

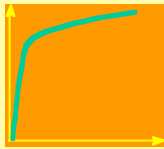
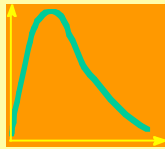

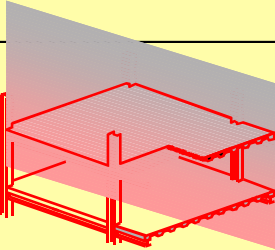


Research Fund
for Coal & Steel



Gedrag bij brand van staal-beton vloersystemen

Stysteemgedrag staal-beton vloersysteem

	standaard brand	natuurlijke brand
		
component	classificatie	FSE
 	FSE	FSE



Bewijs uit brandincidenten in echte gebouwen

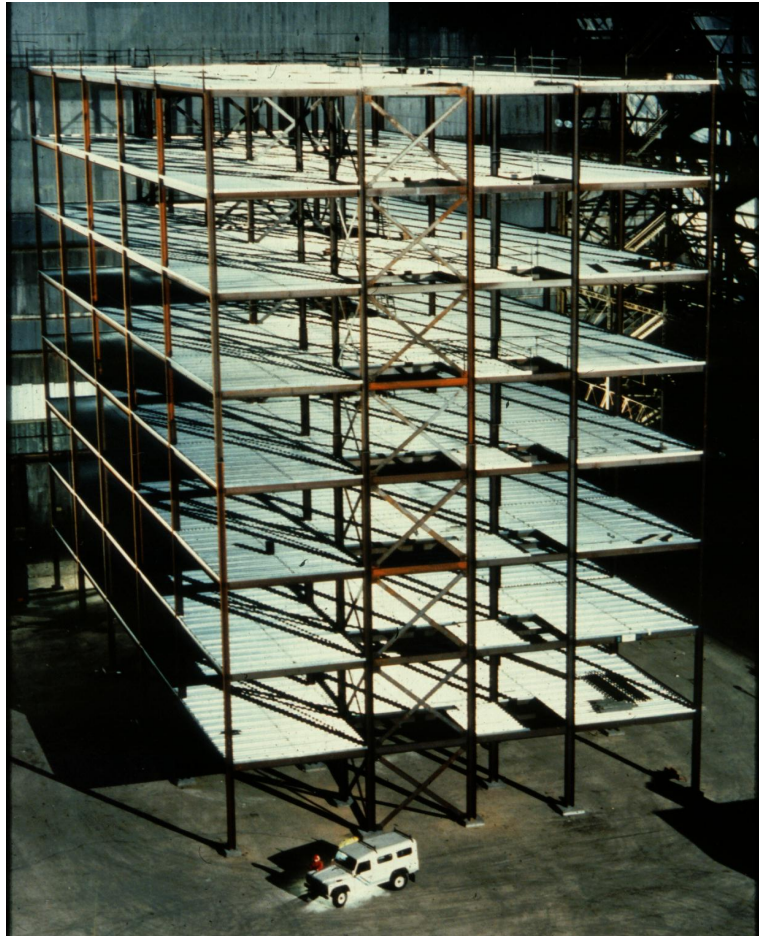
- **Broadgate brand (zie ook BmS 104 (1992))**
 - Kantoorgebouw van 14 verdiepingen met een staal-beton vloersysteem
 - Brandtemperatuur meer dan 1000 °C
 - Grote doorbuiging van de vloer (meer dan 600 mm), maar geen bezwijken





Cardington brandproeven

- **Gebouw van 8 verdiepingen met een staalskelet**



Ligger-ligger verbinding

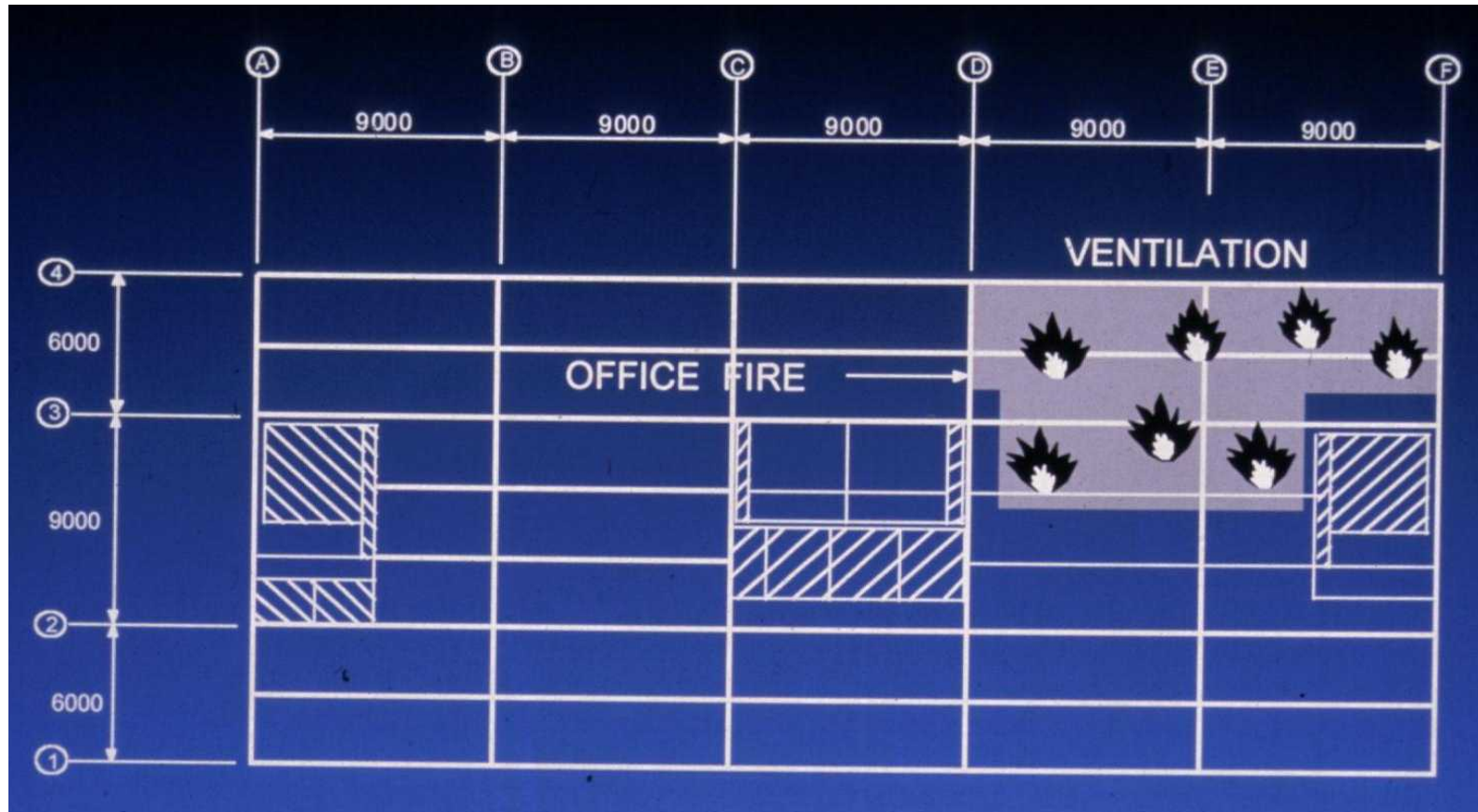


Kolom-ligger verbinding



Cardington brandproeven

- **Demonstratietest (een gebied van $> 130 \text{ m}^2$)**





Cardington brandproeven

- **Demonstratietest: testopzet**



**Vuurbelasting met
werkelijke kantoor-
inventaris**

**Openingen met
normale glaspuien**





Cardington brandproeven

- **Demonstratietest: experimentele resultaten**



**Vroege stadium van
de brand**

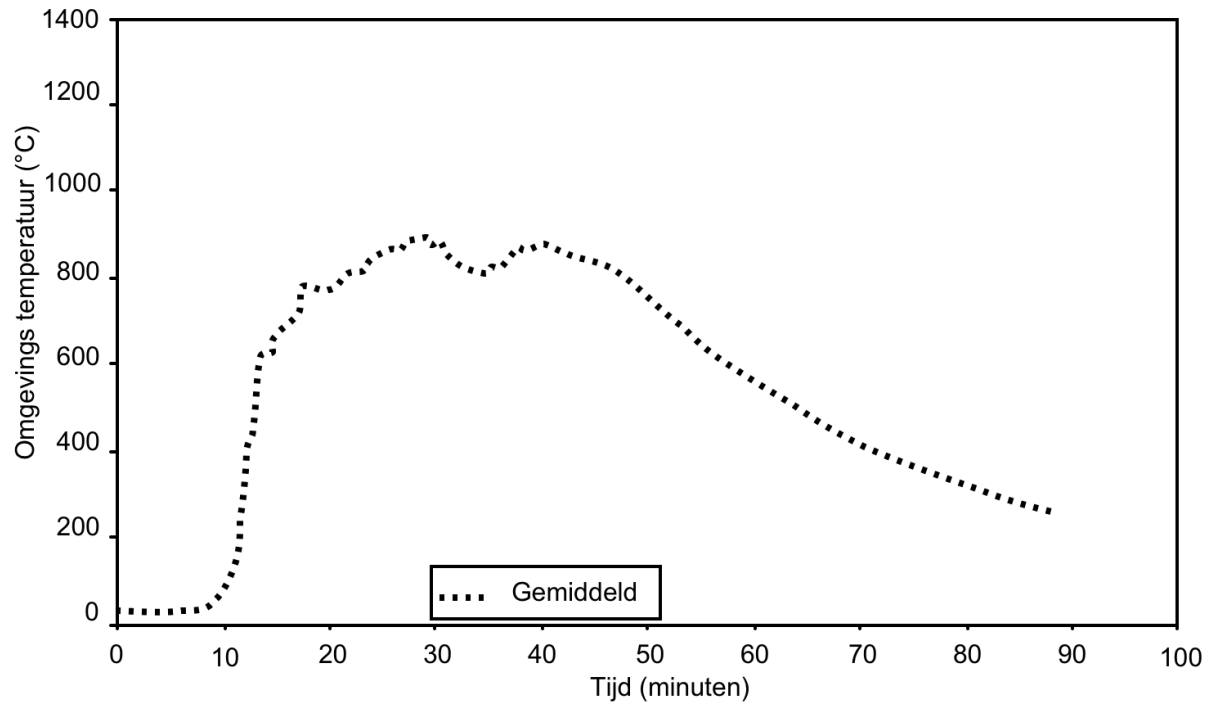
**Volledig ontwikkelde
brand**





Cardington brandproeven

- **Demonstratietest: experimentele resultaten**



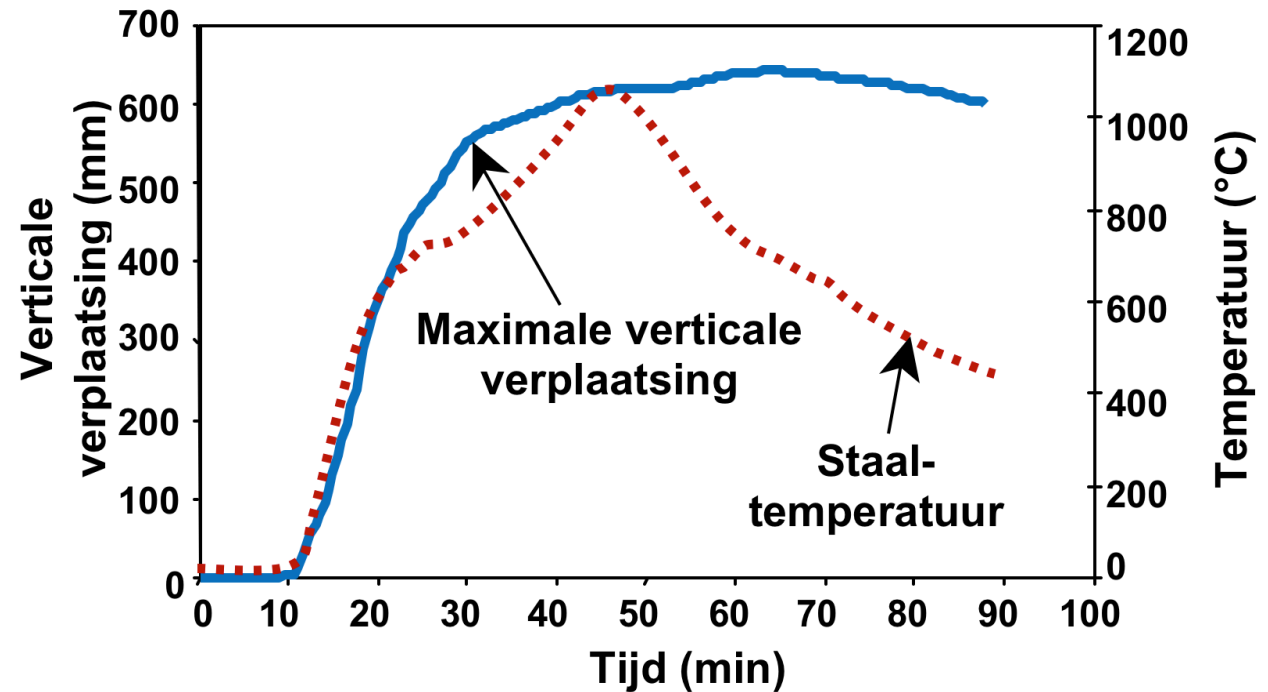
- **Waarneming**

- Maximale gastemperatuur ≈ 1200 °C
- Maximale opwarming van staal ≈ 1150 °C



Cardington brandproeven

- **Demonstratietest: experimentele resultaten**



- **Waarneming**

- Grote doorbuiging van de vloer \approx 640 mm
- Geen bezwijken van de vloer

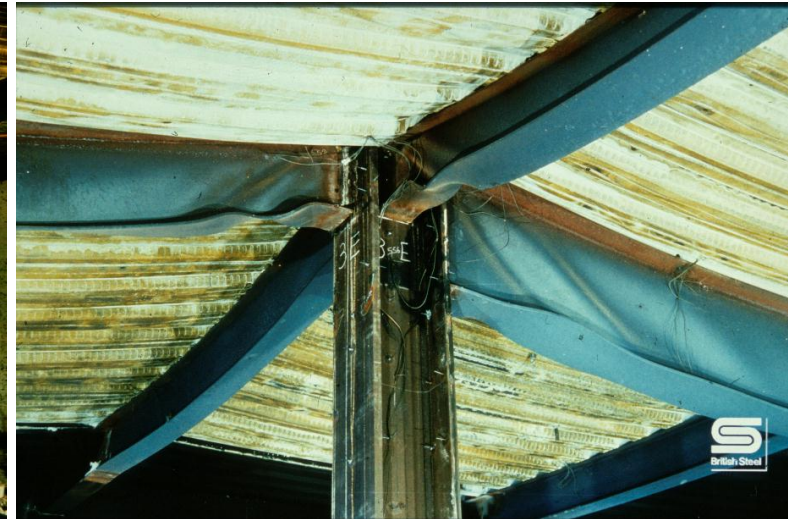


Cardington brandproeven

- **Demonstratietest: constructie ná de test**



Vervormde toestand van het verhitte deel van de staal-betonvloer



Vervormde toestand van de stalen elementen rondom de beschermde stalen kolom

- **Conclusie**
 - **Geen teken van bezwijken van het gehele staal-beton vloersysteem ondanks forse opwarming van het staal en doorbuiging van de vloer**



- **Conclusies**
 - Een groot aantal brandproeven uitgevoerd in dit gebouw met een staalskelet zonder bezwijken van de constructie
 - **Veel betere prestatie bij brand waargenomen in vergelijking met standaardbrandproeven op afzonderlijke stalen elementen**
 - Excellent gedrag van de staalplaat-betonvloer zelfs bij opwarming van de stalen liggers tot boven 1000 °C
 - **Duidelijke verhoging van de brandwerendheid van de staalplaat-betonvloer dankzij de geactiveerde membraanwerking bij grote doorbuiging**
 - Goed, robuust gedrag het staal-beton vloersysteem na het ontstaan van grote betonscheuren



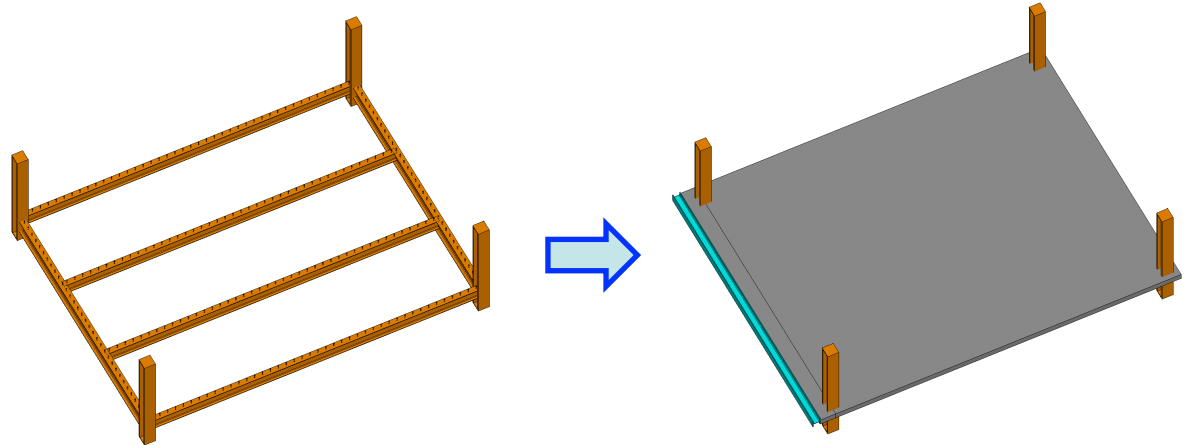
Nieuwe experimentele bewijzen

- **Testen op grote schaal binnen de projecten:**
 - FRACOF (Test 1 Standaardbrand)
 - COSSFIRE (Test 2 Standaardbrand)
 - FICEB (Test 3 Natuurlijke brand & Liggers met ronde gaten)

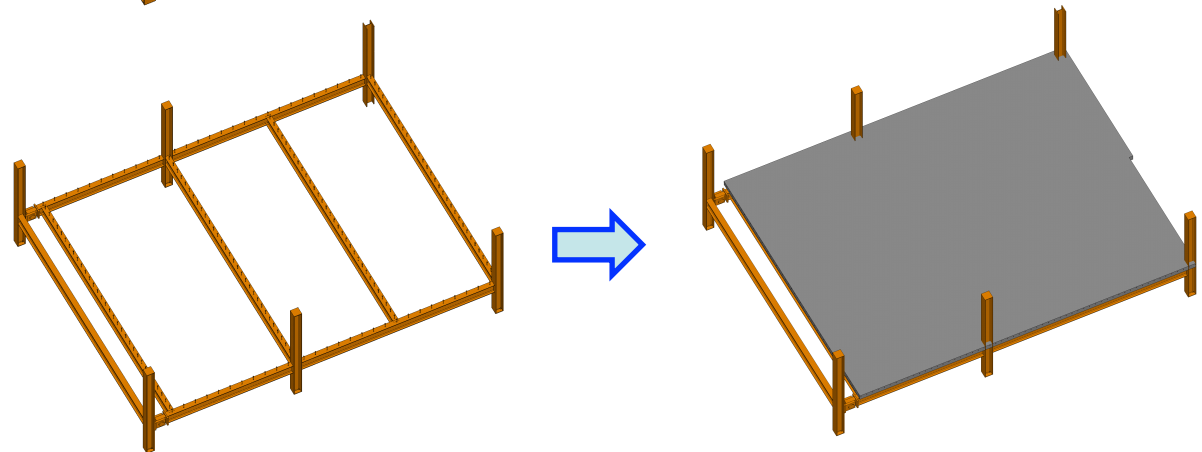


- Gerealiseerde staal-beton vloersystemen

Test 1



Test 2





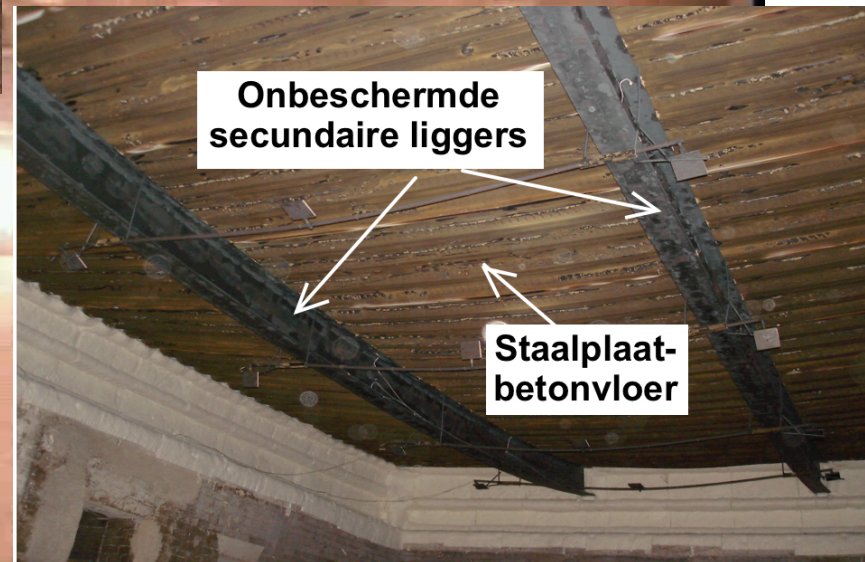
Gedrag van de vloer tijdens brand



Voor de test



Na de test

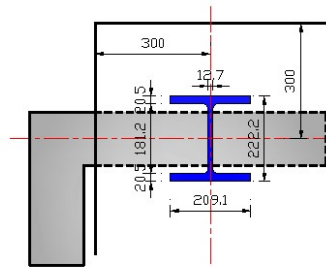


Onbeschermd
secundaire liggers

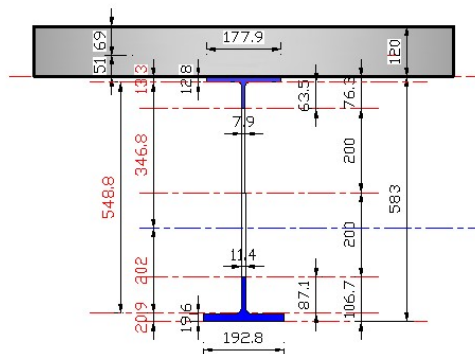
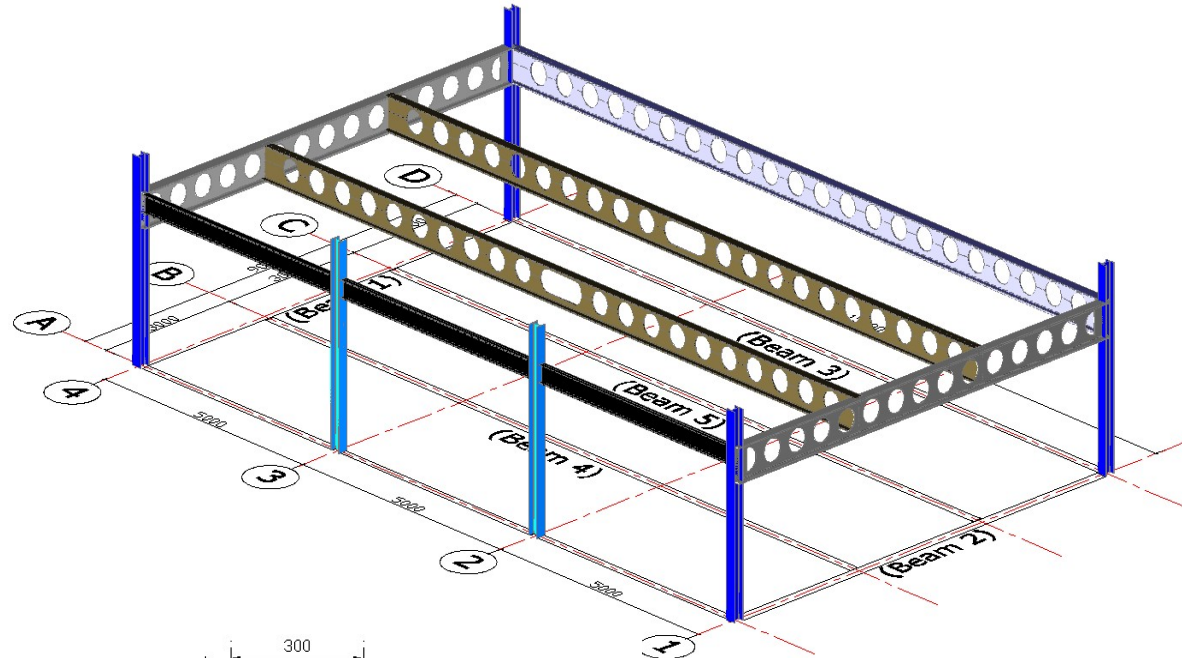
Staalplaat-
betonvloer



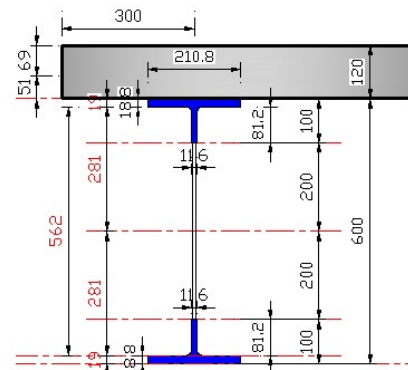
Constructie van Test 3



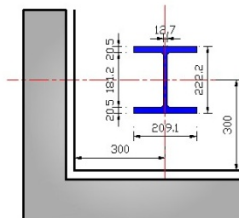
(Column GL-A)



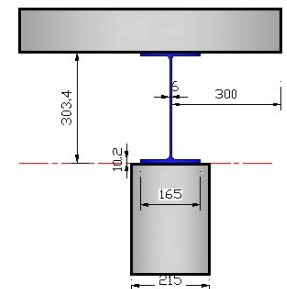
(Beam 3/4/5)



(Beam 1/2)



(Column GL-D)

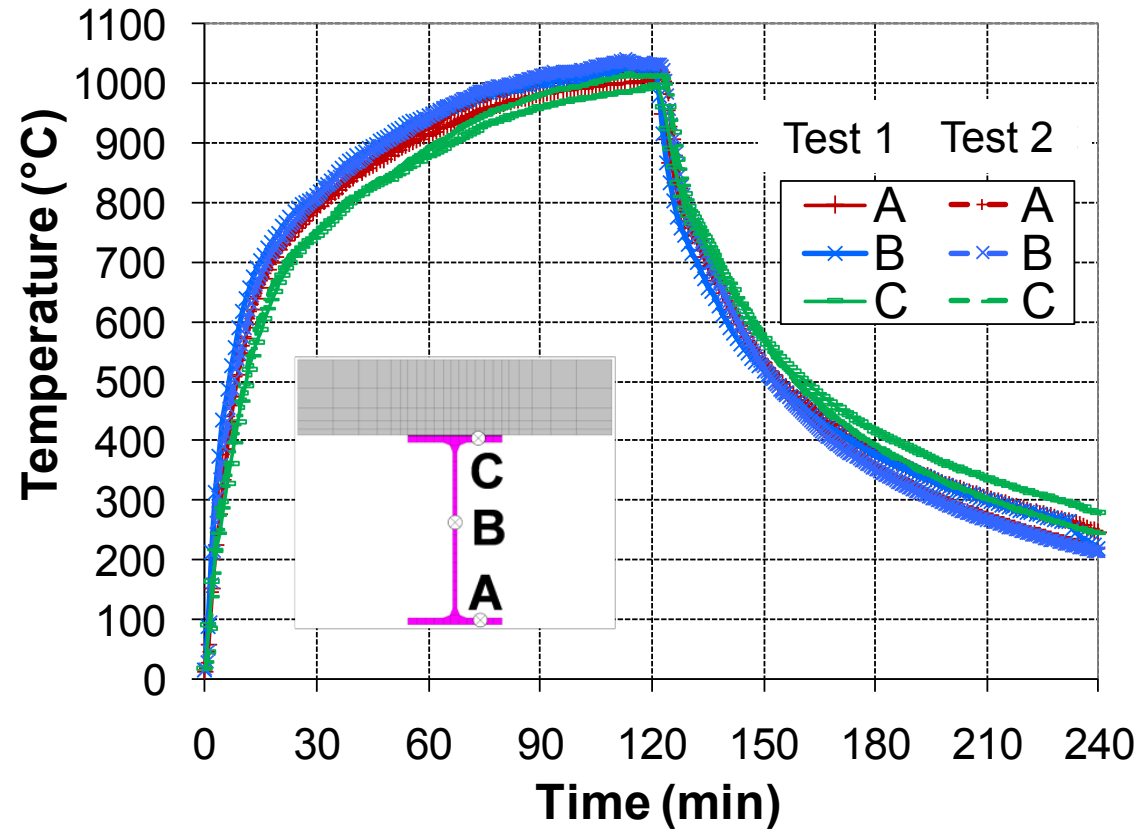


(Solid Beam)



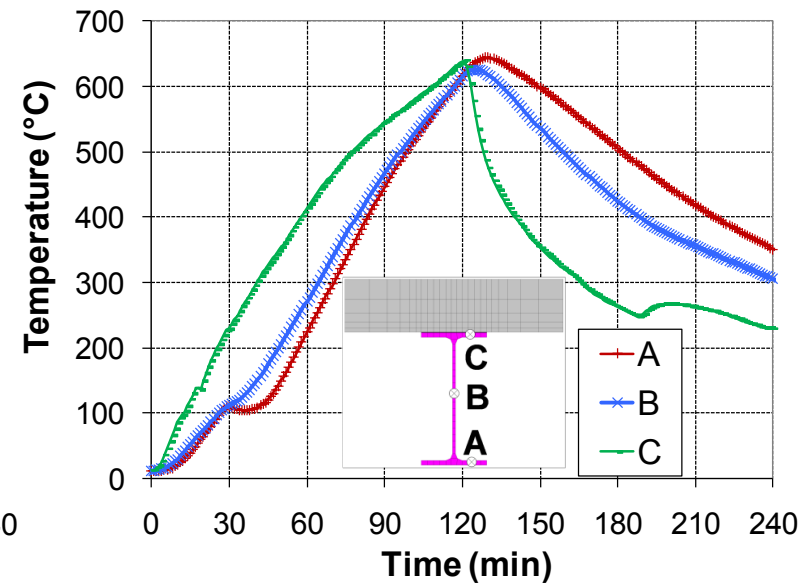
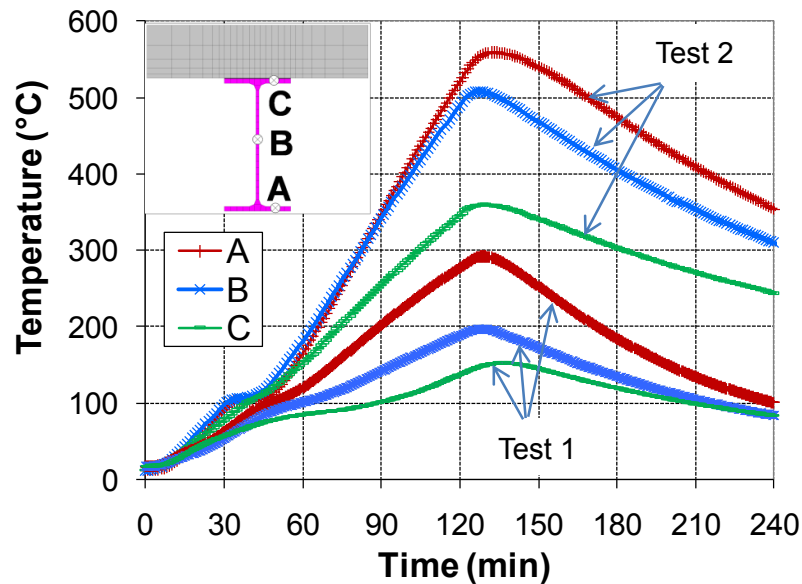
Experimentele resultaten

- Opwarming van onbeschermdde stalen liggers





- **Opwarming van beschermde stalen liggers**



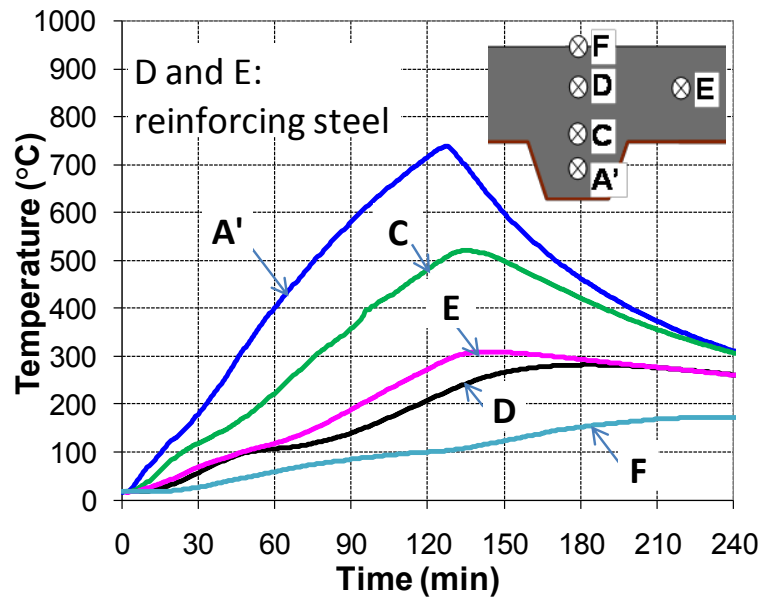
- **Waarneming**

- Veel heterere liggers in Test 2 ≈ 550 °C en 1 secundaire randligger opgewarmd tot > 600 °C

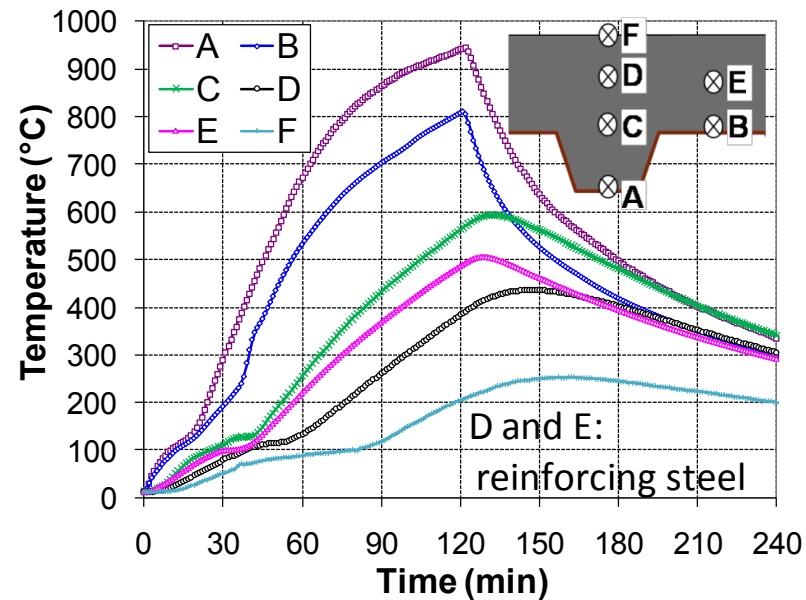


Experimentele resultaten

- Opwarming van staalplaat-betonvloer



Test 1

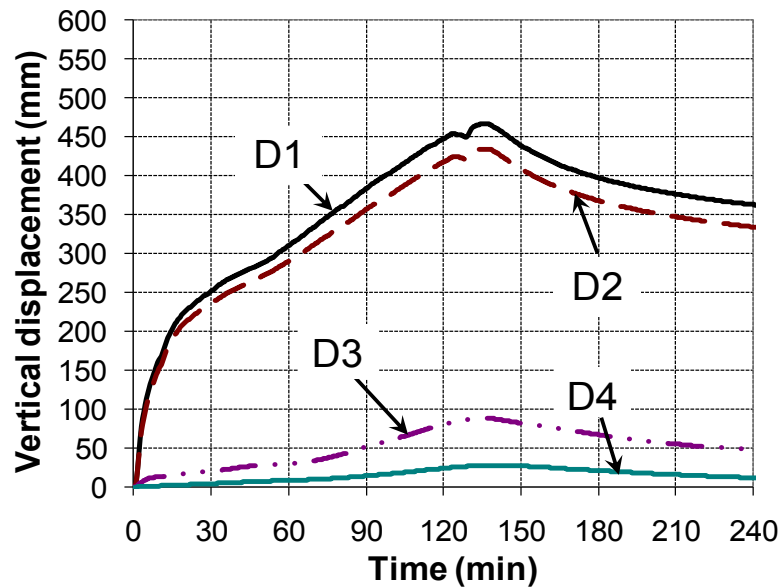


Test 2

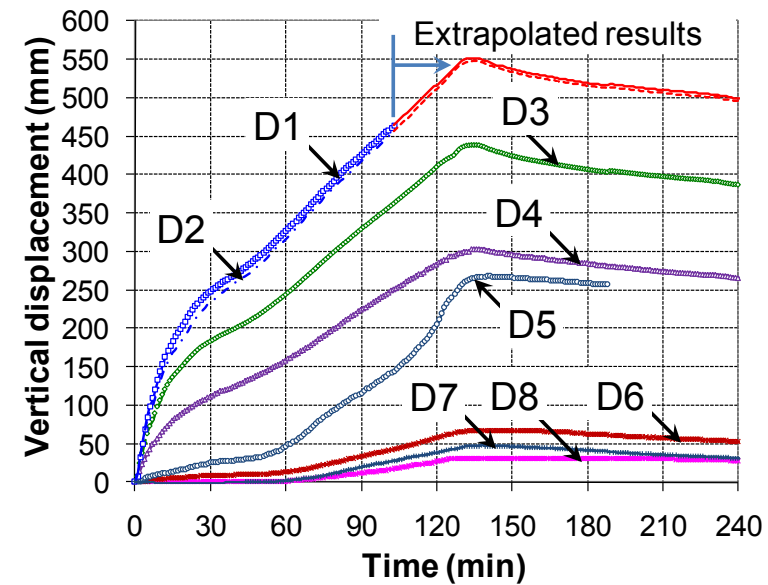


Experimentele resultaten

- Doorbuiging van de vloeren



Test 1



Test 2



Vergelijking met eenvoudige ontwerpmethoden

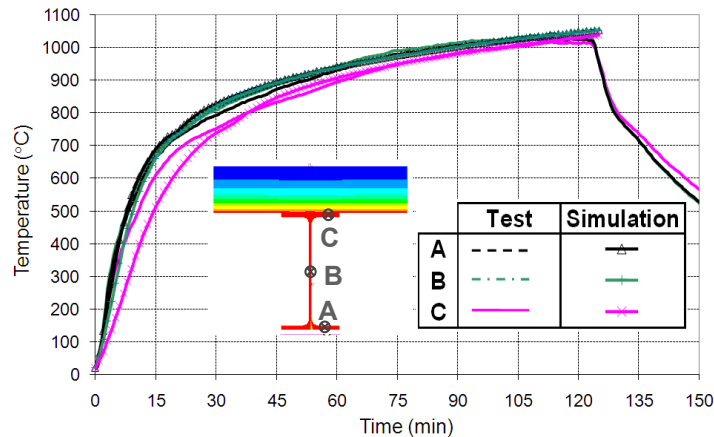
	Test 1		Test 2	
	Test	Eenvoudige ontwerpmethoden	Test	Eenvoudige ontwerpmethoden
Brandwerendheid (min)	> 120	120	> 120	96
Doorbuiging (mm)	450	366 ^(*)	510	376 ^(*)

- **Waarneming**
 - Experimentele resultaten:
 - Brandwerendheid > 120 minuten

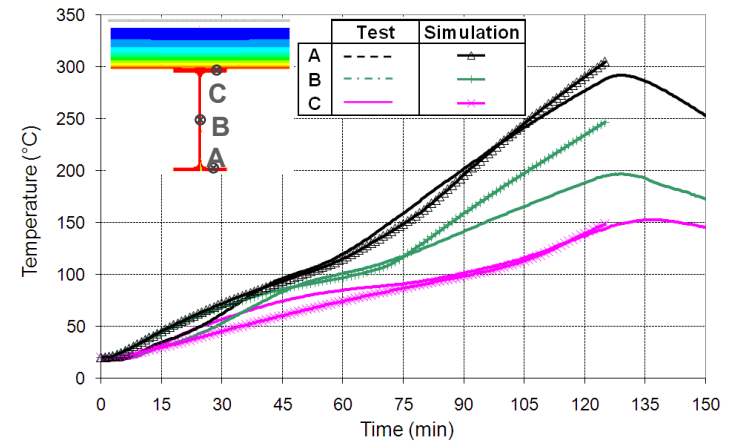


Validatie van het numerieke model ANSYS met Test 1 (1/2)

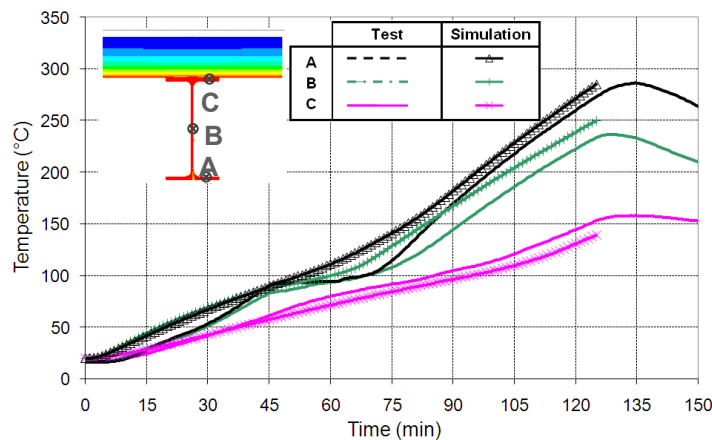
• Vergelijking met brandproef (warmte-overdrachtsanalyse)



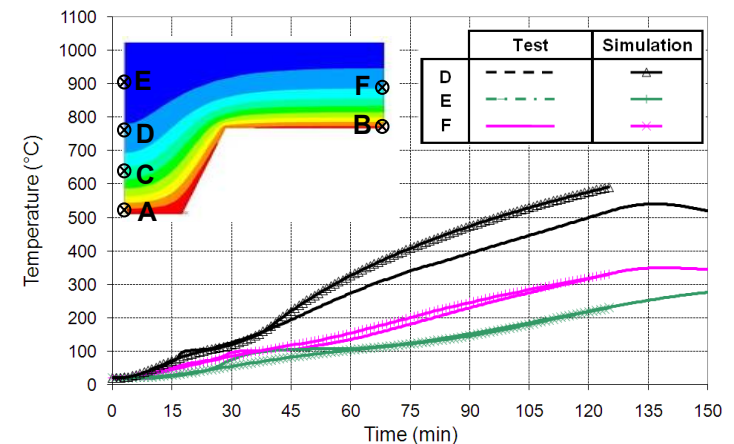
Onbeschermde stalen liggers



Beschermdde secundaire liggers



Beschermdde primaire liggers

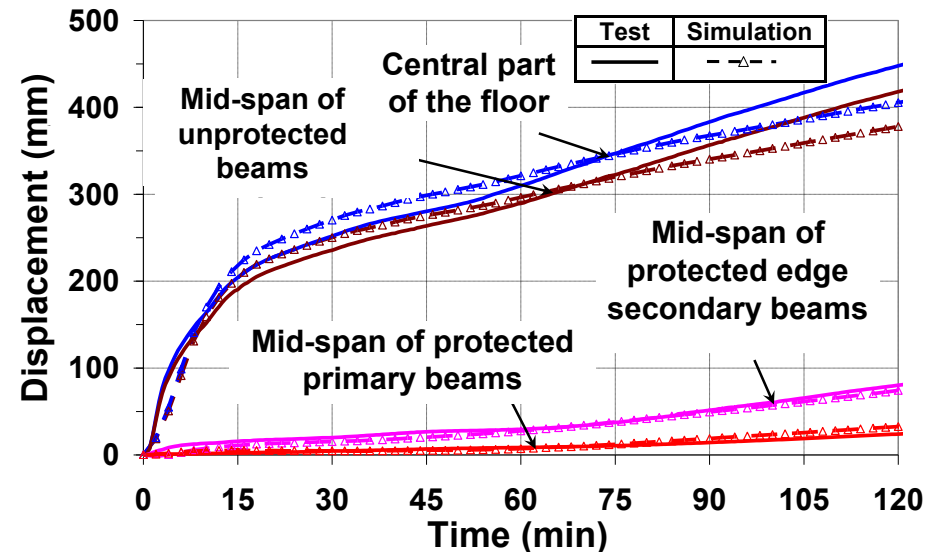
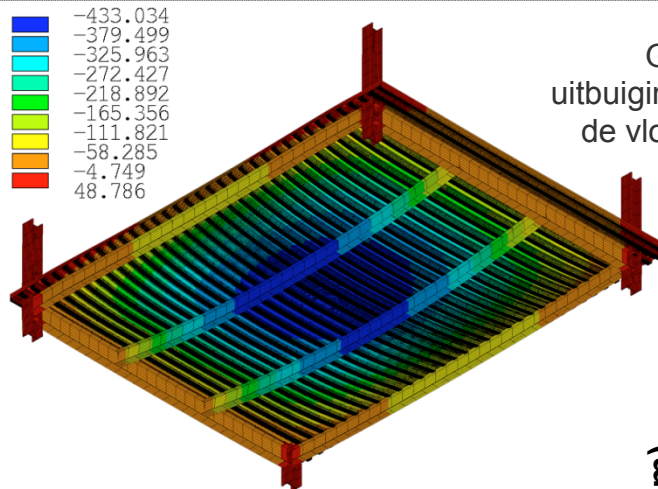


Staalplaat-betonvloer



Validatie van het numerieke model ANSYS met Test 1 (2/2)

- Vergelijking met brandproef (doorbuiging)



Vergelijking van de doorbuiging (vloer en liggers)



- **Algemene conclusies van nieuwe brandproeven**
 - **Excellente prestatie van staal-beton vloersystemen als gevolg van membraanwerking bij langdurige blootstelling aan de standaardbrand (> 120 minuten)**
 - **Hoog niveau van robustheid van het staal-beton vloersysteem ondanks lokaal bezwijken**
 - **Speciale aandacht besteden aan de constructiedetails van het wapeningsnet in verband met het vlamdichtheids criterium**
 - **De eenvoudige ontwerp methode is aan de veilige kant in vergelijking met testresultaten**
 - **Geen teken van bezwijken tijdens de afkoelingsfase van het staal-beton vloersysteem**



Beschikbare documenten



Research Fund
for Coal & Steel

MAICS⁺

Membraanwerking van staal-beton constructies
tijdens brand

**Constructieve
Achtergronddocument**

R. Hamerlinck
O. Vassart
B. Zhao

staal met
ctim ArcelorMittal

Research Fund
for Coal & Steel

MAICS⁺

Membraanwerking van staal-beton constructies
tijdens brand

Ontwerp Handleiding

R. Hamerlinck
O. Vassart
B. Zhao

staal met
ctim ArcelorMittal