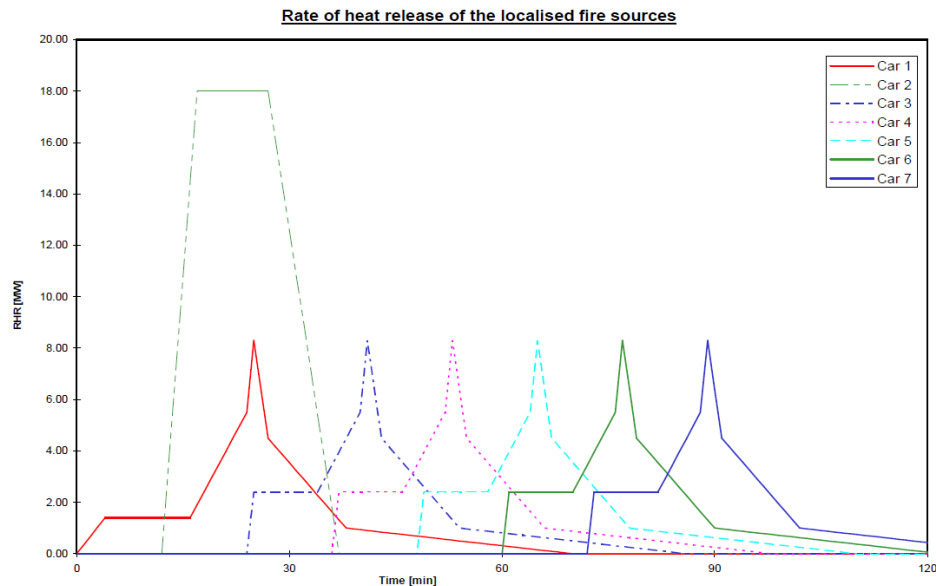


Applicazione dell'incendio naturale secondo approccio per autorimesse fuori-terra

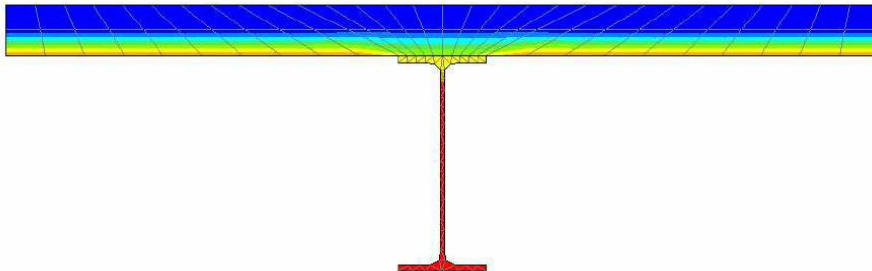
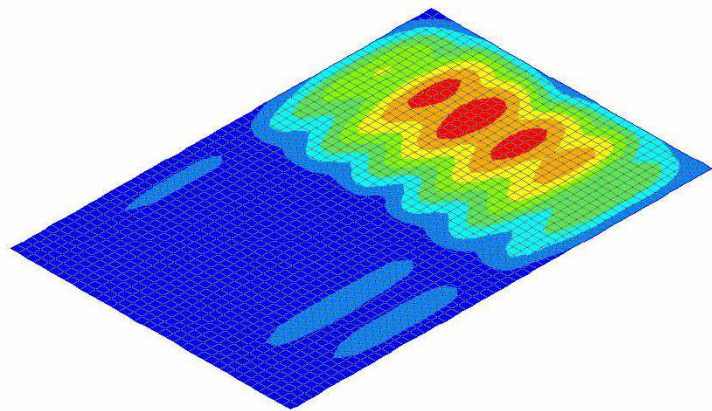
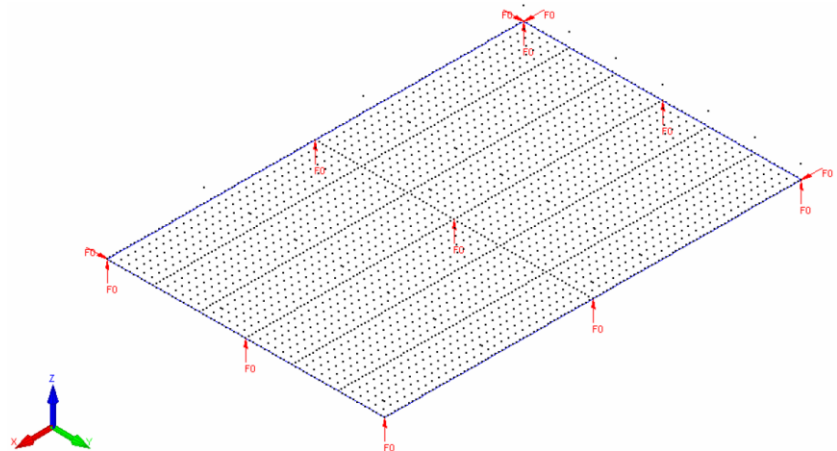


Applicazione dell'incendio naturale secondo approccio per autorimesse fuori-terra

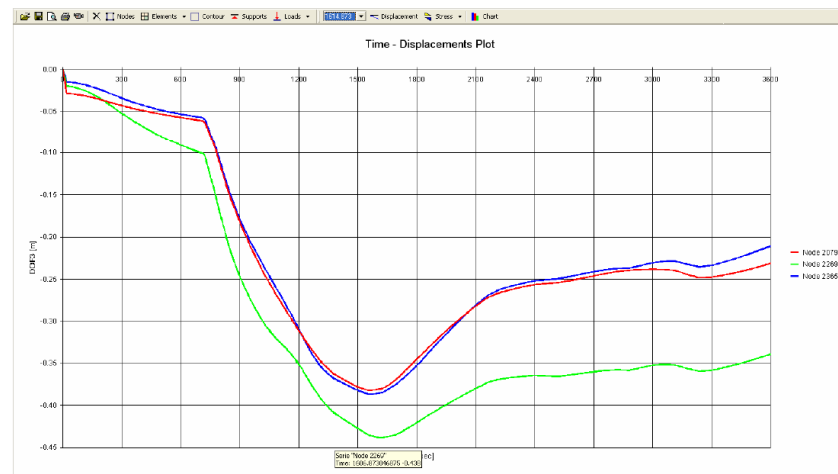
- Definizione standardizzata degli scenari di incendio sia come emissione calorifica dello scenario sia come posizionamento dei veicoli e tempistiche di sviluppo dell'incendio.



Applicazione dell'incendio naturale secondo approccio per autorimesse fuori-terra



Visualisation de l'évolution de la déformation des nœuds des solives:

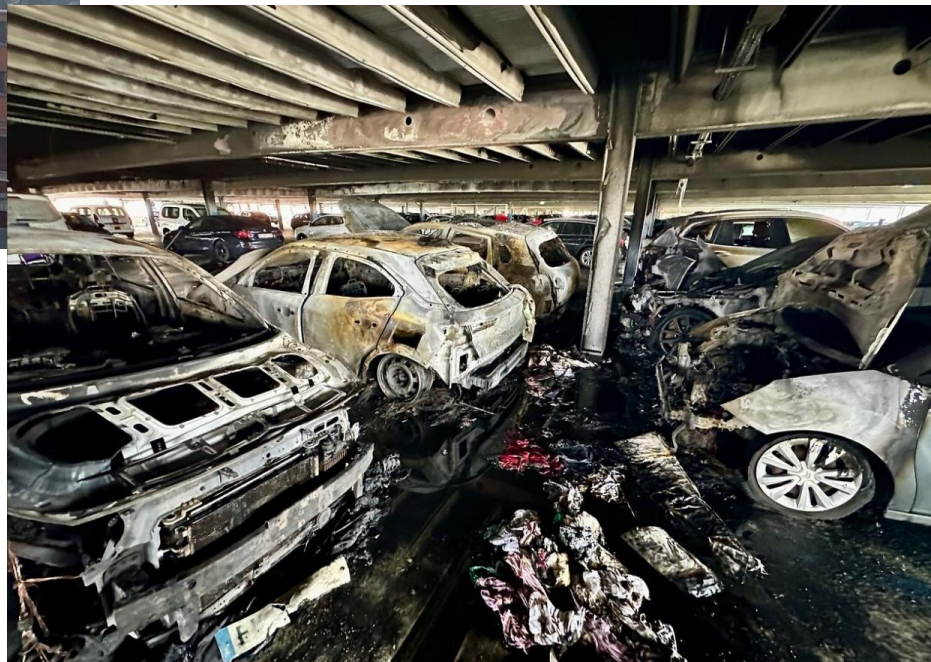


Applicazione dell'incendio naturale secondo approccio per autorimesse fuori-terra

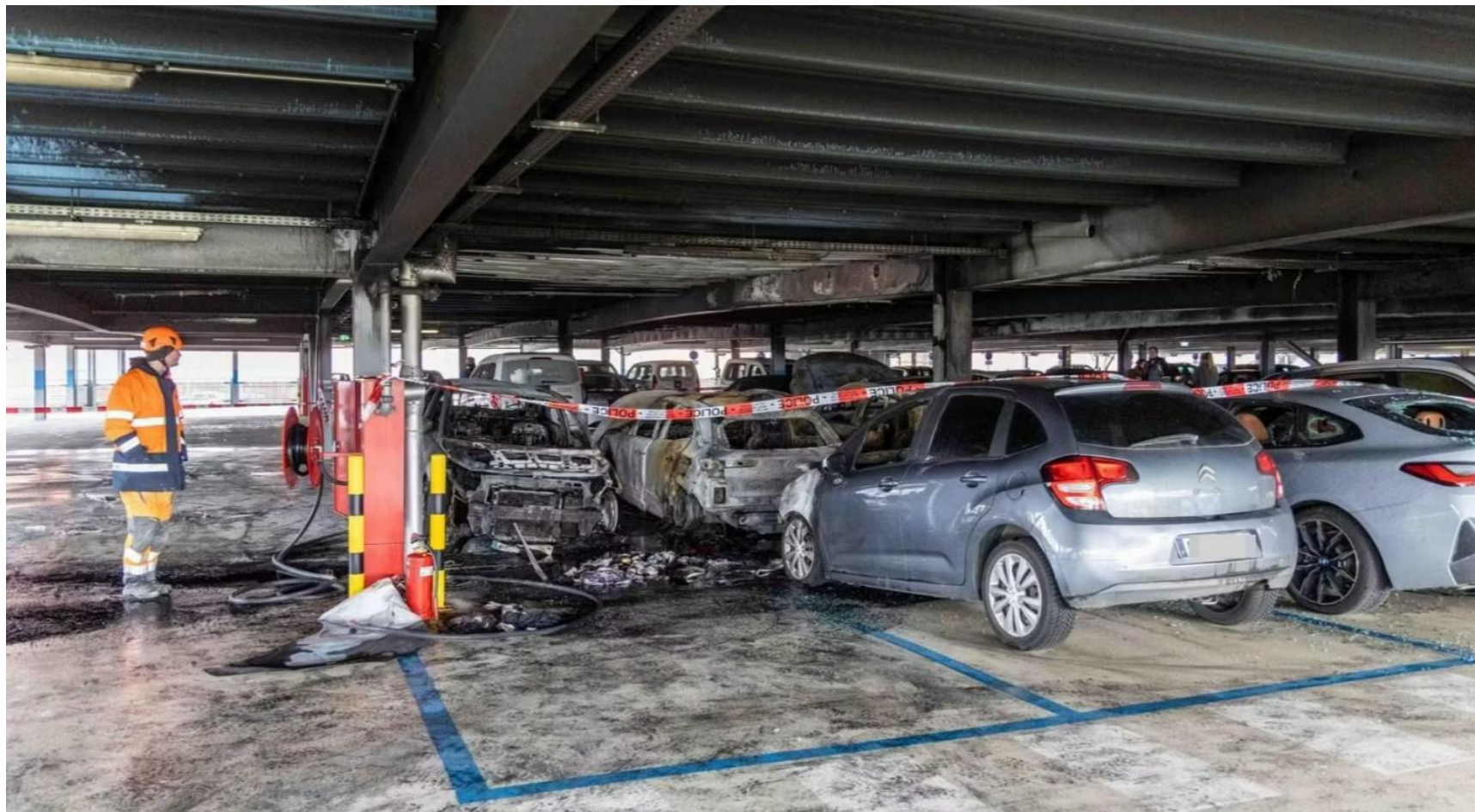


Incendio recente in un'autorimessa metallica fuori terra a struttura mista Acciaio-cls. non protetta in Lussemburgo.

Nonostante un incendio con vari veicoli coinvolti, I danni alla struttura metallica sono stati molto limitati.



Applicazione dell'incendio naturale secondo approccio per autorimesse fuori-terra



Alcune riflessioni

Si sono mostrati esempi di:

- Strutture protette verificate con curva ISO nominale
- Strutture miste acciaio-cl.s. verificate con curva ISO nominale
- Strutture non-protette verificate con curva di incendio naturale
- Strutture parzialmente protette applicando un approccio misto

Dal nostro punto di vista gli obiettivi del progettista strutturale sono:

1. Garantire il livello di sicurezza: soluzioni strutturali robuste e “ragionevoli”
2. Mantenere l’efficacia delle strutture metalliche anche con la verifica al fuoco
3. Integrare le richieste di resistenza al fuoco durante le prime fasi di progettazione

OUTLINE

- EDIFICI AD USO TERZIARIO
- EDIFICI AD USO PARTICOLARE
- AUTORIMESSE FUORI TERRA
- **CONCLUSIONI**

Grazie per la cortese attenzione!

Riccardo ZANON

Senior Structural Engineer - ArcelorMittal Global R&D

Riccardo.Zanon@arcelormittal.com

