

Fire Safety engineering & brandveilige renovatietechnieken

Tom Molkens
KU Leuven & Sweco nv



Inhoud

- Risicoafweging
- Regelgeving
- Normen
- Verzekering
- Brand
- Structuur gedrag

= ingrediënten voor Fire Safety Engineering (FSE)

Risicoafweging



Risico afweging

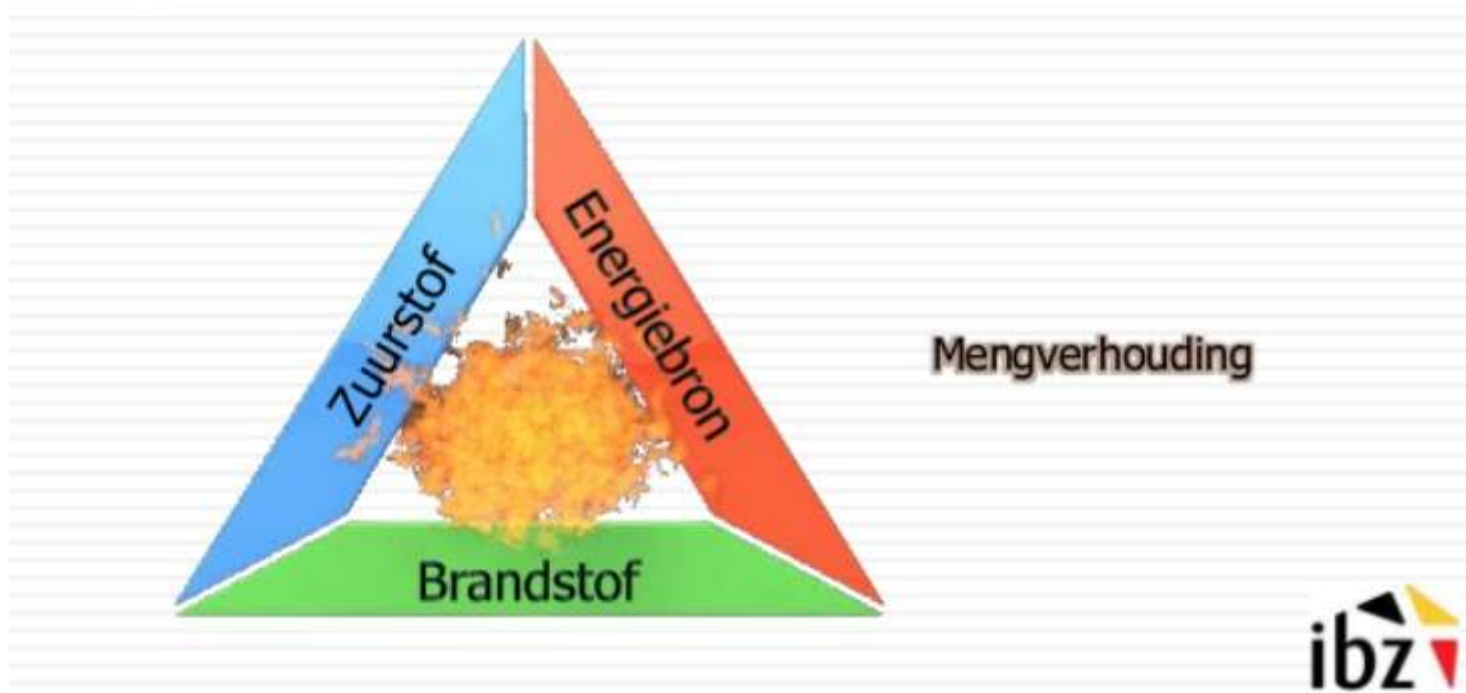
Fire Safety Engineering (FSE) is een ontwerpmethodiek waarbij men beschikbare informatie over een gebouw, zijn inhoud en technische uitrusting hanteert om tot een brandveilig ontwerp te komen = prestatie gebaseerd

Brandveilig ontwerp?

- Garanderen evacuatie- en controle tijd
- Vermijden van voortschrijdende instorting over compartimentsgrenzen (industriegebouw)

Risico afweging

Vuur driehoek; hierop spelen we in met FSE



Regelgeving

KB 7 juli 1994; Vaststelling van de basisnormen voor de preventie van brand en ontploffing waaraan de nieuwe gebouwen moeten voldoen.

- Bijlage 6; 1 maart 2009; gepubliceerd in staatsblad van 15 juli 2009 en geldig vanaf één maand na publicatie (datum vergunningsaanvraag) = incl. begin van FSE
- Voor 15 augustus 2009; meestal brandweerverslag gebaseerd op lage gebouwen = bijlage 2 gepubliceerd op 18 december 1996 => voor FSE = afwijking
- Daarvoor ? => voluit speelveld FSE

Regelgeving

Wettelijkheid normen?

- Niet, wel via regels van goed vakmanschap
- Via bijlage 6 equivalente tijdsberekening
- MB Milquet 17 mei 2013
 - EC 1-1-2: artikels 3.2.1 en 4
 - EC 2-1-2: artikels 5, 6.2, 6.4.3 en bijlage C
 - EC 3-1-2: artikels 4.2.2, 4.2.4, 4.2.5.1 en 4.2.5.2
 - EC 4-1-2: artikel 4.2
 - EC 5-1-2: artikel 4.2.4.
 - EC 6-1-2: artikels 4.5 en bijlage B

<<+/- 700 Blz

Regelgeving

Eisen opgelegd door lokale brandweerkorpsen?

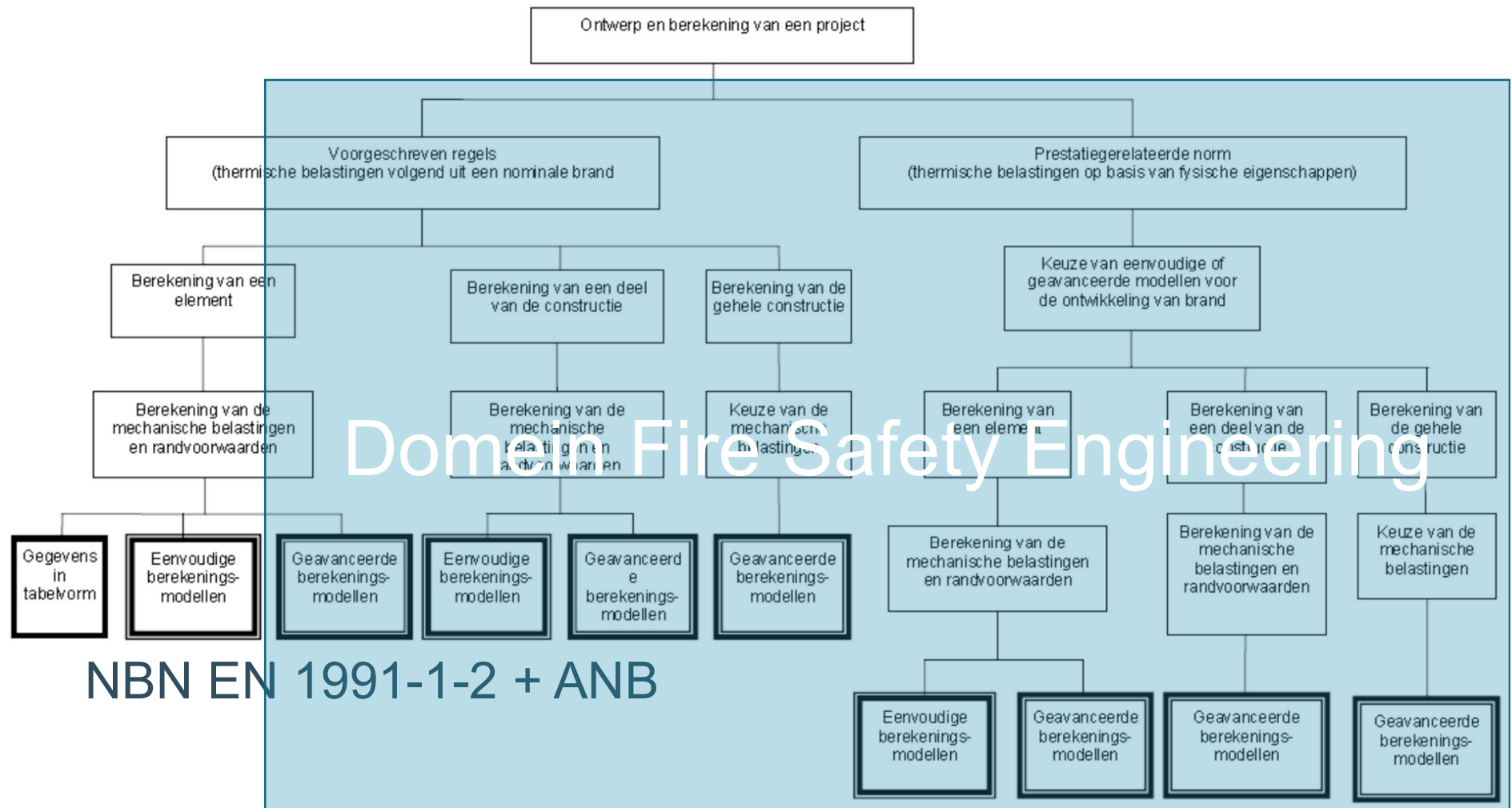
*FOD BINNENLANDSE ZAKEN
ALGEMENE DIRECTIE VEILIGHEID EN PREVENTIE
DIRECTIE BRANDPREVENTIE*

OMZENDBIEF VAN 17 NOVEMBER 2009 BETREFFENDE HET BRANDPREVENTIEVERSLAG.

Bij het leveren van advies dient de brandweer zich te baseren op de bestaande reglementering inzake brandvoorkoming. De brandweer mag geen hogere eisen stellen dan wat bepaald werd in de reglementering. Indien een bepaald aspect echter niet of klaarblijkelijk onvolledig gereguleerd werd en de brandweer oordeelt dat er sprake is van een gevaarlijke toestand dan dient de brandweer dit op te merken en mag zij eisen voorstellen. Een grondige motivatie is voor zulke adviezen noodzakelijk. De brandweer dient zich in zulke gevallen bijzonder terughoudend op te stellen. De brandweer mag zich niet in de plaats stellen van de wetgever en willekeurig bijkomende eisen opleggen. De bijkomende eisen moeten werkelijk noodzakelijk zijn om duidelijk onverantwoorde toestanden op gebied van brandveiligheid te vermijden.

Bij gebrek aan een reglementering kan de burgemeester zich op wettige wijze beroepen op normen van verschillende aard, nationale of buitenlandse, of kan hij zich beroepen op de professionele ervaring van bevoegde diensten om te oordelen of een bepaald gebouw gesloten dient te worden wegens brandgevaar.⁸

Normen



Verzekering

Eisen om verzekerbbaar te zijn

- RWA
- Sprinkler
- Compartimentering
- ...

Niet verplicht als eigenaar (95%) wel als huurder (89%)

Brand

Bepaling brand

- Labo test = ISO 834
- Natuurlijke brand:
 - Geometrie (afmetingen)
 - Constructiemateriaal niet (bijlage 6; indien bijdrage brandlast $< 100 \text{ MJ/m}^2$ = houten balk $14 \times 54 \text{ cm}^2/6 \text{ m}$)
 - Bekledingsmaterialen op alle vlakken wel
 - Openingen wel, gevoeligheidsanalyse of sturing met branddetectiecentrale = verschillende scenario's
 - Brandlast

Brand

Bepaling brandlast NBN EN 1991-1-2 (MJ/kg)



MJ/m²(/m)

Vaste stoffen		
Hout		17,5
Andere cellulose-achtige materialen	Kleding Kurk Katoen Papier, karton Zijde Stro Wol	20
Koolstof	Anthraciet Houtskool Steenkool	30
Chemische stoffen		
Paraffinen	Methaan Ethaan Propaan Butaan	50

Machines en uitrustingen			
Machinebouw	300	A	
Vervaardiging van auto's			
Carrosserie	300	A	
Auto-onderdelen (verzending)	500	B	300
Automontage	500	B	
Autobanden	1100	C	2900
Tractoren	500	B	300
Fietsen	300	A	600

Brand

Bepaling brandgedrag NBN EN 1991-1-2 annex E

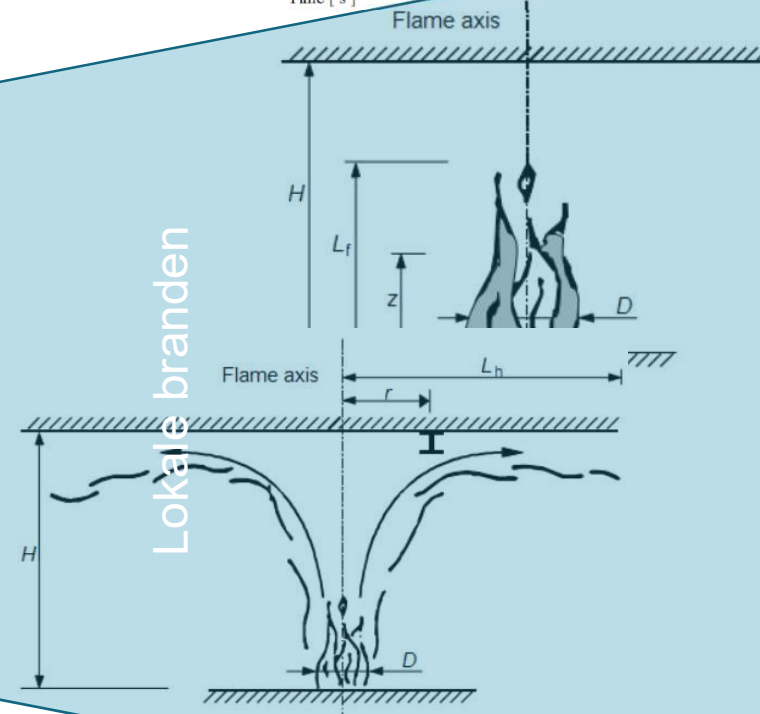
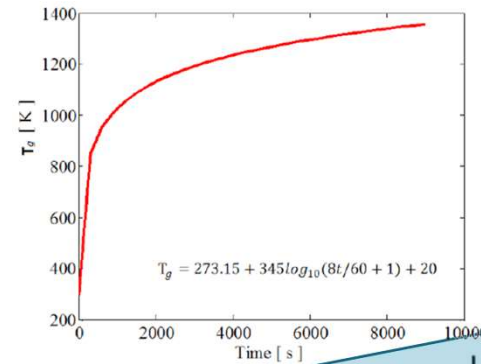
Tabel E.5 — Brandontwikkelingssnelheid en RHR_f voor verschillend gebruik

Maximumbrandvermogensdichtheid RHR_f			
Gebruik	Snelheid van de brandontwikkeling	$t_{d,i}$ in s	$RHR_{f,i}$ in kW/m^2
Woning	Matig	300	250
Ziekenhuis (kamer)	Matig	300	250
Hotel (kamer)	Matig	300	250
Bibliotheek	Snel	150	500
Kantoor	Matig	300	250
Klaslokaal in een school	Matig	300	250
Winkelcentrum	Snel	150	250
Theater (bioscoop)	Snel	150	500
Vervoer (openbare ruimte)	Langzaam	600	250

Brand

Mogelijkheden

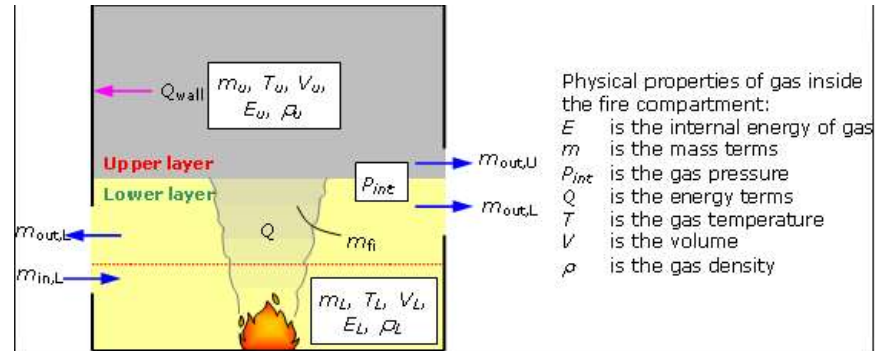
- **ISO834 = conventioneel**
- **Equivalente tijd**
- Heskestad
- Hasemi
- Parametrische brand



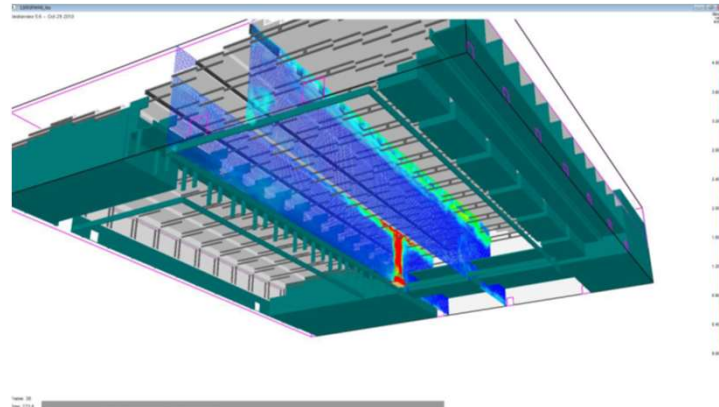
Brand

Mogelijkheden

- **Twee-zone model**



- Computational Fluid-Dynamics (Bvb. Fire Dynamic Simulator NIST)



Natuurlijke brand; steeds brand volledig laten doorlopen

Brand – voorbeeld t_{ed}

Voorbeeld equivalent tijd (KB 2009, bijlage 6)

Loods oppervlakte $60 \times 15 = 900 \text{ m}^2$

⇒ Tabel ANB annex E

⇒ Type II

$$t_{ed} = q_{fi,d} \cdot k_b \cdot w_f \cdot k_c$$

$$q_{fi,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot m \cdot q_{fi,k}$$

(**) voor $A_f < 2100 \text{ m}^2$, $p_{fi} < p_t$

$$t_{ed} = 0 \text{ min}$$

Vloeroppervlakte van het compartiment A_f [m ²]	Risico van ontstaan van brand $\delta_{q,i}$ in functie van de aanvaardbare waarschijnlijkheid van bezwijken	
	$p_t = 1,3 \cdot 10^{-6}$ per jaar	$p_t = 10^{-3}$ per jaar (*)
25	1,10	(**)
250	1,51	(**)
2 100	1,86	0,55
2 500	1,90	0,67
5 000	2,00	0,88
10 000	2,13	1,03
20 000	2,24	1,16
50 000	2,39	1,32
75 000	2,46	1,39
100 000	2,51	1,44
150 000	2,57	1,51

Structuur gedrag

Berekeningswijze

- $< 500^{\circ}\text{C} \Rightarrow$ geen structuur invloed
- Lineair elastisch $\Rightarrow$ snel tot onmogelijke oplossingen
- Plastisch $\Rightarrow$ snel tot complexe berekeningen
- Ontwerpgidsen
- Enkel voorbeelden hierna (**vet** gedrukt hiervoor)

Structuur gedrag – voorbeeld t_{ed}

Loods oppervlakte $600 \times 15 = 9000 \text{ m}^2$

⇒ Materiaal constructieve
dwarsdoorsnede

$$O = A_v \sqrt{h_{eq}} / A_t$$

Tabel F.1 — Correctiefactor k_c voor verschillende materialen
(O is de openingsfactor volgens bijlage A)

Materiaal in de dwarsdoorsnede	Correctiefactor k_c
Gewapend beton	1,0
Beschermd staal	1,0
Onbeschermd staal	$13,7 \cdot O$

⇒ Ventilatiefactor $w_f = (6,0 / H)^{0,3} [0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 + b_v \alpha_h)] \geq 0,5$

⇒ Materiaal omhullende wanden

Bvb. isolatie $b = 48 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}$

beton = $1918 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}$

$b = \sqrt{\rho c \lambda}$ in $\text{J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}$	k_b in $\text{min} \times \text{m}^2/\text{MJ}$
$b > 2500$	0,04
$720 \leq b \leq 2500$	0,055
$b < 720$	0,07

$t_{ed} = q_{fi,d} \cdot k_b \cdot w_f \cdot k_c = 72 \text{ min}$ voor beton en 29 voor staal ??

Structuur gedrag – voorbeeld t_{ed}

Loods oppervlakte $600 \times 15 = 9000 \text{ m}^2$

$\Rightarrow O = 0,029 \text{ m}^{1/2}$ of $13,7 \cdot 0,029 = 0,40 \ll 1$

$\Rightarrow b = 892 \text{ J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K}$

NBN EN 1991-1-2-ANB:2008 (NL)

Bijlage F : Equivalente brandduur

Deze informatieve bijlage is slechts van toepassing in België in de gevallen waarvoor haar gebruik is voorzien door de betreffende overheid.

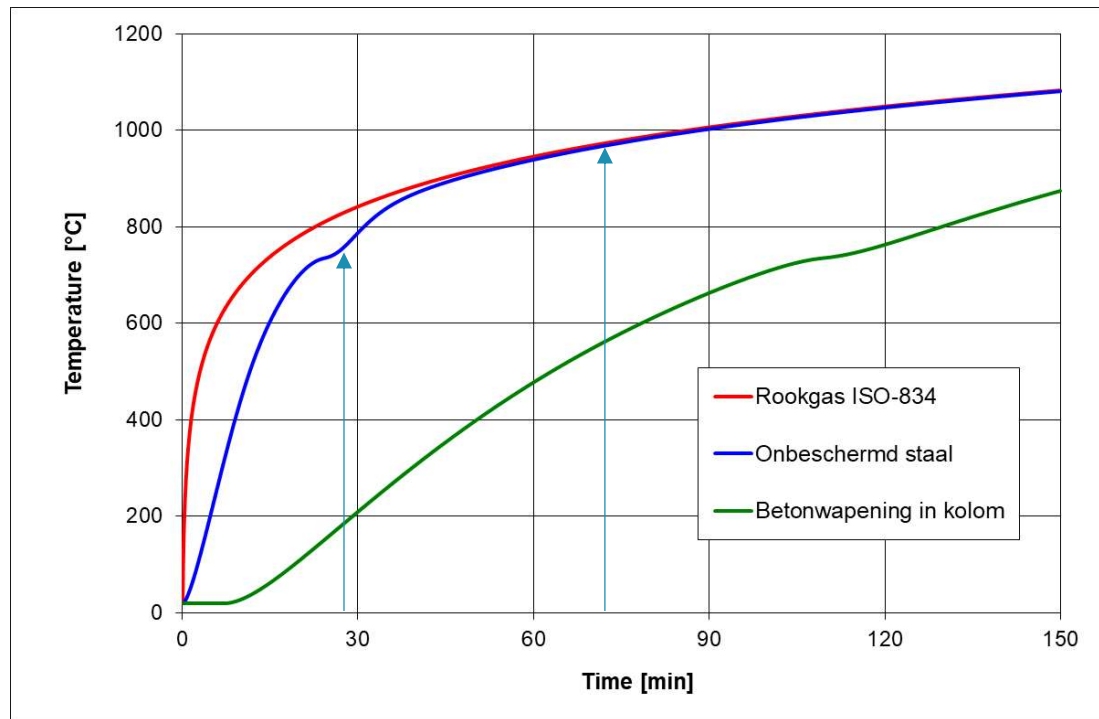
OPMERKING: De bijlage F geeft vaak onveilige resultaten in vergelijking met de geavanceerde rekenmodellen van bijlage D, en dit des te meer dat de waarden van de thermische effusiviteit b klein zijn.



Norm (code goede praktijk) $\Leftrightarrow$ wet (verplicht)

Structuur gedrag – voorbeeld t_{ed}

Reactie structuur op rooktemperatuur



Structuur gedrag – voorbeeld t_{ed}

Reactie structuur op rooktemperatuur

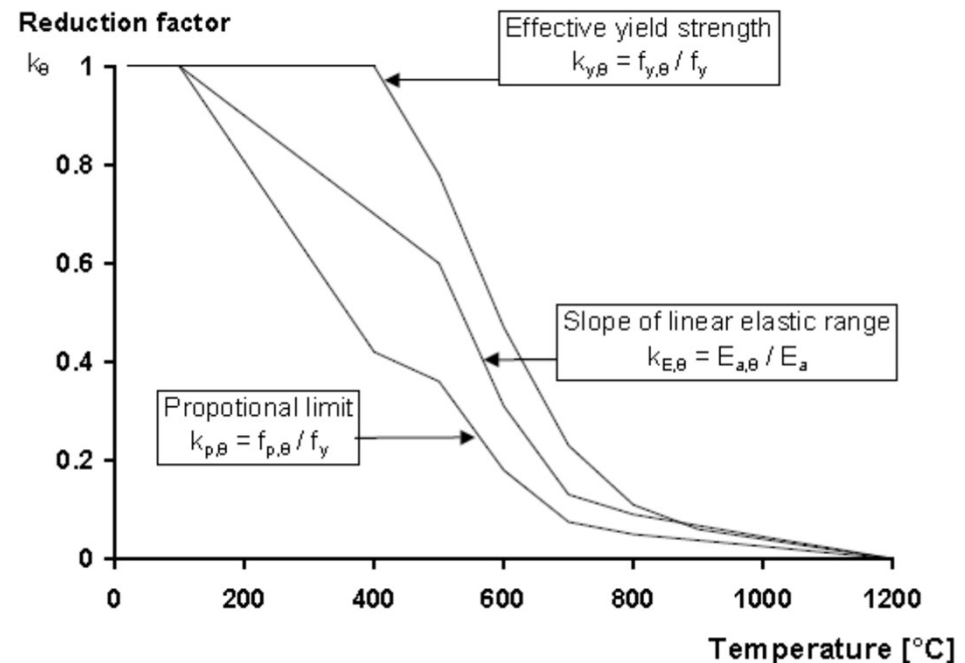
μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

Structuur gedrag – voorbeeld t_{ed}

Reactie structuur op rooktemperatuur

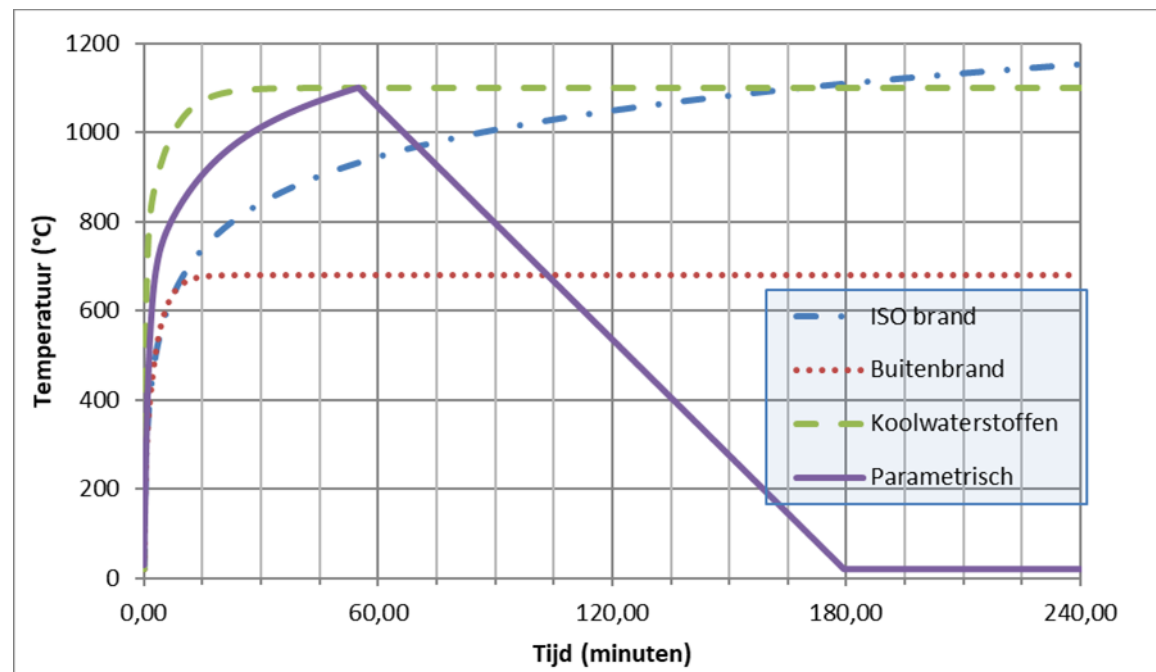
Steel Temperature θ_a	Reduction factors at temperature θ_a relative to the value of f_y or E_a at 20°C		
	Reduction factor (relative to f_y) for effective yield strength $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	Reduction factor (relative to f_y) for proportional limit $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	Reduction factor (relative to E_a) for the slope of the linear elastic range $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20°C	1,000	1,000	1,000
100°C	1,000	1,000	1,000
200°C	1,000	0,807	0,900
300°C	1,000	0,613	0,800
400°C	1,000	0,420	0,700
500°C	0,780	0,360	0,600
600°C	0,470	0,180	0,310
700°C	0,230	0,075	0,130
800°C	0,110	0,050	0,090
900°C	0,060	0,0375	0,0675
1000°C	0,040	0,0250	0,0450
1100°C	0,020	0,0125	0,0225
1200°C	0,000	0,0000	0,0000

NOTE: For intermediate values of the steel temperature, linear interpolation may be used.



Structuur gedrag - parametrisch

Voorbeeld parametrische brand 24x15x5 m³ ($A < 400$ m²)

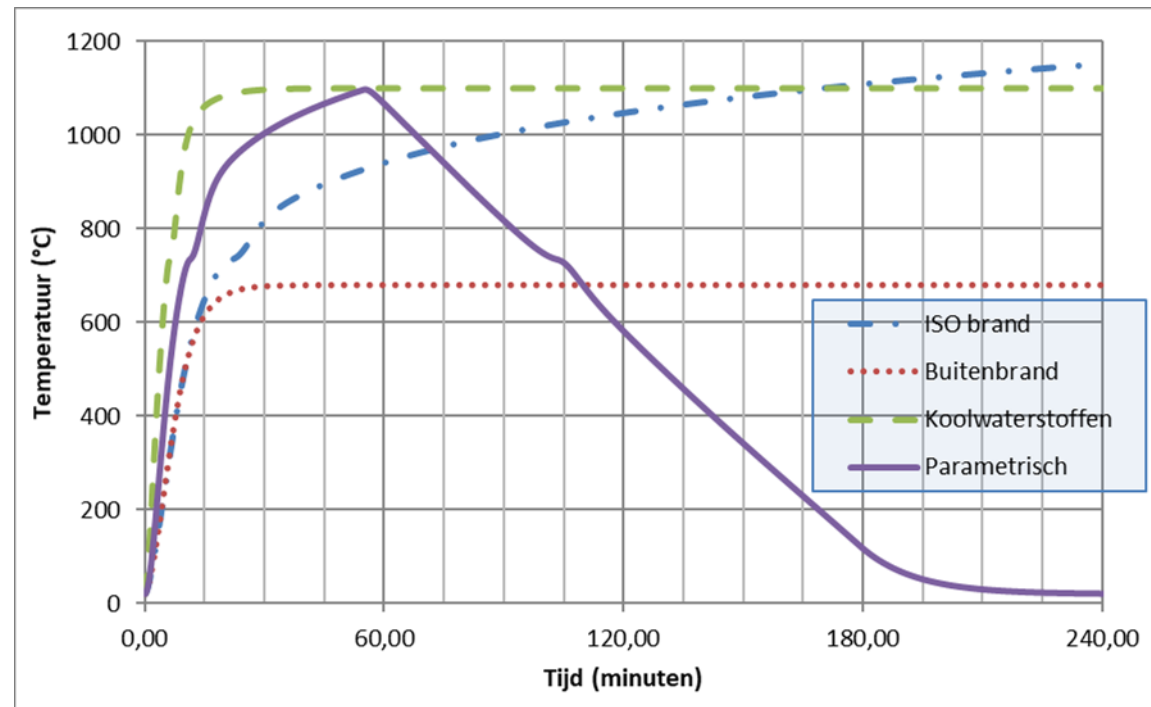


Hogere temperatuur maar korter in tijd

Structuur gedrag - parametrisch

Voorbeeld parametrische brand 24x15x5 m³ ($A < 400$ m²)

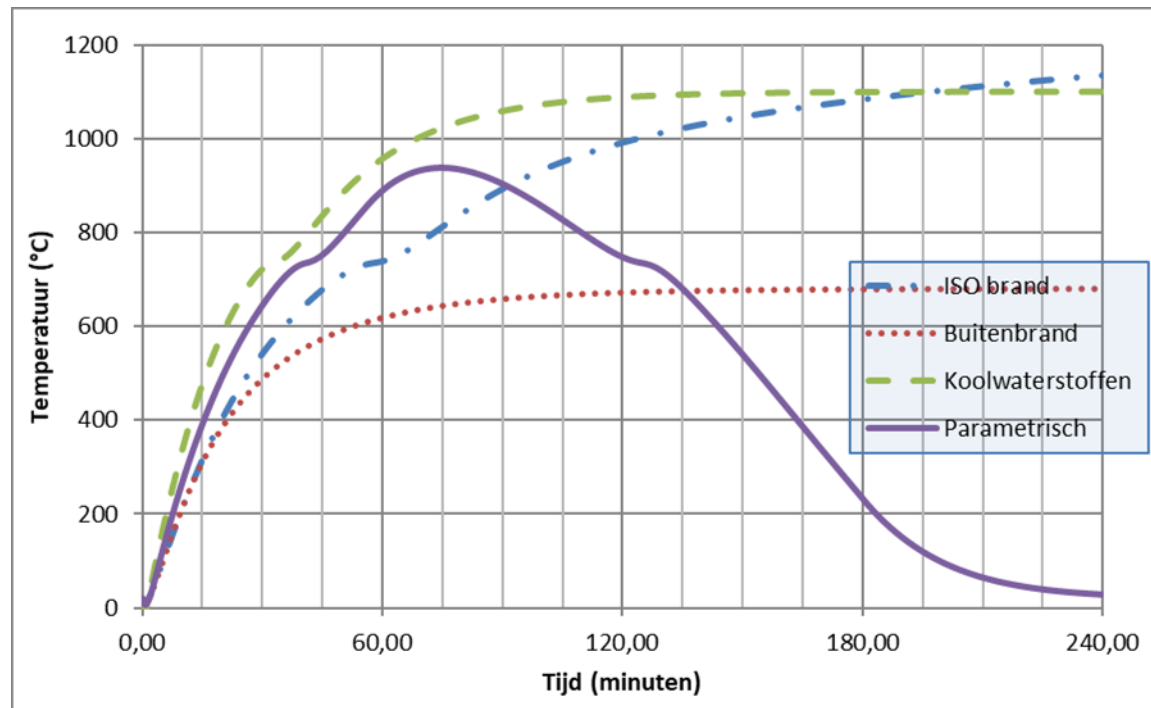
STAAL



Structuur gedrag - parametrisch

Voorbeeld parametrische brand 24x15x5 m³ ($A < 400$ m²)

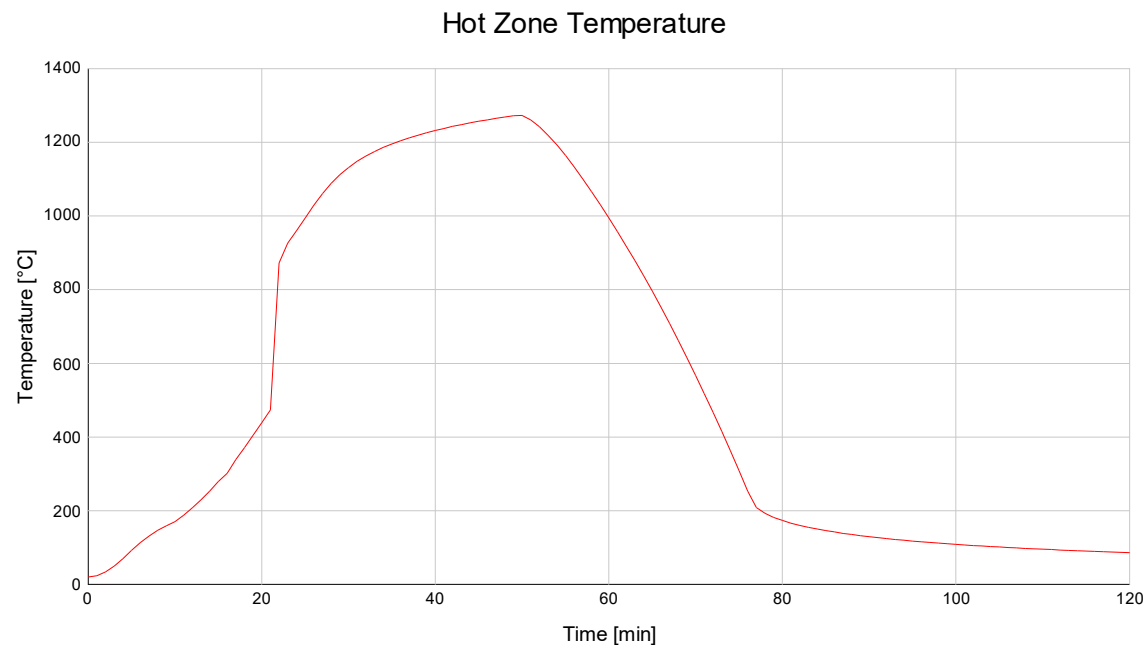
BETONSTAAL



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

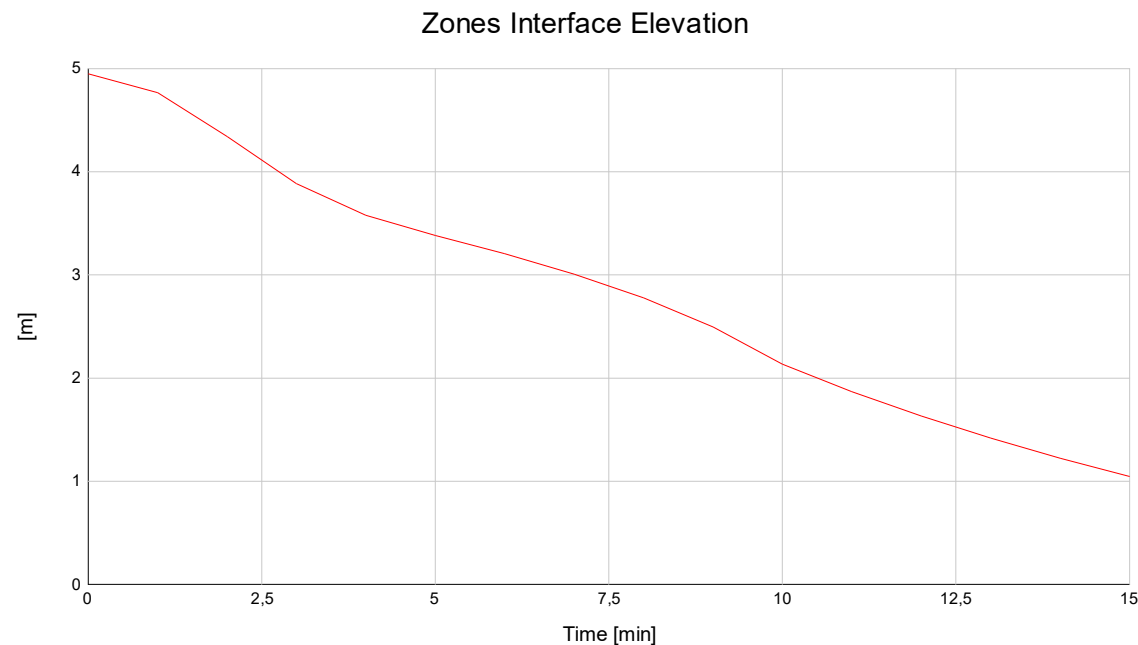
- Gebouw H = 5 m zonder RWA



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

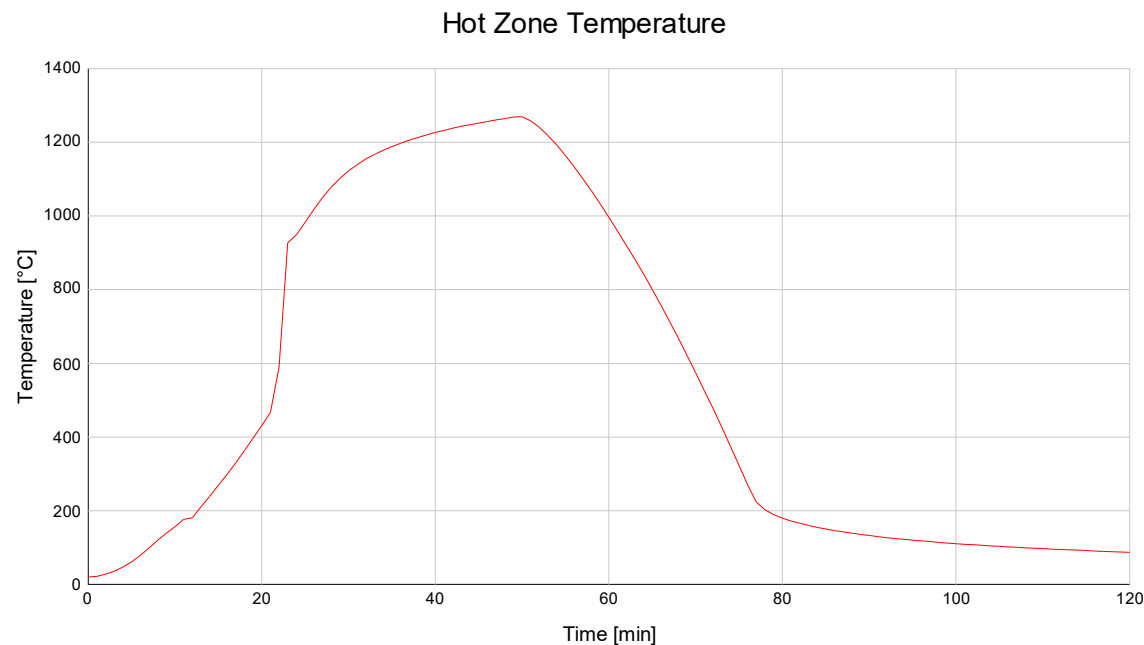
- Gebouw H = 5 m zonder RWA



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

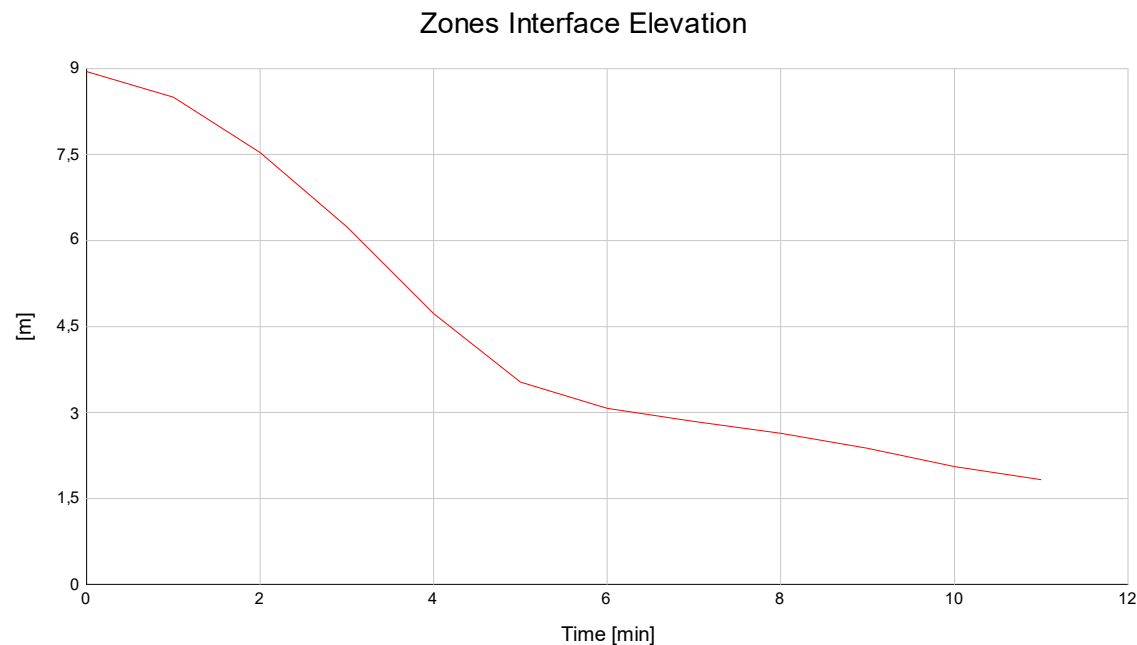
- Gebouw H = 9 m zonder RWA



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

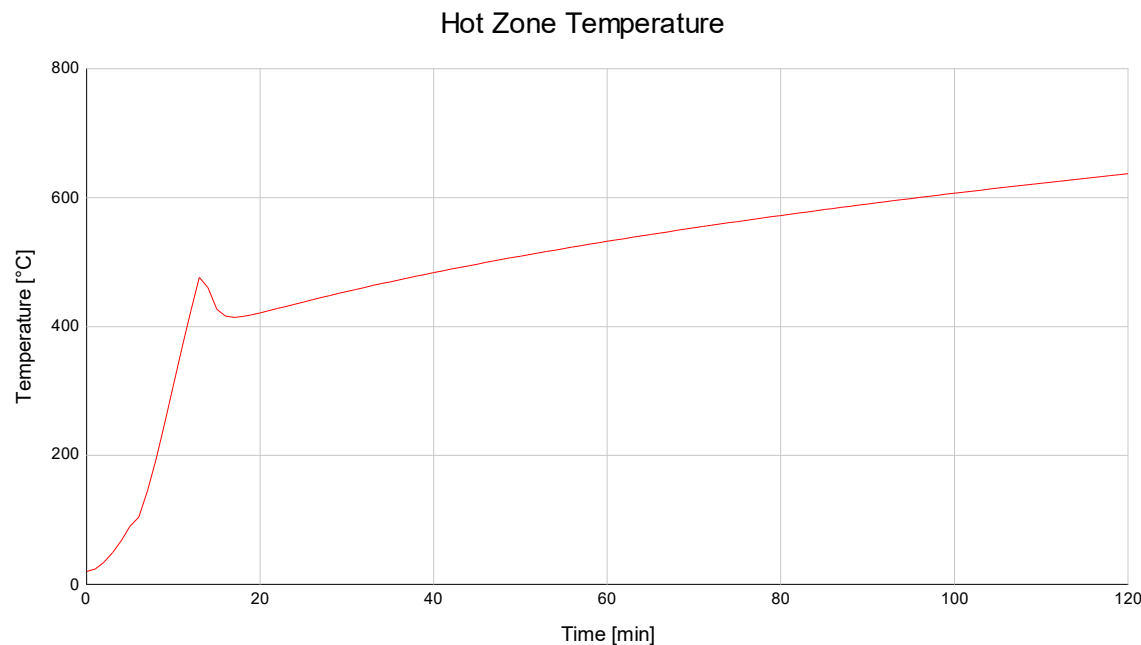
- Gebouw H = 9 m zonder RWA



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

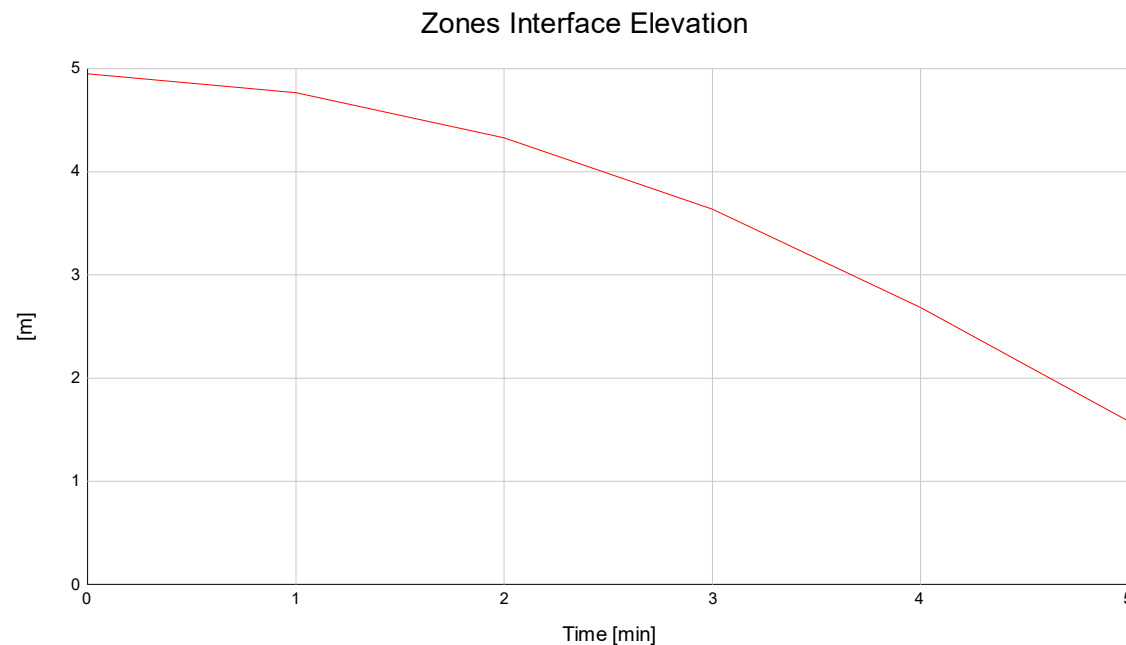
- Gebouw H = 5 m zonder RWA, poorten met deuren



Structuur gedrag

Twee zone model m.b.v. Ozone (Ulg & Arcelor-Mittal)

- Gebouw H = 5 m zonder RWA, poorten met deuren



Structuur gedrag

Renovatie na brand?

- Betrouwbaarheid bestaande structuur
- Welke indicatoren?



Structuur gedrag

Renovatie na brand?

- Betrouwbaarheid bestaande structuur
- Bekabeling, lichtstraten, zinklagen, ...



Vragen, suggesties ?

• ...