

DUURZAAM EN BRANDVEILIG BOUWEN:

EEN UTOPIE, EEN EVIDENTIE OF EEN UITDAGING VOOR INGENIEURS EN INGENIEUR-ARCHITECTEN?

Prof. Bart Merci

OVERZICHT

OVERVIEW

- Eerst een beetje theorie
- Brand- en rookdynamica ontrafeld
- Duurzaamheid: uitdagingen
- Het belang van opleiding
- Slotbedenkingen

EERST EEN BEETJE THEORIE

ASET - RSET

- Available Safe Egress Time $>$ Required Safe Egress Time: personenveiligheid

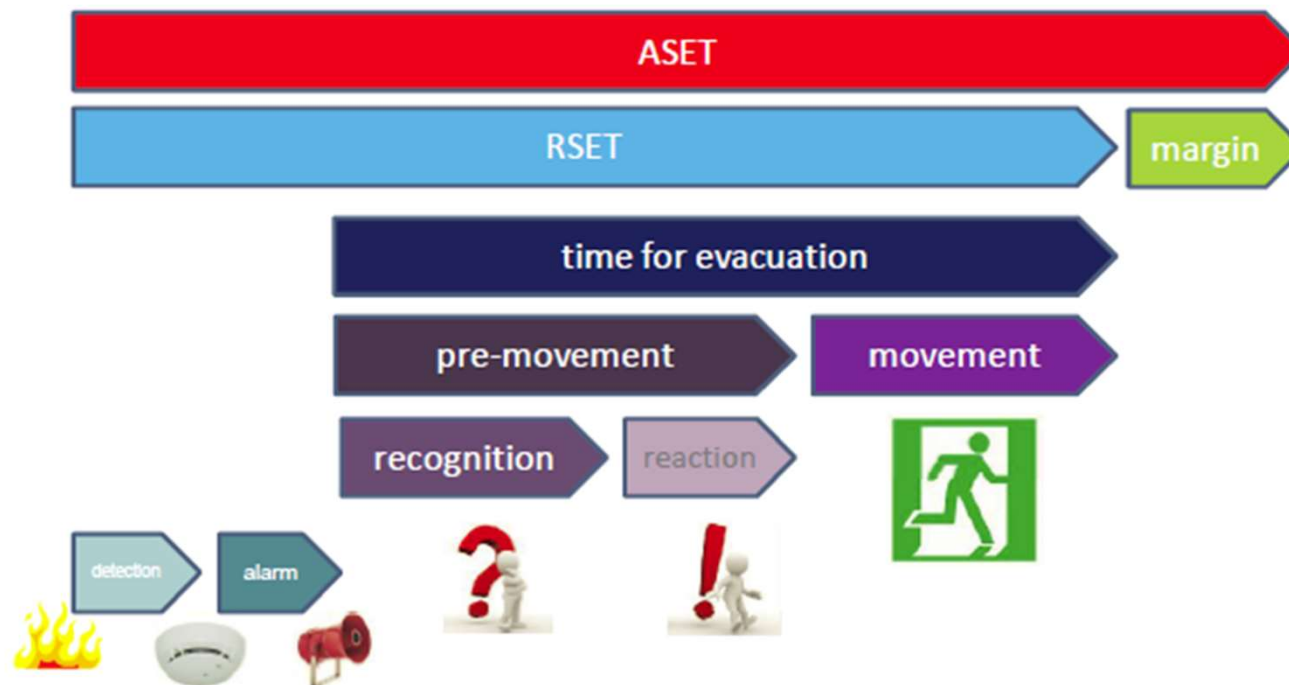
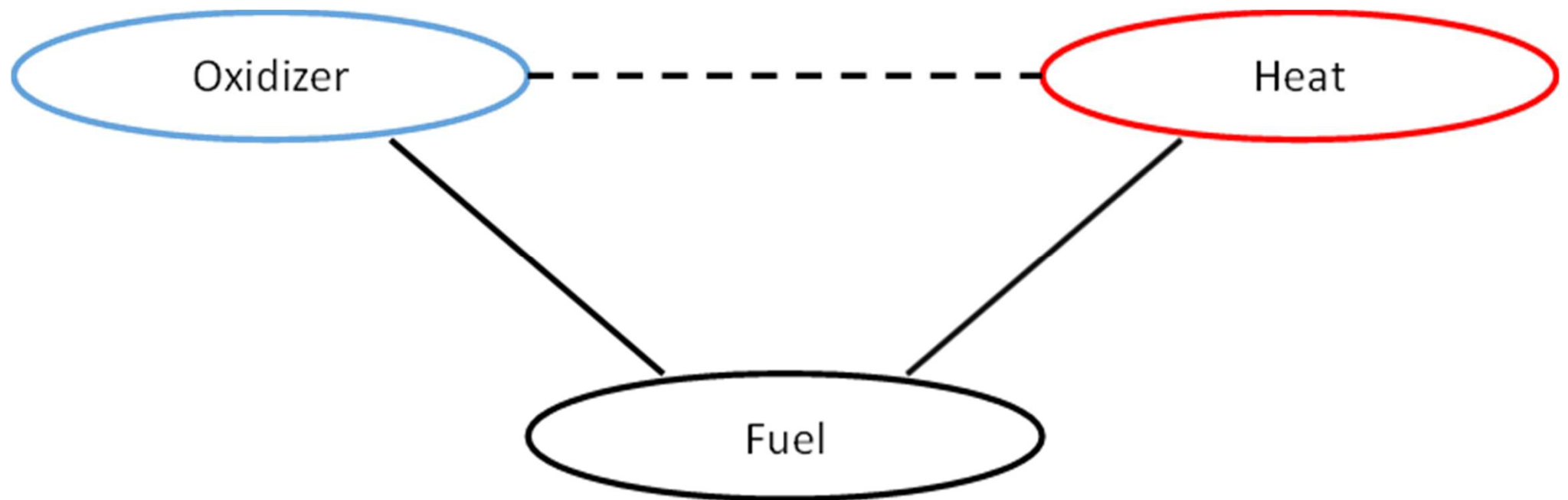


Figure: Simplified diagram of processes in required safe-escape time compared to available safe-escape time (from ISO 16738)

BRANDDRIEHOEK

- Noodzakelijke ingrediënten:



BRAND EN ROOKPLUIM

- Vlammen/verbranding: in de gasfaze

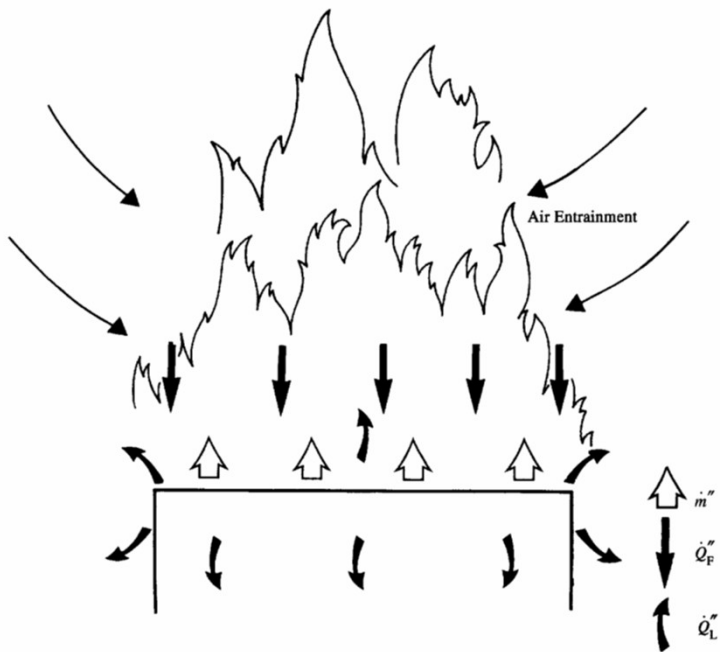
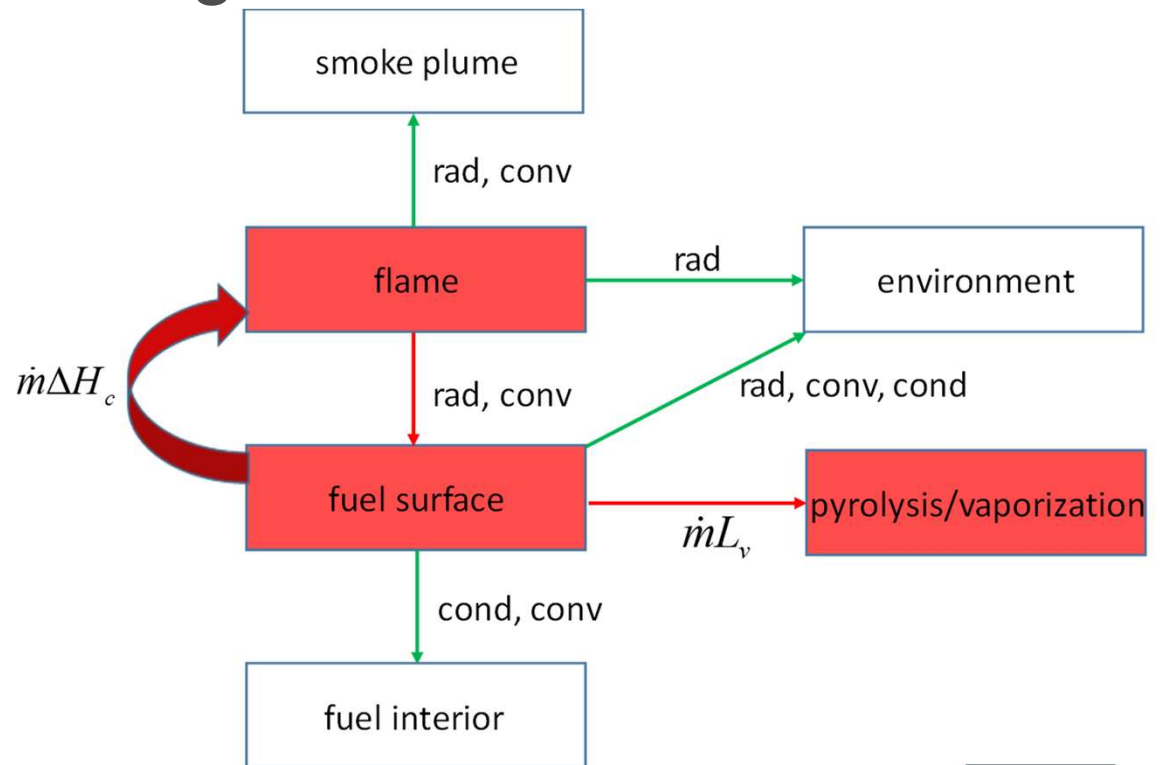


Figure 1.4 Schematic representation of a burning surface, showing the heat and mass transfer processes. \dot{m} , mass flux from the surface; \dot{Q}_f , heat flux from the flame to the surface; \dot{Q}_l , heat losses (expressed as a flux from the surface)



BASISFORMULES

- Warmtevermogen (W/kW/MW): $\dot{Q} = \chi \dot{m}'' A_F \Delta H_c$:
 - χ : volledigheid van verbranding (-);
 - \dot{m}'' : massadebiet brandbare gassen per oppervlakte-eenheid (kg/(m²s));
 - A_F : oppervlakte van oppervlak dat deelneemt aan de brand (m²);
 - ΔH_c : theoretische verbrandingswaarde (J/kg, kJ/kg, MJ/kg).

BASISFORMULES

- Verdamping/pyrolyse is een endotherm proces → warmte nodig: $\dot{m}'' = \frac{\dot{q}_{in,net}}{L_v}$
 - L_v : latente verdampings- of pyrolysewarmte (J/kg, kJ/kg, MJ/kg);
 - $\dot{q}_{in,net}$: netto invallende warmteflux op het brandstofoppervlak (in W/m², kW/m², MW/m²).
- Combinatie formules: $\dot{Q} = \chi \frac{\dot{q}_{in,net}}{L_v} A_F \Delta H_C$

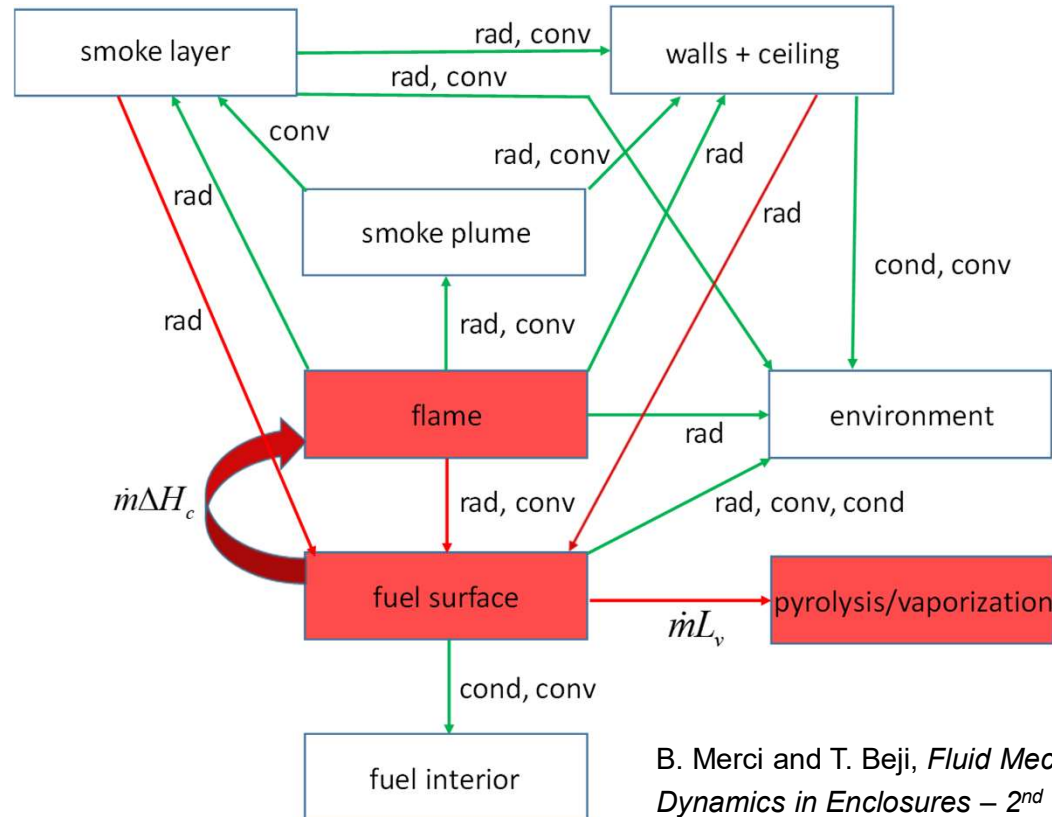
BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

- Essentie: fysica (stromingsmechanica en warmteoverdracht) en chemie (verbranding in de gasfase en pyrolyse).
- Verbranding: exotherme chemische reacties met zuurstof → warmte vrijstelling en hoge temperatuur → warmte komt ter beschikking voor het endotherm proces van degradatie (pyrolyse) of verdamping van brandstof → feedbacklus.
- Brand kan groeien, stabiel zijn of uitdoven.

BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

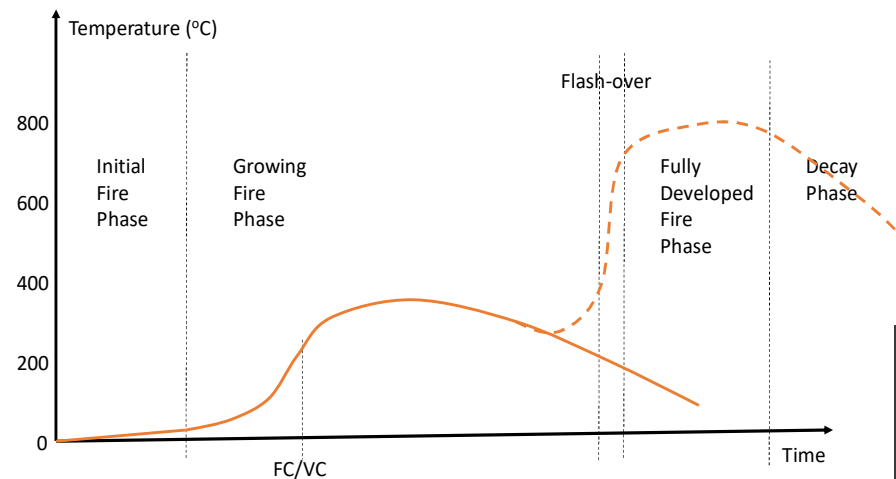
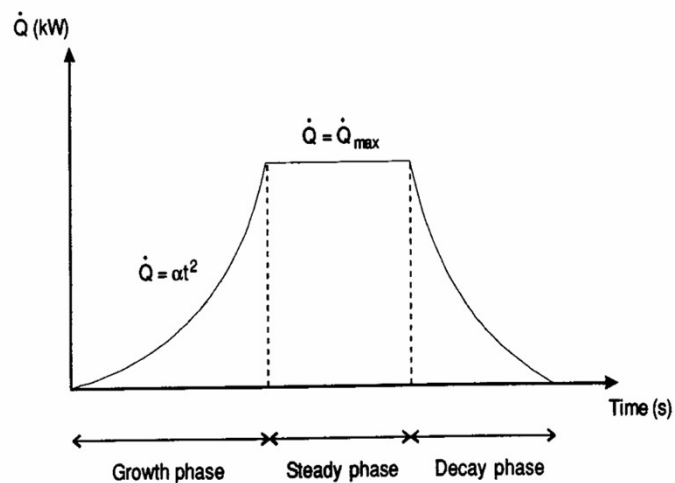
- Twee primaire effecten van 'compartiment' op brand:
 - Toename van warmtefeedback (vanwege rooklaag en plafond);



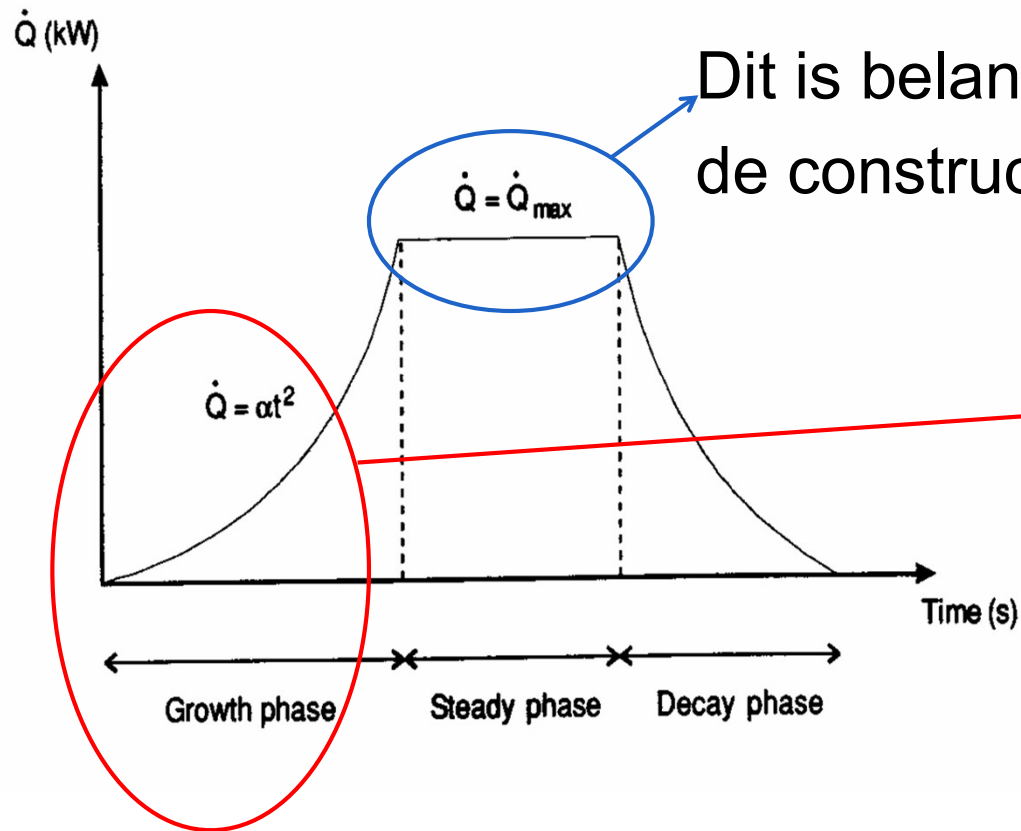
B. Merci and T. Beji, *Fluid Mechanics Aspects of Fire and Smoke Dynamics in Enclosures – 2nd edition*, CRC Press (2023).

BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

- Twee primaire effecten van ‘compartiment’ op brand:
 - Toename van warmtefeedback (vanwege rooklaag en plafond);
 - Beperking van zuurstof (‘ventilatiegecontroleerde brand’).



BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD



Dit is belangrijk voor de stabiliteit van de constructie en voor brandweer.

Dit bepaalt ASET!

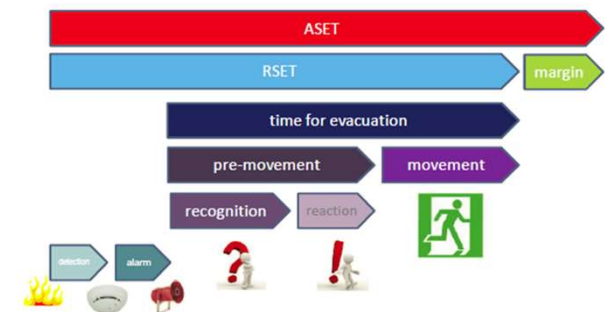
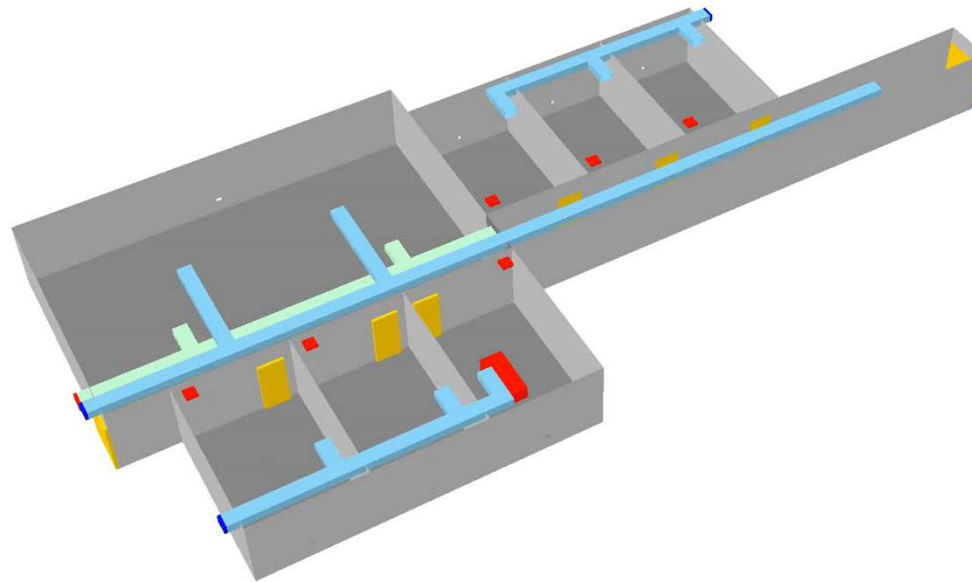


Figure: Simplified diagram of processes in required safe-escape time compared to available safe-escape time (from ISO 16738)

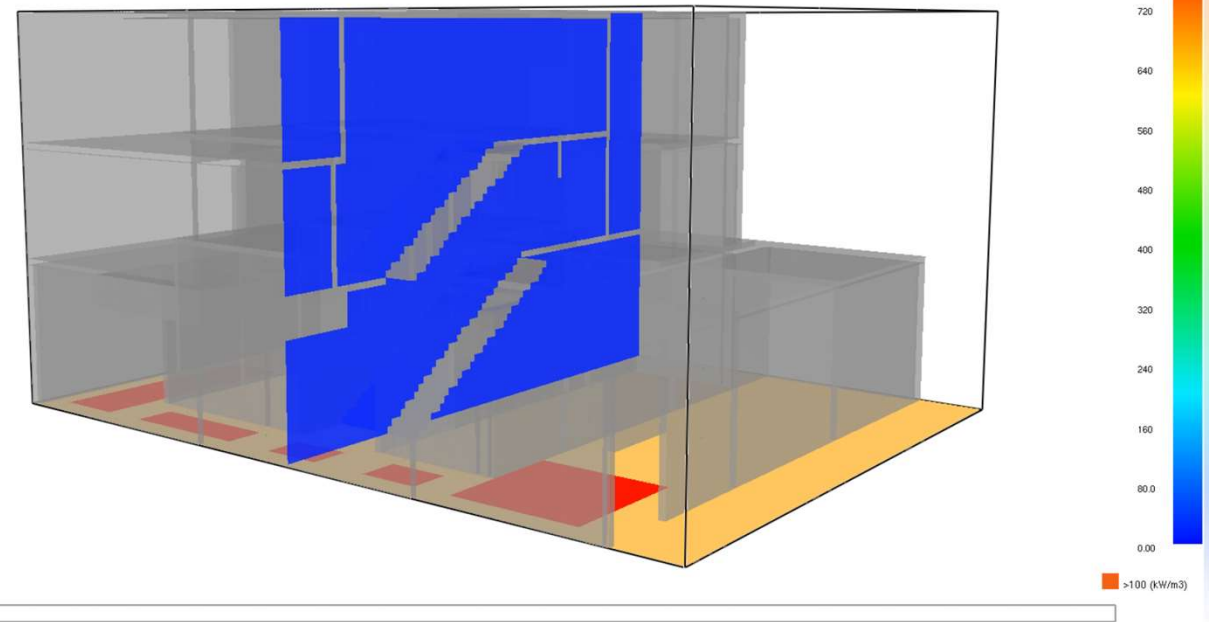
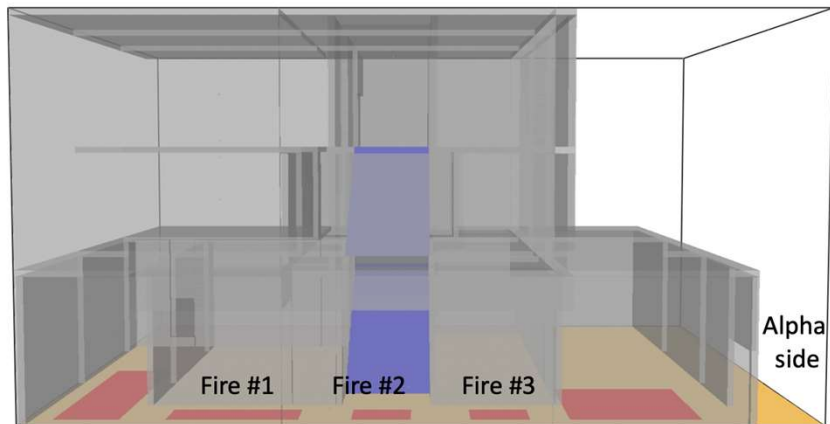
BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

- Twee voorbeelden (CFD-berekeningen):
 - Rookverspreiding in ouderenvoorzieningen (dr. Andrea Lucherini – VIPA-studie 2021):



BRAND- EN ROOKDYNAMICA ONTRAFELD

- Brand in Sheratonhotel Brussel (dr. Georgios Maragkos – Studie i.o.v. Binnenlandse Zaken 2022):



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

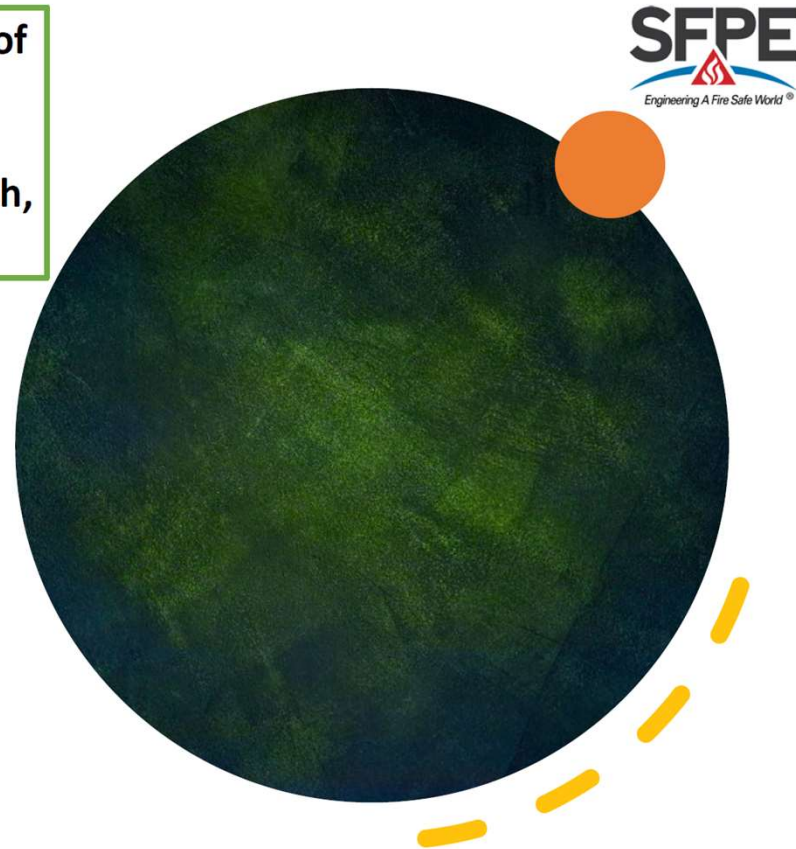
DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

Sustainability consists of fulfilling the needs of current generations without compromising the needs of future generations, while ensuring a balance between economic growth, environmental care and social well-being.

Option 1: As sustainable as possible, then add fire safety measures

Option 2: Fire safety solutions that are as sustainable as possible

Option 3: Optimized, holistic sustainability design that ensures safety



Figuur: prof. Grunde Jomaas (ZAG – FRISSBE).

REGELT DE WET DAT NIET?



Innovation 1967: basis Belgische wetgeving.
Wetgeving enkel gericht op personenveiligheid.

DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.

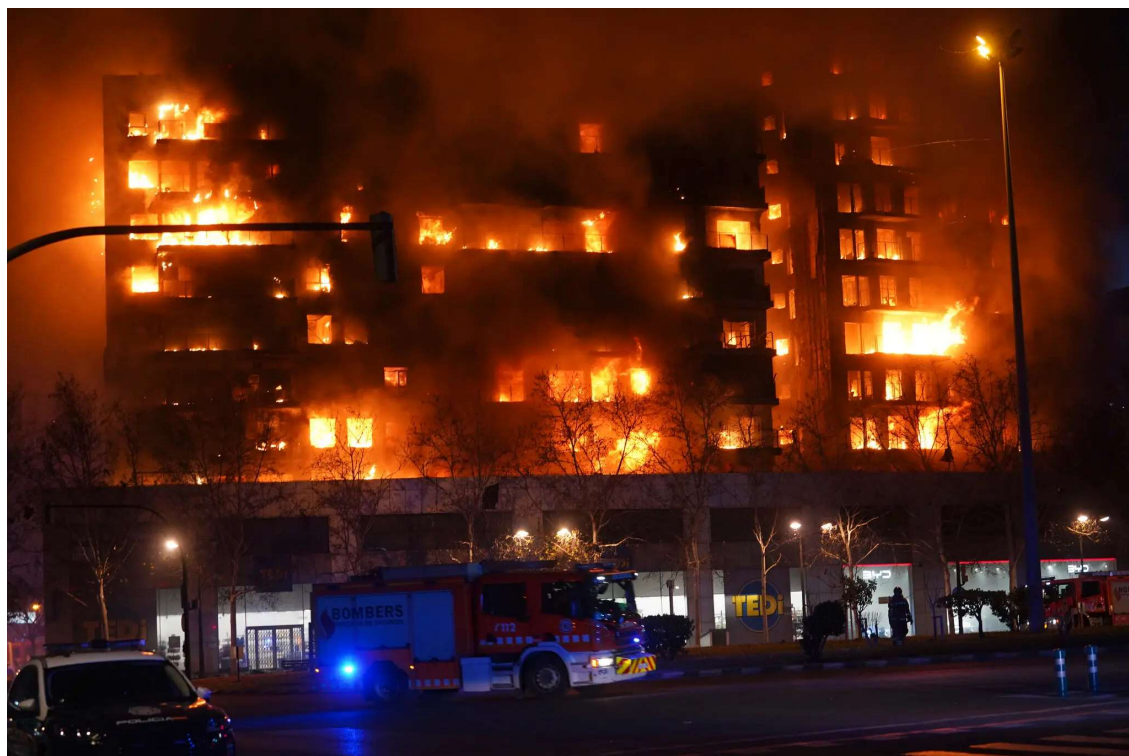


Grenfell (Londen). Gebouw opgeleverd in 1974. Volledig gerenoveerd in 2016.
Brand 14/6/2017.

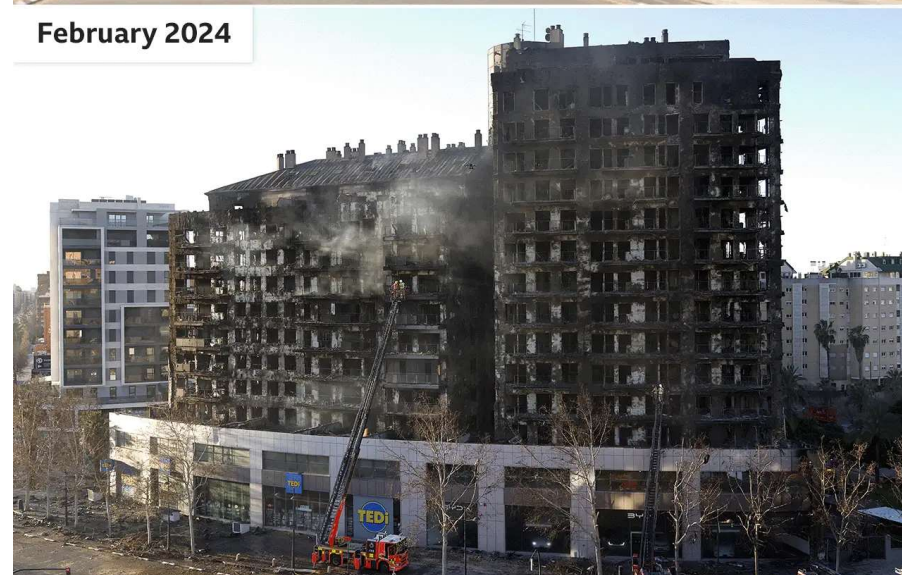
DUURZAAMHEID: UITDAGING

Fire at Valencia apartment block

August 2022

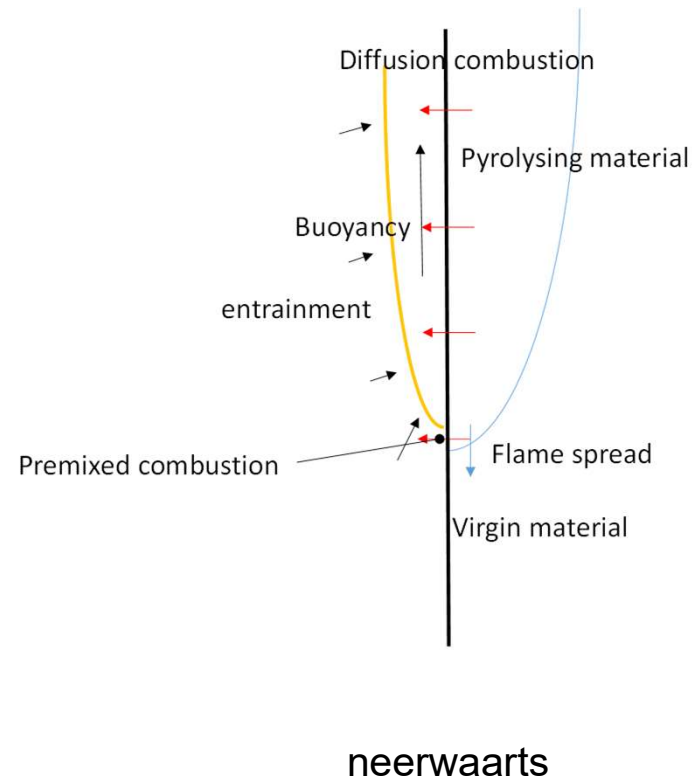
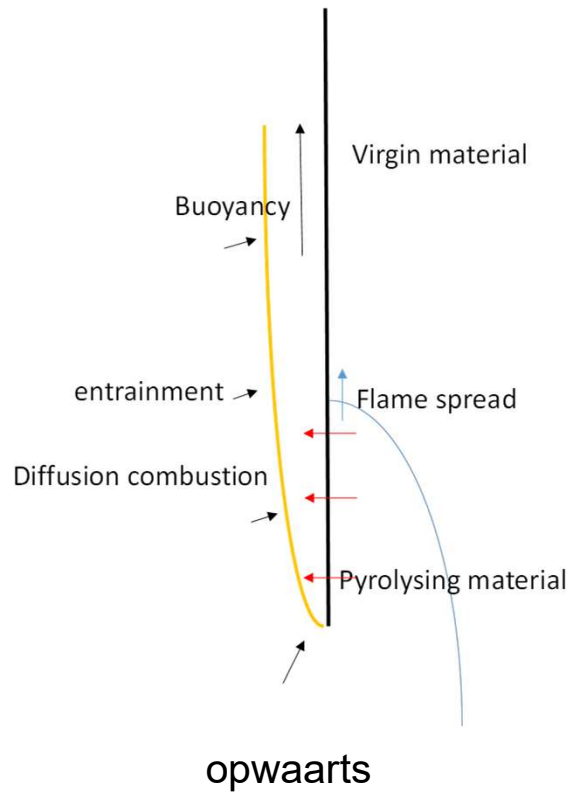


February 2024



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

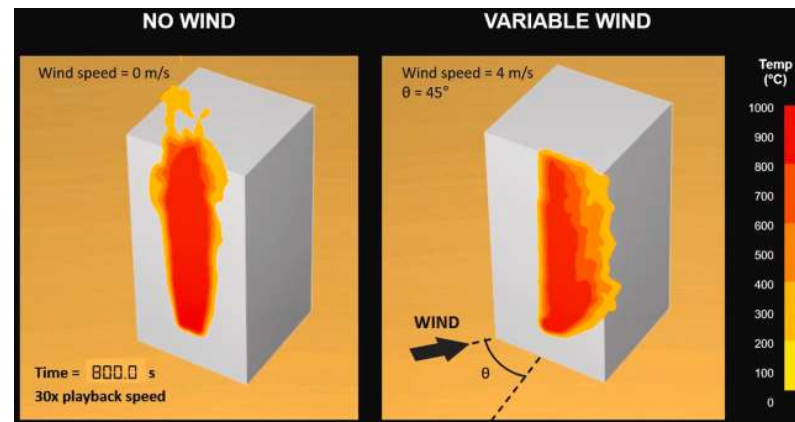
- Waarom heeft dit gebouw zo snel gebrand?
 - Opwaartse vlamuitbreiding is altijd heel snel.



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

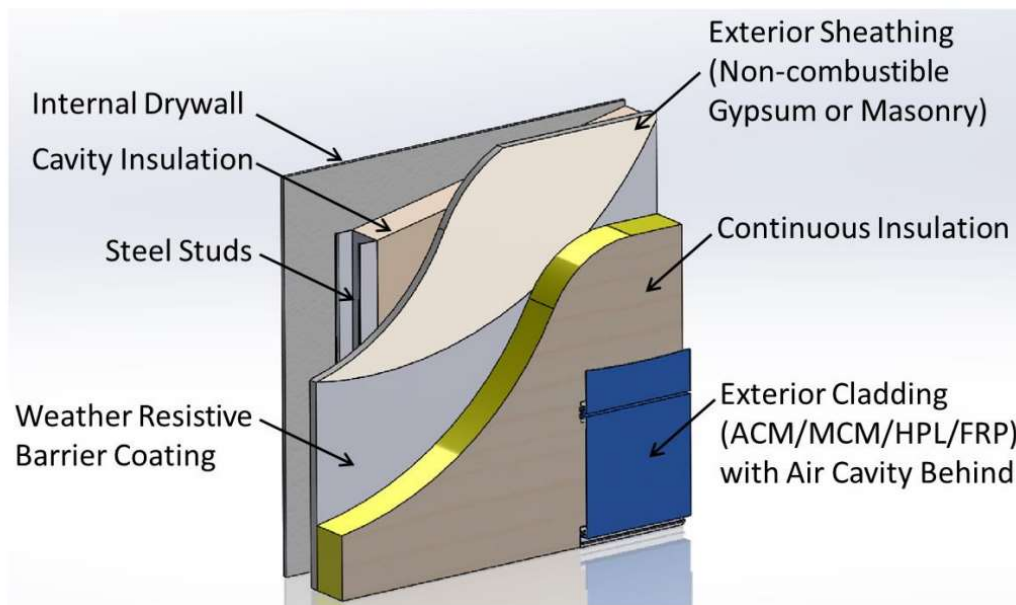
- Waarom heeft dit gebouw zo snel gebrand?
 - Opwaartse vlamuitbreiding is altijd heel snel.
 - Zijwind: vlammen nemen sneller een groter oppervlak in.

$$\dot{Q} = \chi \dot{m}'' A_F \Delta H_c$$



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Waarom heeft dit gebouw zo snel gebrand?
 - Opwaartse vlamuitbreiding is altijd heel snel.
 - Zijwind: vlammen nemen sneller een groter oppervlak in.
 - Gebruik van brandbaar material (ACM).



FM Global Research TR
Evaluation of the fire performance
Of Aluminum Composite Material (ACM)
Assemblies using ANSI/FM 4880

DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

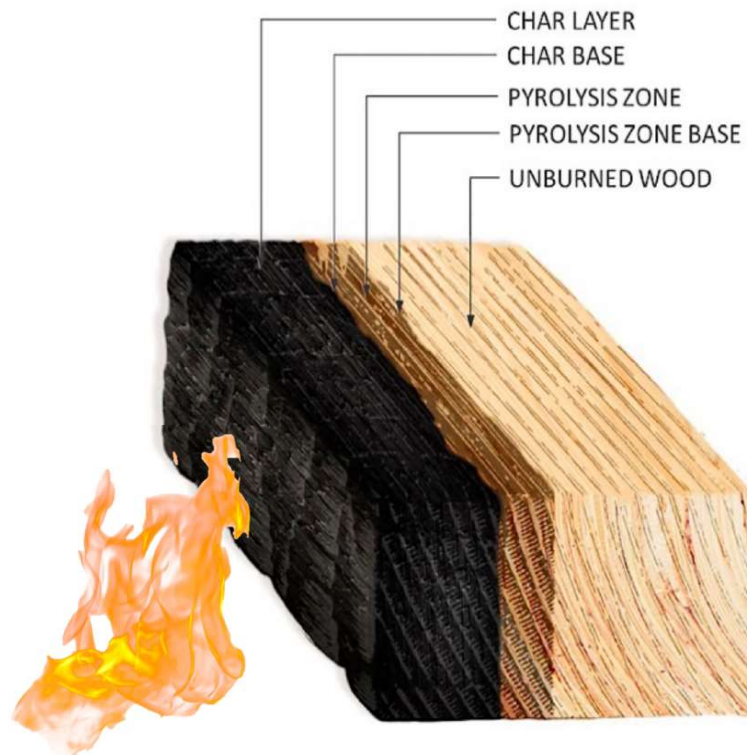
- Waarom heeft dit gebouw zo snel gebrand?
 - Opwaartse vlamuitbreiding is altijd heel snel.
 - Zijwind: vlammen nemen sneller een groter oppervlak in.
 - Gebruik van brandbaar material (ACM).
 - Maar opgelet: het gebruik van een materiaal is slechts onderdeel van een brandveiligheidsstrategie!
 - Disclaimer: het brandverloop is niet in detail bestudeerd.

DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.

GEBRUIK VAN DUURZAME BOUWMATERIALEN

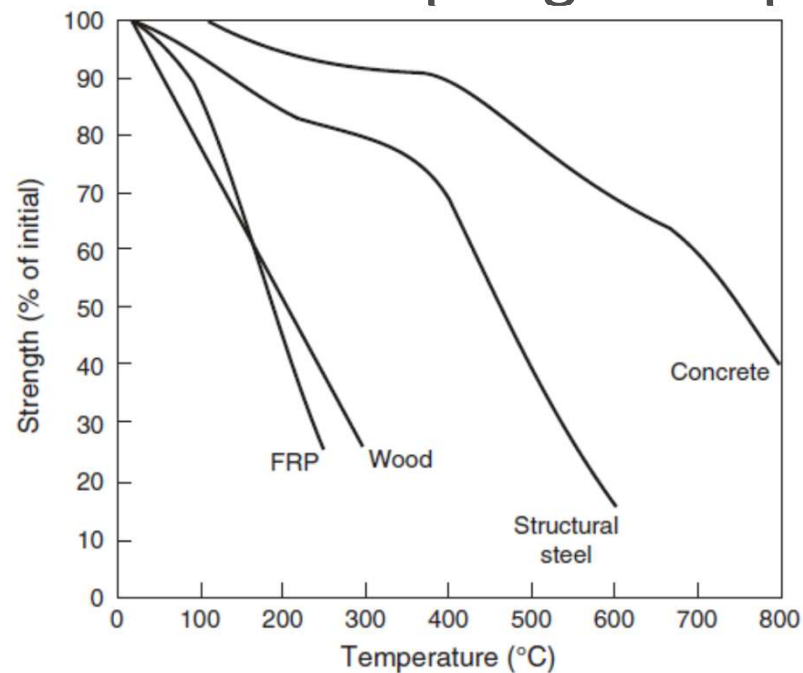
- Massief hout is moeilijk te ontsteken.
- Hout is een brandbaar materiaal.



Charring rate hangt af van warmteflux (~1mm per minuut)

GEBRUIK VAN DUURZAME BOUWMATERIALEN

- Massief hout is moeilijk te ontsteken.
- Hout is een brandbaar materiaal.
- Hout verliest al veel sterkte op lage temperatuur.

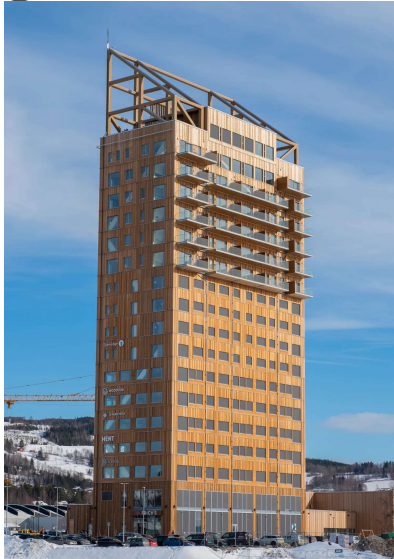


*SFPE Handbook of Fire Protection Engineering
– 5th edition (2016).*

GEBRUIK VAN DUURZAME BOUWMATERIALEN

- Hoogbouw: ???

Noorwegen



Londen (plannen)

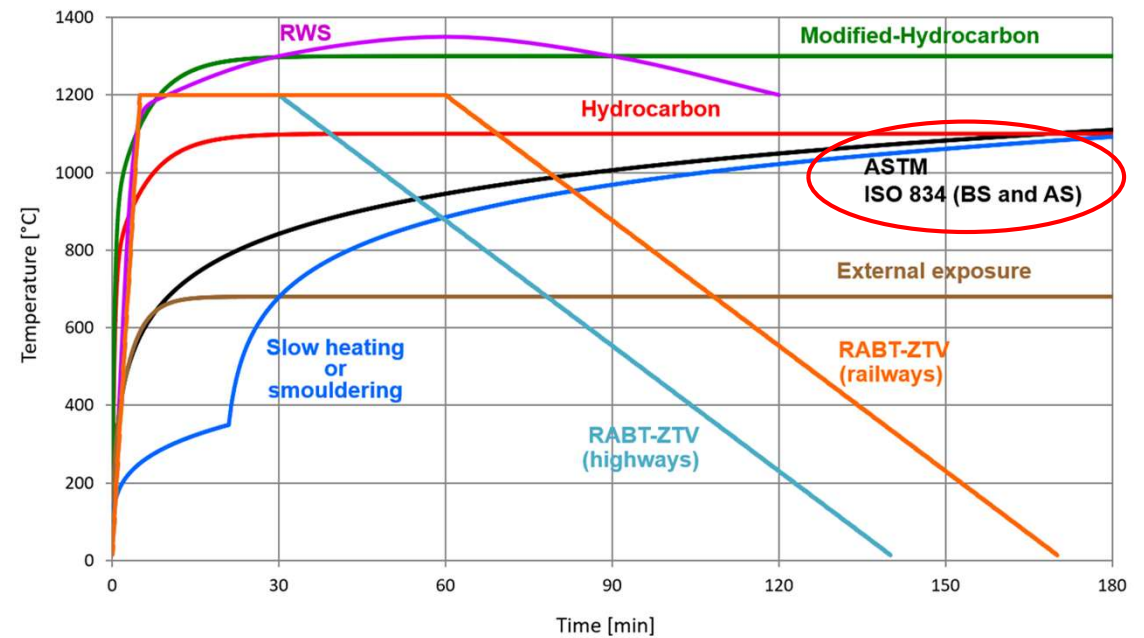
Zweden



Australië (plannen)

GEBRUIK VAN DUURZAME BOUWMATERIALEN

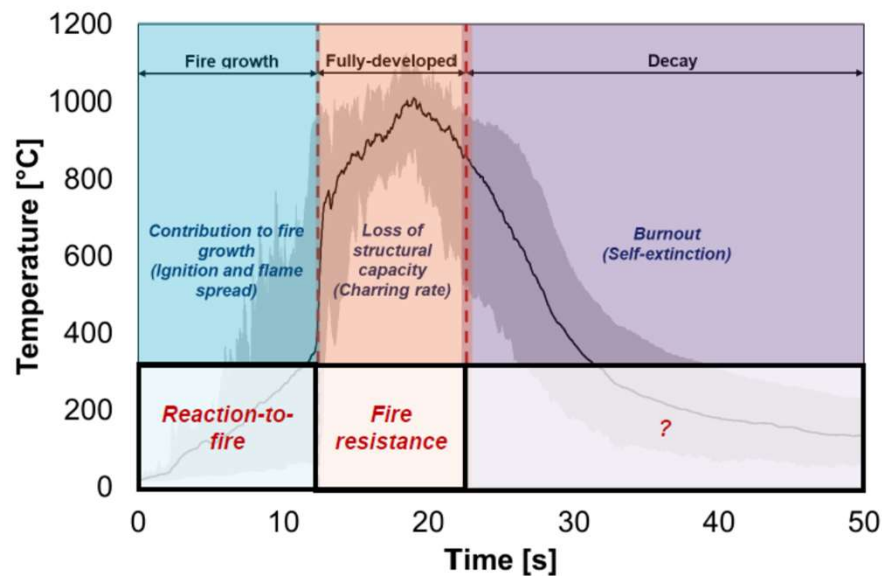
- Brandweerstand: ???



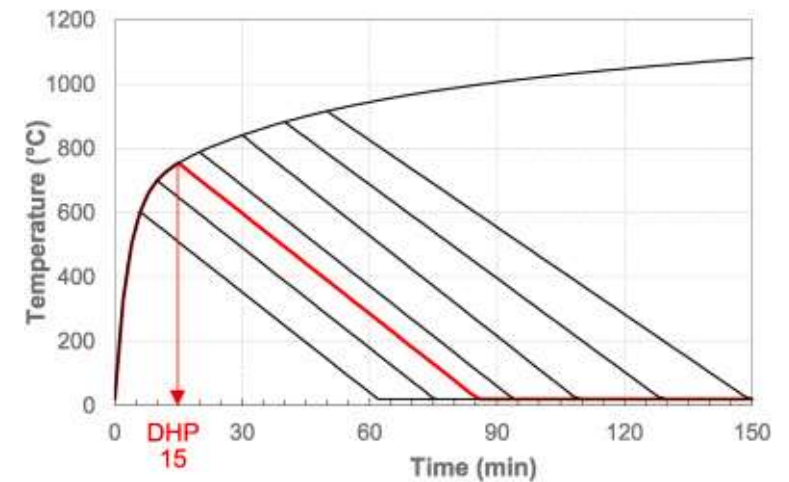
GEBRUIK VAN DUURZAME BOUWMATERIALEN

- Brandweerstand: ???

Existing frameworks to address fire-safe design of timber...



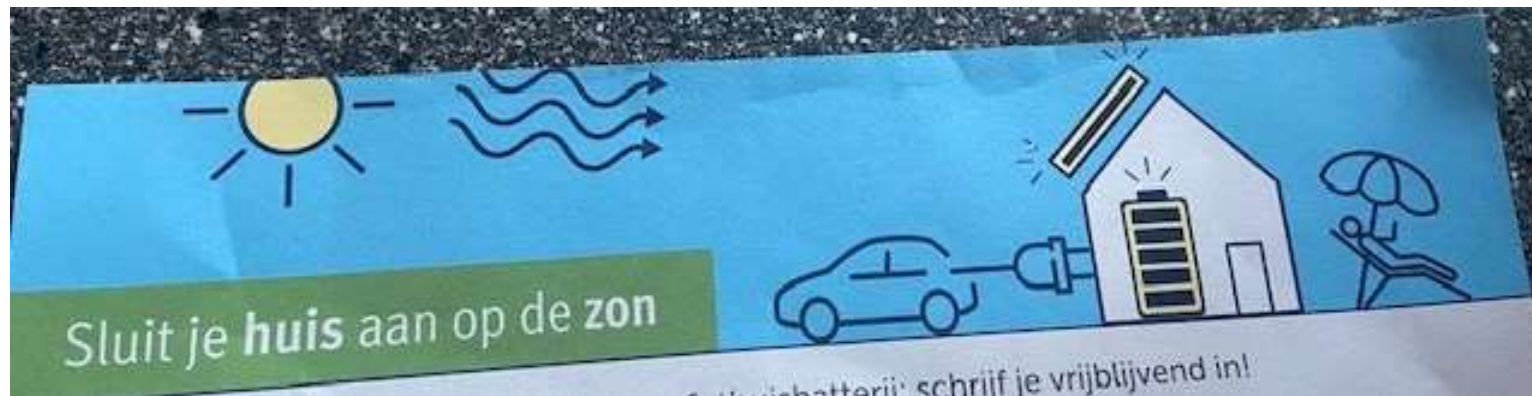
Adapted from Emberley et al. (2017) Description of small and large-scale cross laminated timber tests, *Fire Safety Journal*, 91:327-335.



Gernay, T. (2021). Fire resistance and burnout resistance of timber columns. *Fire Safety Journal*, 122, 103350.

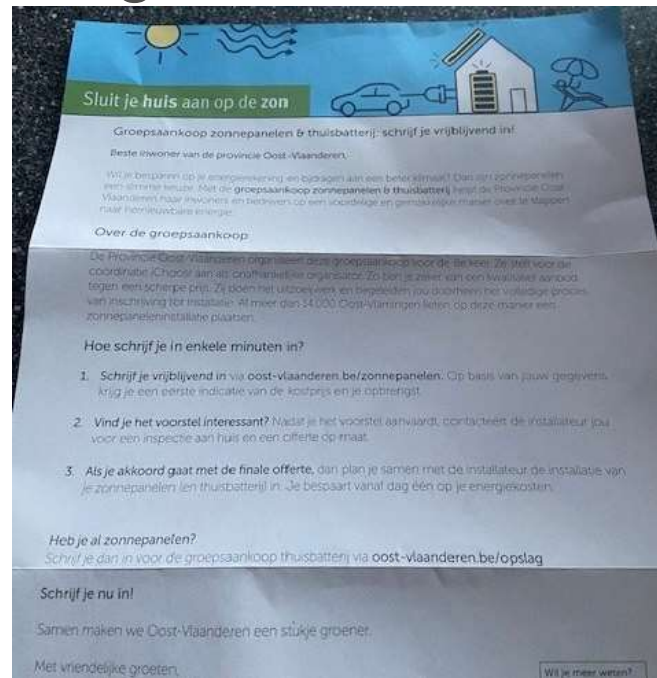
DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.
- Toegenomen belang van elektrische energie.



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.
- Toegenomen belang van elektrische energie.



DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.
- Toegenomen belang van elektrische energie. Voorbeelden:
 - Zonnepanelen;

ZONNEPANELEN

- Even ter herinnering:

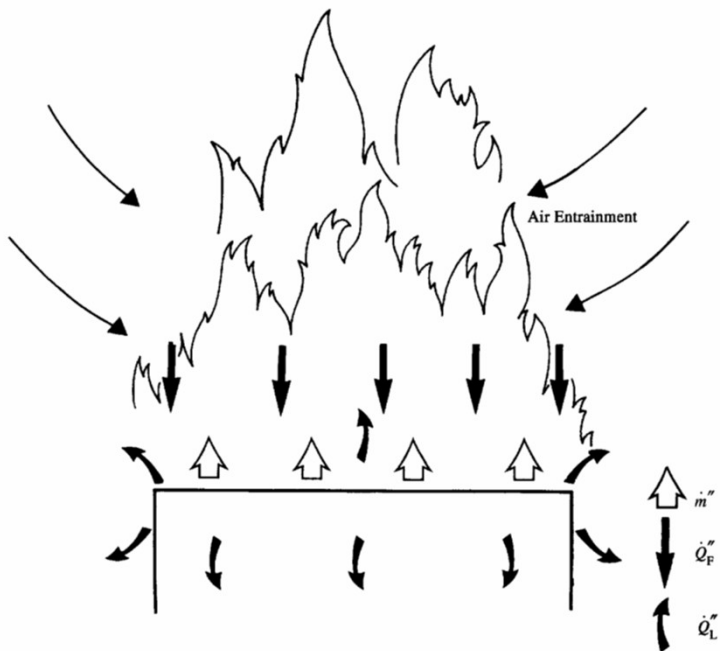
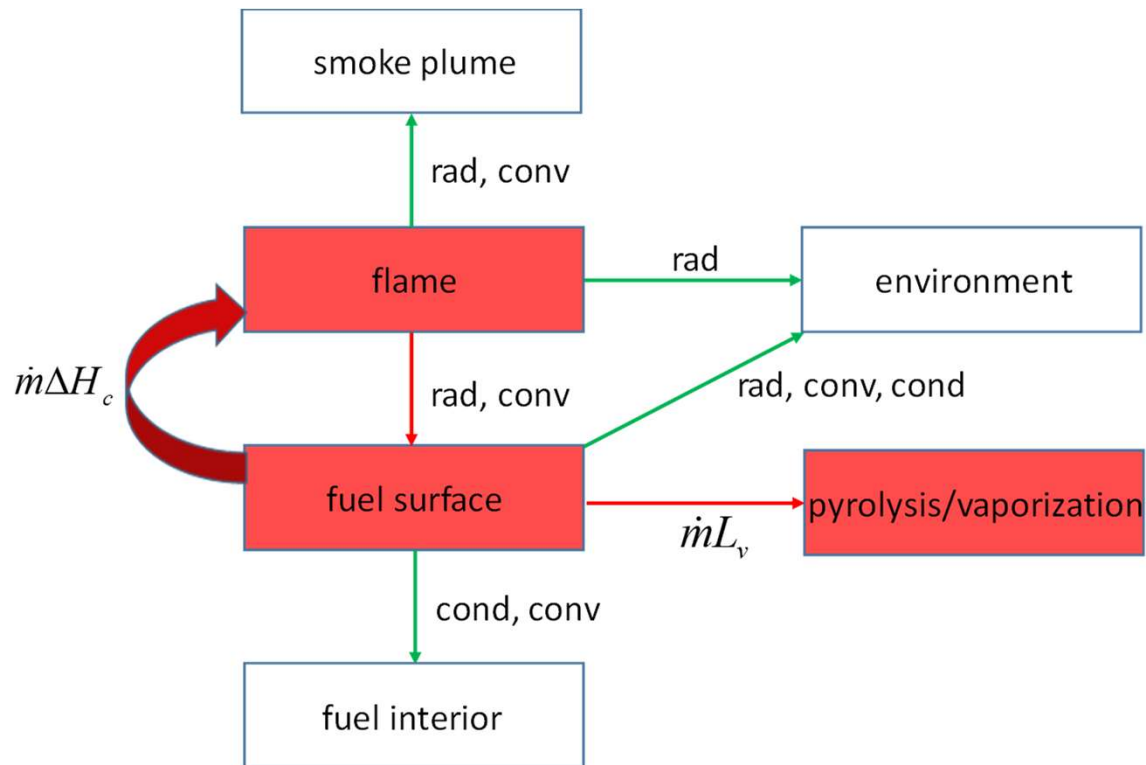


Figure 1.4 Schematic representation of a burning surface, showing the heat and mass transfer processes. \dot{m}'' , mass flux from the surface; \dot{Q}_F'' , heat flux from the flame to the surface; \dot{Q}_L'' , heat losses (expressed as a flux from the surface)

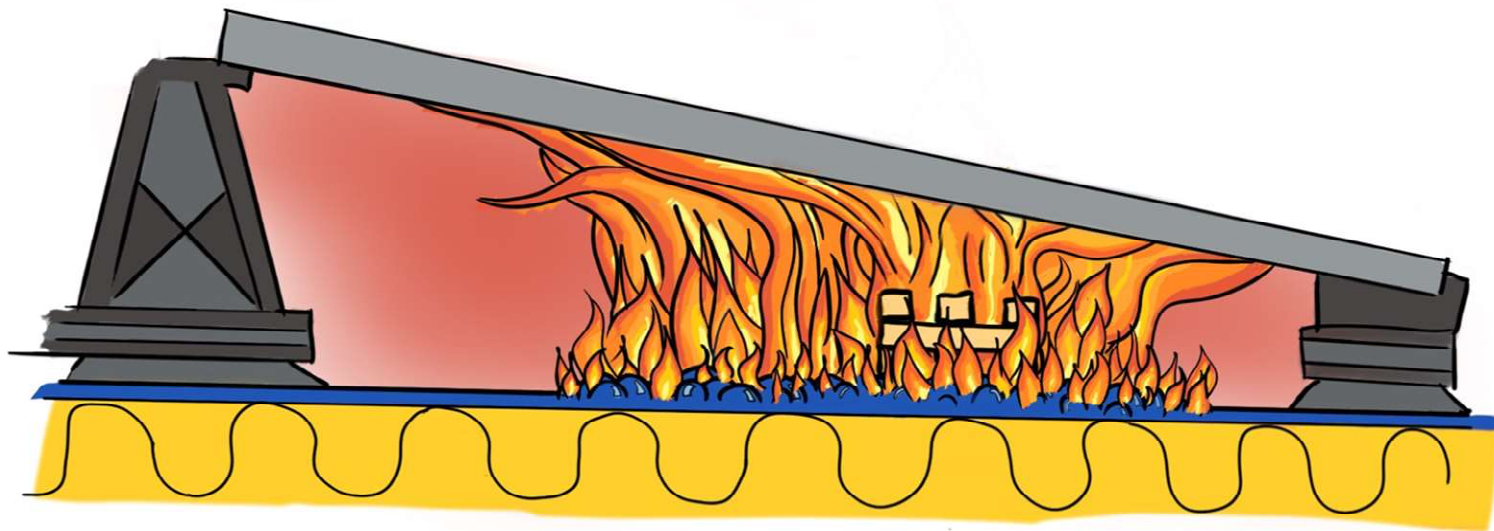


ZONNEPANELEN

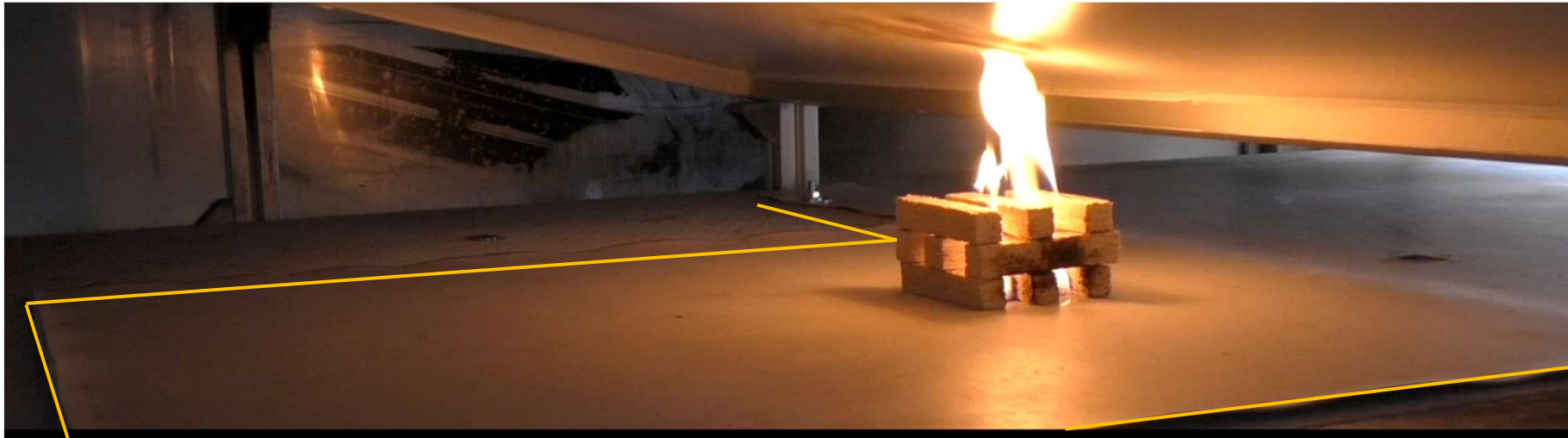


ZONNEPANELEN

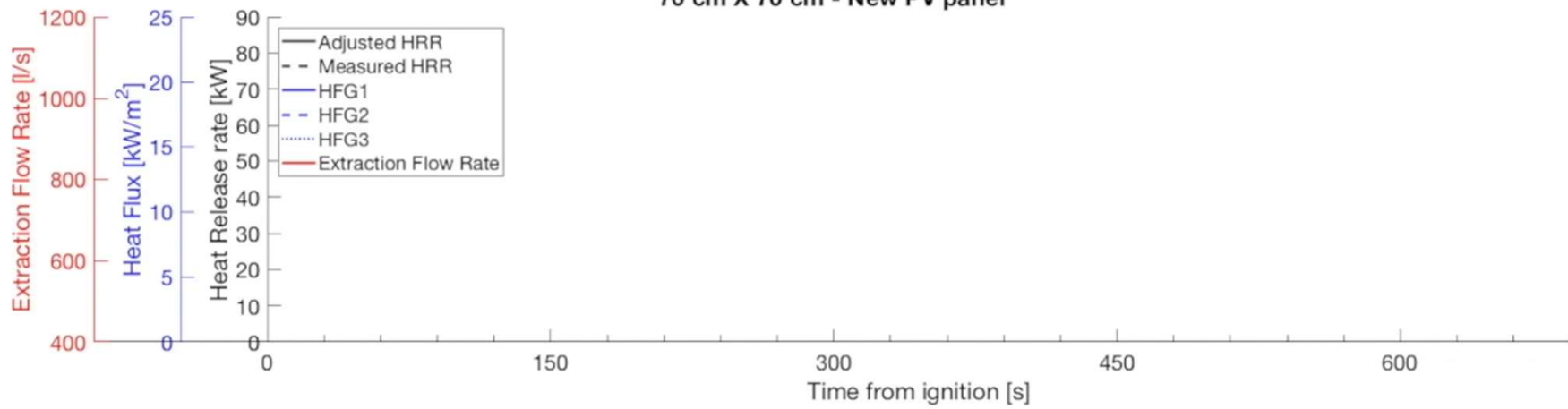
- Impact van een zonnepaneel (plat dak industriegebouw):
PhD Jens Steemann Kristensen (DTU – Univ Edinburgh – nu DBI), promotor prof. Grunde Jomaas



Dank aan Jens Steemann Kristensen – DBI.

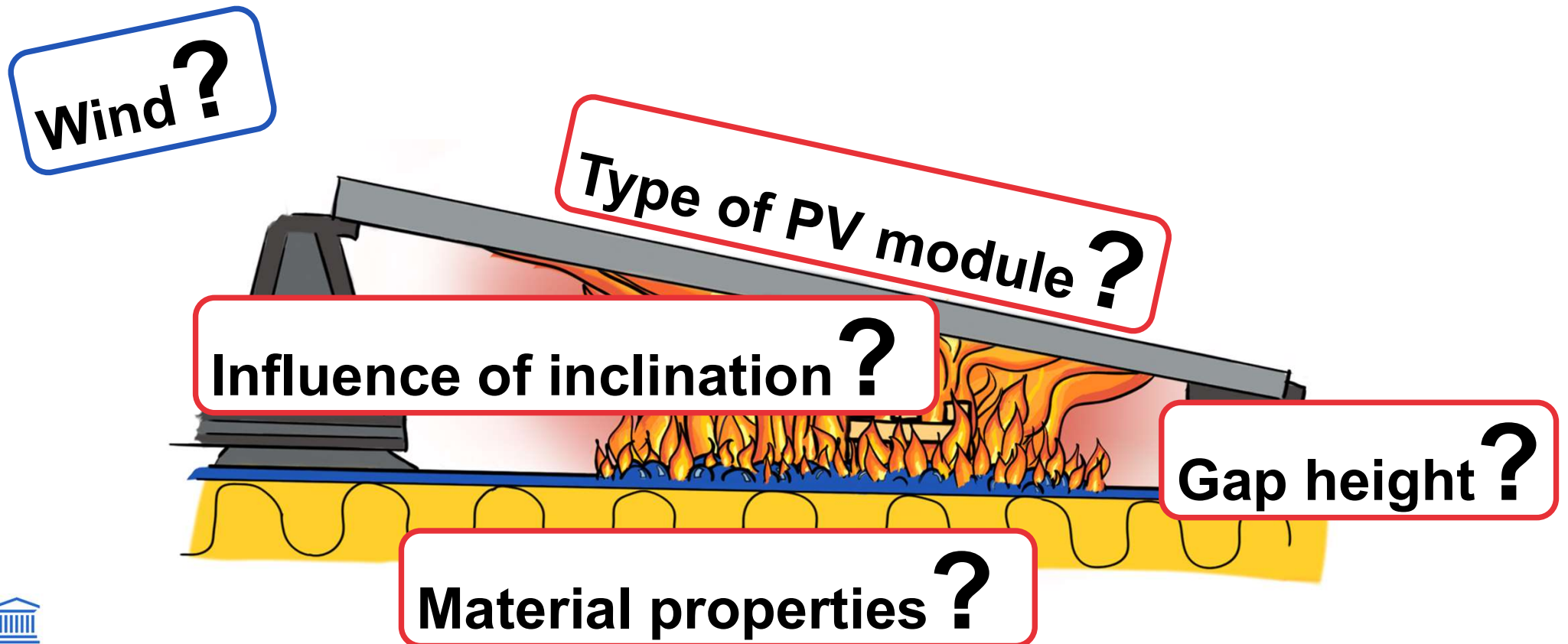


70 cm X 70 cm - New PV panel



Veel invloedsparameters

Dank aan Jens Steemann Kristensen – DBI.

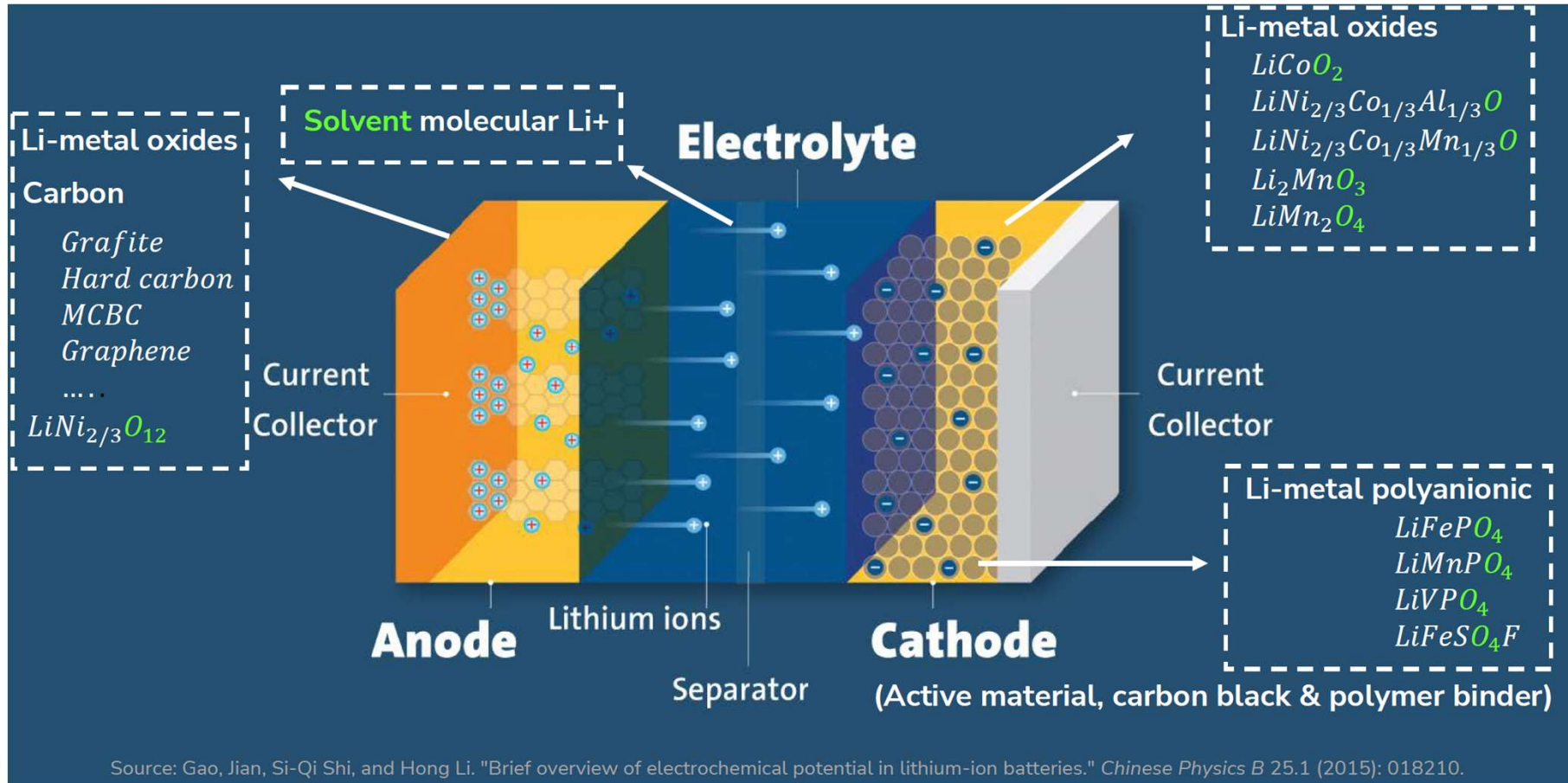


DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.
- Toegenomen belang van elektrische energie. Voorbeelden:
 - Zonnepanelen;
 - Batterijsystemen in woningen;

BATTERIJEN

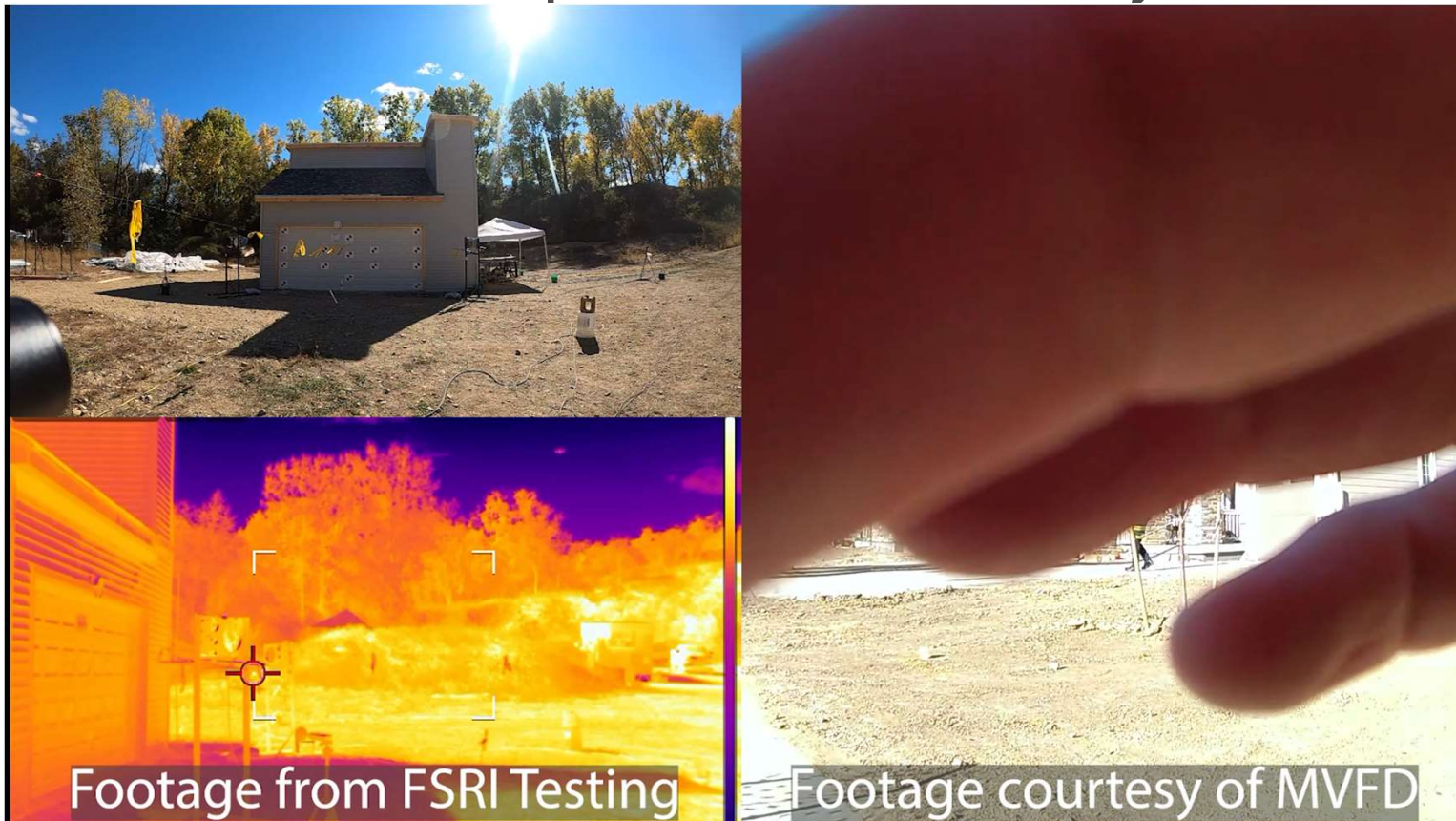
- Li-ion batterijen: 'hoge' energiedichtheid.



Source: Gao, Jian, Si-Qi Shi, and Hong Li. "Brief overview of electrochemical potential in lithium-ion batteries." *Chinese Physics B* 25.1 (2015): 018210.

BATTERIJSYSTEMEN IN WONINGEN

- Aansluiting op elektriciteitsnet minder en minder evident → combinatie van zonnepanelen met batterijen.



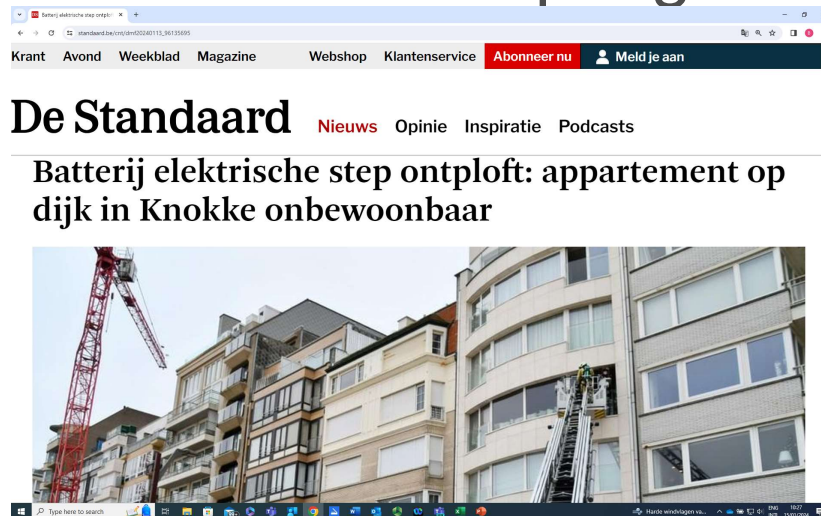
DUURZAAMHEID: UITDAGINGEN

- Isolatie van gebouwen.
- Gebruik van duurzame bouwmaterialen. Voorbeeld: hout.
- Toegenomen belang van elektrische energie. Voorbeelden:
 - Zonnepanelen;
 - Batterijsystemen in woningen;
 - Elektrische voertuigen.

ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

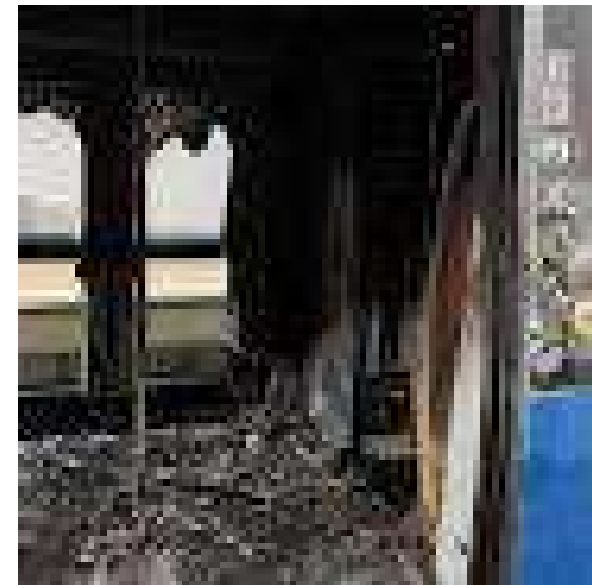
- Elektrische fietsen / steps: gevaar mechanische schade!

14/1/2024:



- Metro Madrid: niet meer toegelaten.

- BBC: <https://www.bbc.com/news/uk-england-london-66672360>



ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

- ASET vermindert mogelijks heel drastisch.
- Zijn onze (publieke) parkeergarages hierop voorbereid?

Luton Airport 10/10/2023
> 1400 voertuigen
Gebouw wordt afgebroken
Luchthaven 1 dag dicht
Opmerking: onderzoek loopt



's Hertogenbosch 17/1/2024
86 appartementen afgebroken
Chauffeur onwel (hard tegen muur gereden)
Opmerking: onderzoek loopt



ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

- ASET vermindert mogelijks heel drastisch.
- Elektrische wagens: zijn onze (publieke) parkeergarages hierop voorbereid?
- Voorbeeld (Australië): <https://www.youtube.com/watch?v=NWvI1daNils>

ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

- Statistieken?

Brand Tienen 18/10/2023
24 bussen (13 elektrisch), 700 zonnepanelen



HLN

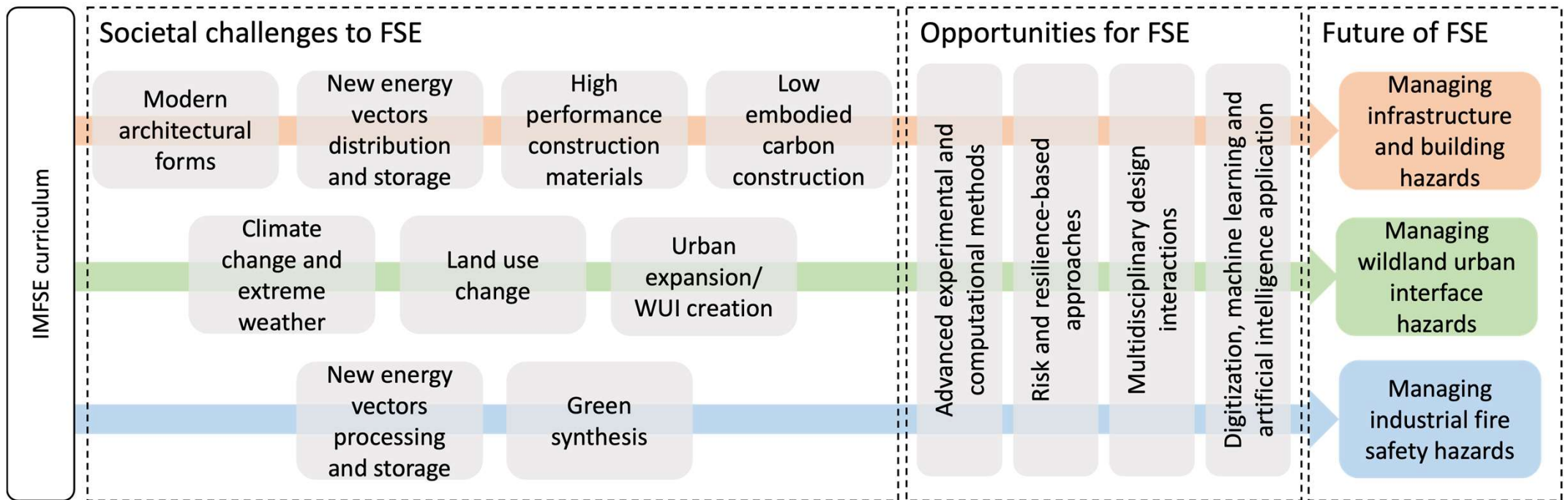


Het Nieuwsblad

Brand Lebbeke 28/2/2024
15 bussen (0 elektrisch (?))
Hybride voertuig 'vermoedelijk oorzaak' (HLN)

HET BELANG VAN OPLEIDING

HET BELANG VAN OPLEIDING



Dank aan dr. Rory Hadden, The University of Edinburgh

HET BELANG VAN OPLEIDING

- (International) Master of Science in Fire Safety Engineering: 2-jarig programma MSc burgerlijk ingenieur.
- Opleiding ir.-arch.: plichtvak 'Performance-based design: fire safety' in de stam van de vernieuwde opleiding!

SLOTBEDENKINGEN

SLOTBEDENKINGEN

- Duurzaamheid: een must.
- Duurzaamheid en brandveiligheid:
 - Utopie?

SLOTBEDENKINGEN

- Duurzaamheid: een must.
- Duurzaamheid en brandveiligheid:
 - Utopie? Zeker niet.
 - Evidentie?

SLOTBEDENKINGEN

- Duurzaamheid: een must.
- Duurzaamheid en brandveiligheid:
 - Utopie? Zeker niet.
 - Evidentie? Nog veel minder.
 - Uitdaging:

SLOTBEDENKINGEN

- Duurzaamheid: een must.
- Duurzaamheid en brandveiligheid:
 - Utopie? Zeker niet.
 - Evidentie? Nog veel minder.
 - Uitdaging: zeer zeker, maar er is hoop dankzij onderzoek en onderwijs!