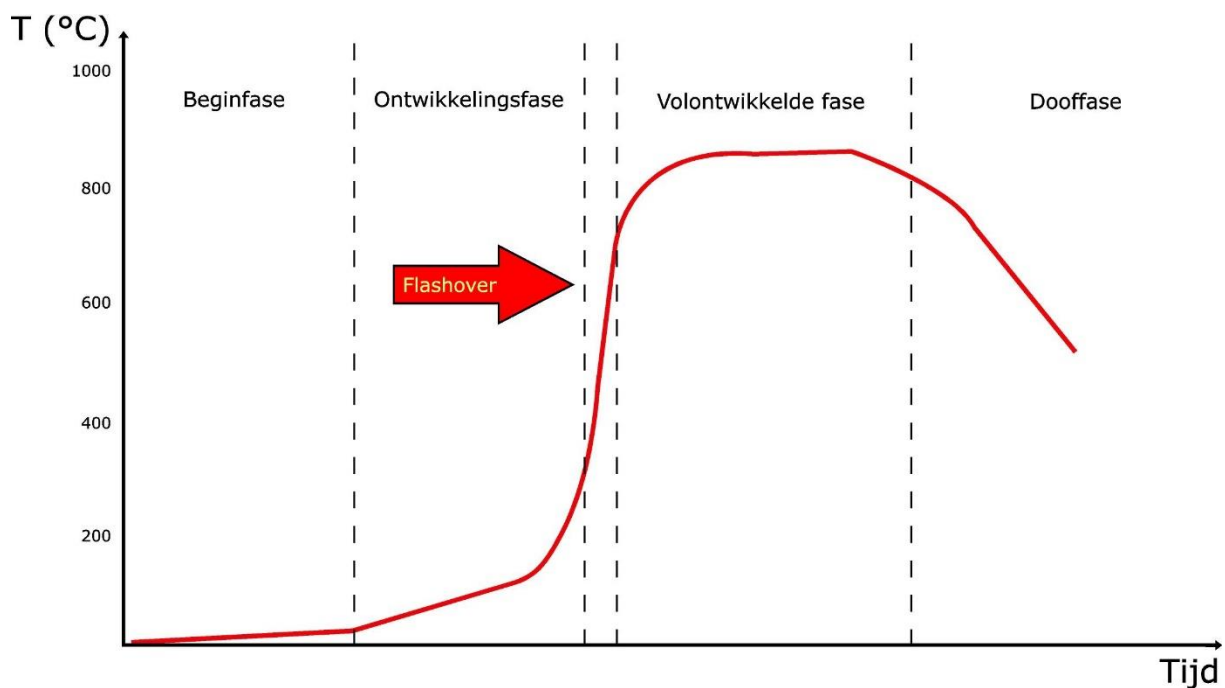


De brandcurve anders bekeken

1 Inleiding

Elke brandweermens kent de brandcurve. In de basisopleiding "brandweerman" komt die namelijk aan bod. Waar er vroeger slechts één curve was, zijn er nu twee curves. Eén ervan is de oude, curve die tegenwoordig aangeduid wordt met de term "geventileerde brand" (zie figuur 1). Dit artikel gaat over deze curve. Ze komt tot stand als er een brand ontstaat in een ruimte die aan twee voorwaarden voldoet:

- Voldoende brandlast die bovendien op de juiste plaats staat in de ruimte
- Voldoende ventilatie



figuur 1 De geventileerde brandcurve (figuur: Karel Lambert)

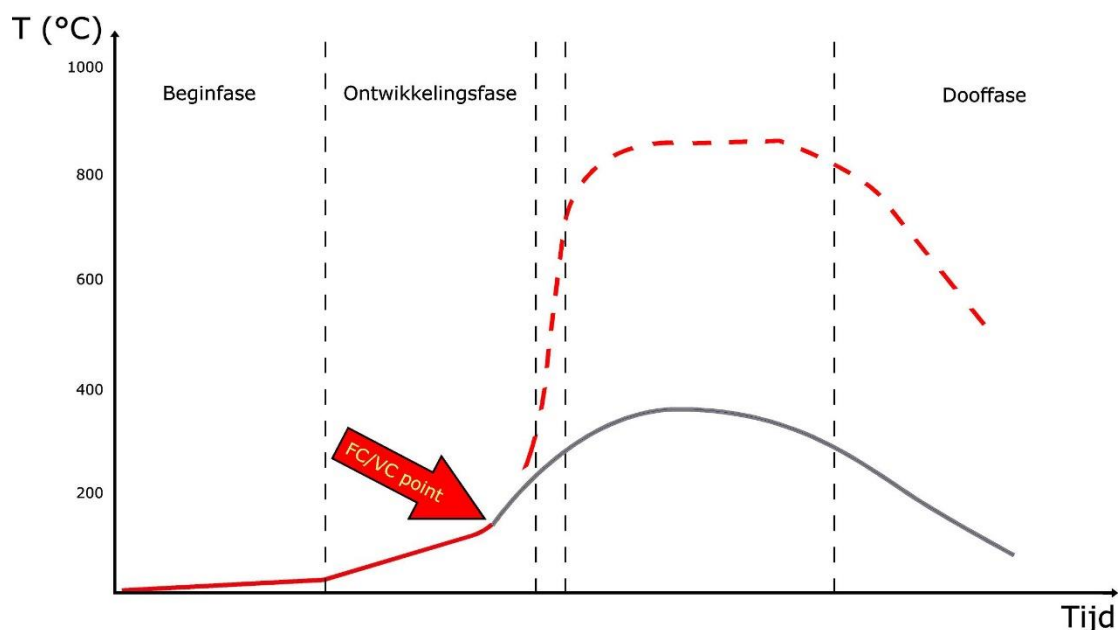
Het komt regelmatig voor dat een brand uit zichzelf dooft omdat het object dat als eerste in brand geschoten is onvoldoende vermogen produceert om een tweede brandbaar object aan te steken. Ook in die gevallen is er erg veel rook en weinig temperatuur. Er is dan meestal voldoende brandstof om de brand te laten evolueren tot flashover maar de schikking van de brandstof laat dit niet toe. De brand dooft dan al in de beginfase.

Onlangs werd de post Oostkamp met een dergelijke brand geconfronteerd. Ze werden opgeroepen voor een brand in een woning waarbij een volledig gezin vast kwam te zitten op de eerste verdieping van hun woning. Bij aankomst ter plaatse bleek de volledige gelijkgrondse verdieping onder de rook te staan. De rook blokkeerde de vluchtweg van de bewoners, die zich op de eerste verdieping bevonden. Als klap op de vuurpijl bleken de ramen op de eerste verdieping uit enkel glas te bestaan. De brand leek onder geventileerd en er werd onderkend dat het breken van de ramen tot ventilatie geïnduceerde flashover

kon leiden. Er werd een binnenaanval ingezet met bundels. Tijdens het vorderen bleek de rook in de woonkamer helemaal niet warm te zijn. Koude rook kan het gevolg zijn van een onder geventileerde brand. Door een gebrek aan lucht produceert de brand weinig vermogen (zie figuur 2). Hierdoor wordt dan ook niet veel temperatuur opgebouwd. Met behulp van de warmtebeeldcamera werd de brandhaard opgespoord. De oorzaak van de brand was een *hooverboard* die aan het laden was. Het toestel stond naast een massieve eiken kast. De houten kast was weliswaar zwart geblakerd maar het vermogen dat de brandende hooverboard had geproduceerd was onvoldoende geweest om de houten kast te laten ontbranden. De hooverboard was opgebrand en in de dooffase terecht gekomen. De brand had erg veel rook geproduceerd maar weinig temperatuur. Met behulp van een overdrukventilator werd de rook verwijderd en werd de familie uit zijn benarde situatie gered. De rook was niet warm maar de concentratie ervan was dermate hoog dat vluchten doorheen de rook geen optie was zonder adembescherming.

Dit scenario had echter helemaal anders kunnen uitdraaien. Aan de andere kant van de living stond de kartonnen doos waarin de hooverboard bewaard werd. Deze kartonnen doos stond naast een driezit sofa. Stel dat de hooverboard daarin of daarop was geplaatst op het moment dat de brand startte, dan was de sofa waarschijnlijk mee beginnen branden. De sofa had meer dan voldoende vermogen geproduceerd om flashover te laten optreden in de woonkamer. Bij aankomst zou de brandweer geconfronteerd zijn met een hevige, uitslaande brand op het gelijkvloers. De temperatuur van de rook die naar de eerste verdieping stroomde zou tot 10 keer hoger geweest zijn. Het is maar de vraag of de deuren van de slaapkamers de familie lang hadden kunnen beschermen.

De enige variabele die verschilt tussen deze twee cases is de plaats van de hooverboard, het eerste brandende element, op het moment van de ontsteking. Verder verandert niets aan de inboedel van de living. Het ene scenario resulteert in heel wat rookschade. Het tweede scenario komt uit bij een uitgebrande woning en misschien enkele dodelijke slachtoffers. Opdat een geventileerde brand tot flashover komt, is er voldoende brandstof nodig in de juiste schikking.



figuur 2 Indien onvoldoende lucht beschikbaar is, gaat de brand over van de rode naar de grijze curve. Dit heet een onder geventileerde brand. (Figuur: Karel Lambert)

Indien een tekort aan ventilatie ertoe leidt dat flashover niet kan optreden, dan spreken we over *een onder geventileerde brand*. De brand blijft dan klein totdat hij uit zichzelf dooft of totdat er een bijkomende ventilatieopening tot stand komt. Deze brand leidt tot een andere curve, te zien in figuur 2.

Dit artikel gaat echter over de geventileerde brandcurve uit figuur 1. Deze curve kennen de meeste brandweermensen als een tijdstemperatuurcurve. Zo een curve geeft weer hoe de temperatuur evolueert in functie van de tijd. Hier kunnen een aantal vragen over gesteld worden: *Welke temperatuur is dat nu juist die op die curve staat?* Of in andere woorden: *Waar moet je een thermometer houden opdat de gemeten temperaturen die curve vormen?* Heel wat brandweermensen hebben geen antwoord op deze vraag.

Ken jij het juiste antwoord? In dit artikel zul je af en toe rechtstreeks aangesproken worden. Probeer dan even na te denken over de vraag alvorens verder te lezen. Wordt jouw antwoord bevestigd door de tekst die volgt? Goed bezig! Indien het niet zo is, kan je nadenken over waarom je antwoord verkeerd was. In beide gevallen zul je iets geleerd hebben.

2 Vermogen van een brand

Een brand produceert een bepaald vermogen. Dit kan als volgt beschreven worden: Neem een driezit zetel als voorbeeld. Stel dat de driezit is beginnen branden omwille van een vergeten sigaret. Op het zitvlak van de zetel, staat een oppervlakte van een kwart vierkante meter in brand. De vlammen zijn ongeveer 50 cm hoog. *Zie je het beeld voor je?*

De warmte van de vlammen gaat grotendeels naar boven. Ze warmt er de rooklaag op. Een deel van de warmte wordt echter terug gestraald naar de zetel. Hierdoor warmt de zetel op. De hoge temperatuur van de zetel (de brandstof) zorgt ervoor dat een deel van de zetel gaat pyrolyseren. Dit betekent dat de zetel een deel van zijn massa verliest. Mocht de zetel op een weegschaal staan, dan zou het gewicht ervan geleidelijk aan zakken. De wetenschappelijke term hiervoor is de *Mass Loss Rate* (in kg/s). Hoe warmer de brandstof, hoe sneller pyrolysegassen zullen vrijkomen (en hoe sneller het getal op de weegschaal zal zakken). Pyrolysegassen zijn niets anders dan gasvormige brandstof. De vlammen worden gevoed door deze pyrolysegassen. De vlammen verbranden de pyrolysegassen met de zuurstof uit de lucht.

Bij een gasfornuis wordt de kraan open gedraaid. Vervolgens wordt het uitstromende gas aangestoken met een vonk. Door de kraan meer of minder open te draaien, ontstaat er een grotere of een kleinere vlam. Bij een echte brand wordt de rol van de kraan gespeeld door de warmte die invalt op de brandstof. Hoe warmer de brandstof, hoe meer pyrolysegassen er per seconde vrijkomen. Hoe meer pyrolysegassen per seconde, hoe hoger het vermogen van de brand.

Het bovenstaande is enkel waar wanneer het over een brandstof gecontroleerde brand gaat. Bij een dergelijke brand is er lucht (zuurstof) in overvloed. Het vermogen van de brand is dan afhankelijk van de hoeveelheid pyrolysegassen (de mass loss rate). Als een brand ventilatie gecontroleerd wordt, dan betekent dit dat er onvoldoende lucht beschikbaar is om alle gevormde pyrolysegassen te verbranden. Een deel ervan zal dan



opgenomen worden in de rooklaag. Hierdoor komen onverbrande deeltjes in de rooklaag terecht. Het vermogen van de brand wordt dan beperkt door de hoeveelheid lucht die beschikbaar is. Dit gebeurt in figuur 2 op het moment dat de brand overgaat van de rode naar de grijze curve. Het gebeurt echter ook in figuur 1. Net voor de curve horizontaal wordt, is de brand ventilatie gecontroleerd geworden. In beide curves zit dus een stuk dat ventilatie gecontroleerd is.

De grafiek in figuur 1 zou ook een vermogen-tijdsgrafiek kunnen zijn. Deze geeft dan weer hoe het vermogen of de *heat release rate (HRR)* evolueert in functie van de tijd. Op figuur 1 is de beginfase te zien. De beginfase is brandstof gecontroleerd en wordt gekenmerkt door een beperkt vermogen. De brand blijft brandstof gecontroleerd in de ontwikkelingsfase maar wordt ventilatie gecontroleerd tijdens de flashoverfase. De volontwikkelde brand is ventilatie gecontroleerd. De horizontale lijn die de curve aanhoudt in deze fase is het gevolg van het feit dat er slechts een beperkte hoeveelheid lucht naar binnen kan door de ventilatieopening(en).

3 Welke info zit er nu allemaal verborgen in de brandcurve?

Beschouw de brand op figuur 3. Het is duidelijk een volontwikkelde brand. De brand is uitslaand doorheen twee ramen die vlak naast elkaar gelegen zijn. Beide ramen hebben dezelfde oppervlakte en dezelfde hoogte.

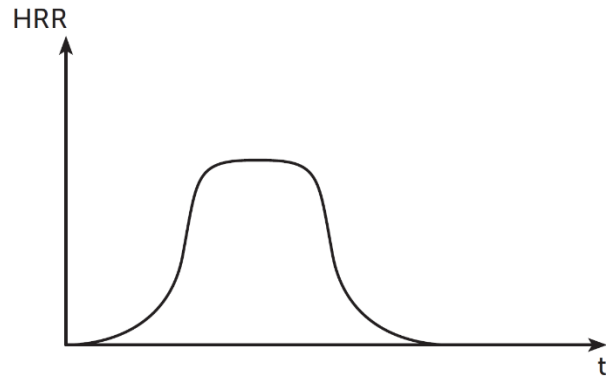
Stel dat deze twee ramen uitgeven in een living en stel dat de deur van de living dicht is. De twee ramen zijn dan de enige twee ventilatieopeningen voor de brand op de foto. In de living is heel wat brandlast aanwezig: zetels, een salontafel, kasten met boeken, een tv, ... Het is duidelijk dat de ruimte volledig in brand staat. Het vermogen van de brand wordt beperkt door de hoeveelheid lucht die naar binnen treedt. Het is een typisch voorbeeld van een ventilatie gecontroleerde brand.

Deze brand is natuurlijk klein begonnen. Voor de eenvoud van deze redenering wordt aangenomen dat beide ramen open stonden bij het begin van de brand. Stel dat de brand is begonnen aan een driezit zetel. In het begin is er dan slechts een beperkt vermogen dat geproduceerd wordt. Naarmate de brand groeit, zal ook het vermogen toenemen.



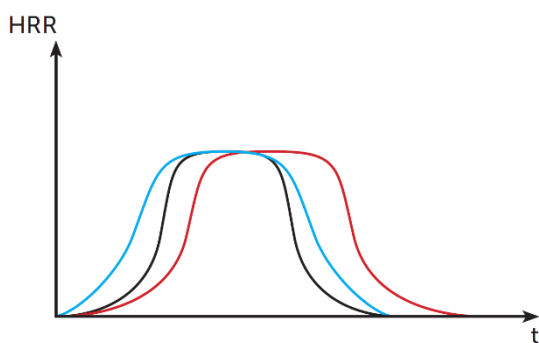
figuur 3 Zicht op een volontwikkelde brand, uitslaand door een dubbel raam. (Foto: www.nufoto.nl)

Op figuur 4 is te zien hoe het vermogen (of de *heat release rate*, de *HRR*) evolueert in functie van de tijd. De brand begint klein, groeit, gaat door flashover en wordt dan volontwikkeld (de horizontale lijn). Na verloop van tijd zal de brandstof sterk verminderd zijn. Er is dan veel brandstof opgebrand. Dit wil eigenlijk zeggen dat de mass loss rate ervoor gezorgd heeft dat er niet zoveel brandstof meer overschiet. Een groot stuk van de brandstof is opgegaan in pyrolysegassen. Het is redelijk om aan te nemen dat de dooffase begint als 70% van de brandlast opgebrand is. De hoeveelheid pyrolysegassen (per seconde) neemt af omdat er amper nog brandstof over is. Hierdoor zal op een bepaald moment opnieuw voldoende lucht doorheen de opening(en) komen om alle pyrolysegassen te verbranden. De brand wordt dan opnieuw brandstof gecontroleerd. Naarmate de pyrolyse verder afneemt, zal het vermogen ook afnemen. Na verloop van tijd zal de brand uit zichzelf doven. De productie aan pyrolysegassen is dan dermate klein geworden dat er geen vlammende verbranding meer kan ondersteund worden. De overblijvende brandstof zal nog enige tijd nagloeien maar na verloop van tijd zal alles afkoelen en zal de brand volledig uit zijn.



figuur 4 Vermogen in functie van de tijd bij een geventileerde brand. (Tekening: Karel Lambert)

Stel dat de brand had plaatsgevonden in een andere living, in een woning die op exact dezelfde manier gebouwd is met dezelfde afmetingen als de eerste living. Stel dat de brandlast exact dezelfde is en alle stukken (zetel, tafel, ...) op exact dezelfde plaats staan. De brand begint ook op exact dezelfde manier, in de zetel met een vergeten sigaret. Alles is exact hetzelfde behalve één ding: er is slechts één raam in plaats van twee. De oppervlakte van de ramen is dus gehalveerd in vergelijking met de vorige brand. Wat is het effect hiervan op de evolutie van het vermogen? Gaat de brand nu trager groeien dan in het geval met twee ramen? Of zal het juist sneller gaan?



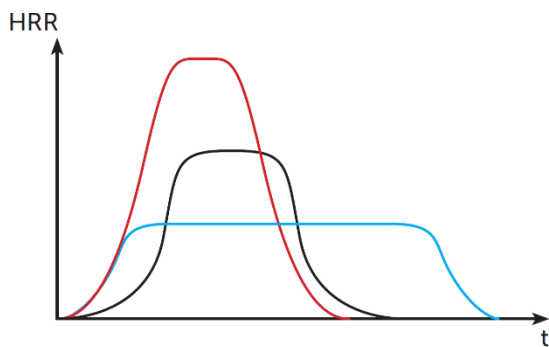
figuur 5 Twee mogelijke varianten voor de vermogenscurve voor een brand met slechts één raam in plaats van twee. (Figuur: Karel Lambert)

Op figuur 5 geeft de zwarte lijn weer hoe het vermogen van de brand evolueerde indien er twee ramen openstonden.

De blauwe grafiek geeft een brand weer die sneller groeit.

De rode grafiek geeft een brand weer die trager groeit. Welke van de twee is de juiste? Of zijn ze allebei fout?

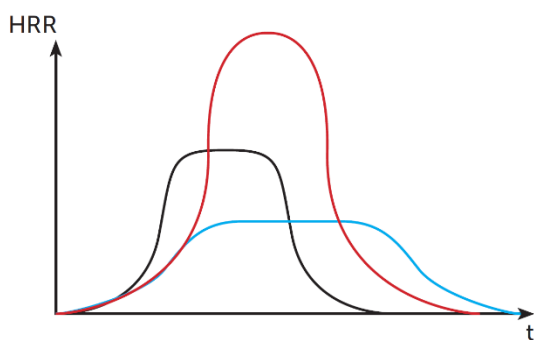
Bedenk zelf argumenten om je standpunt te staven.



figuur 6 Twee andere varianten voor de evolutie van het vermogen indien er slecht één raam is in plaats van twee. (Figuur: Karel Lambert)

één van deze twee curven de juiste voorstelling van de evolutie van het vermogen in de living indien er slechts één raam is?

Bedenk opnieuw zelf argumenten om je standpunt te onderbouwen.



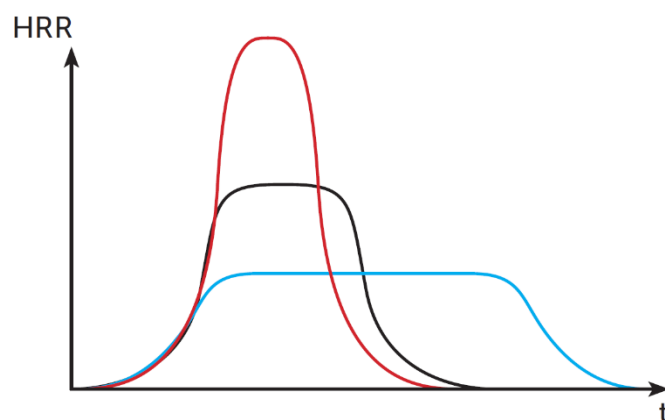
figuur 7 Twee nieuwe, mogelijke varianten voor dezelfde brand. (Figuur: Karel Lambert)

Figuur 7 toont een variant op figuur 6. De rode en de blauwe curve stellen deze keer branden voor die trager groeien dan de brand in de living met twee ramen open (de zwarte curve). Net zoals op figuur 6, bereikt de blauwe curve een lager vermogen dan de zwarte curve. De rode bereikt een hoger vermogen dan de zwarte. Is één van deze curves de juiste curve?

Het is opnieuw aan jou om hier kritisch over na te denken en een antwoord te formuleren.

Op figuren 5, 6 en 7 zijn branden voorgesteld die sneller of trager groeien dan de brand die voorgesteld wordt door de zwarte vermogenscurve. Het is echter ook mogelijk dat de groei niet beïnvloed wordt door de afwezigheid van het tweede raam.

figuur 8 toont twee dergelijke mogelijkheden. De blauwe lijn volgt in het begin exact hetzelfde verloop als de zwarte lijn. De brand groeit op m.a.w. op dezelfde manier. De brand wordt echter minder intens (een lager piekvermogen). De rode curve volgt ook dezelfde groei maar eindigt met een hoger piekvermogen dan de brand in de living met twee ramen open. Zou hier het juiste antwoord tussen



figuur 8 Nog twee mogelijke voorstellingen van de vermogenscurve voor een brand met één raam in plaats van twee. (Figuur: Karel Lambert)

staan? Of is er nog een ander antwoord denkbaar dat niet aan bod gekomen is.

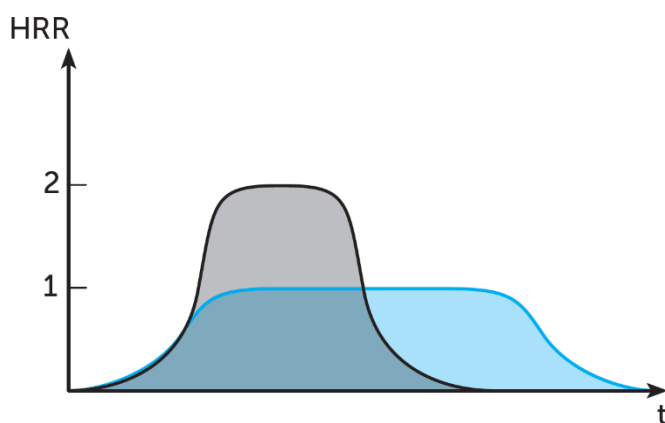
Bedenk zelf wat jouw antwoord is én waarom?

4 Het effect van één ramen in plaats van twee

De zwarte curve geeft weer hoe het vermogen evolueert in functie van de tijd bij een brand waar twee ramen open staan. Het begin van de curve geeft de beginfase en de ontwikkelingsfase weer. De brand is dan brandstof gecontroleerd. Dit betekent dat er voldoende lucht is om de geproduceerde pyrolysegassen te verbranden. Indien de oppervlakte van de ventilatieopeningen groter wordt gemaakt, dan heeft dit geen effect op de groei van de brand. Er is immers al lucht genoeg. Bij het begin van brand zal ook het verkleinen van de ventilatieopening geen effect hebben. Zolang er voldoende lucht doorheen de opening komt om de pyrolysegassen te verbranden die op dat moment gevormd worden, is de brand brandstof gecontroleerd en is er dus geen effect van extra ventilatie.

Een brandstof gecontroleerde brand zal in de beginfase niet sneller of trager gaan branden door slechts één raam open te hebben in plaats van twee. De curves van de twee branden (met twee ramen en met één raam) vallen dus samen.

De brand in de living met één raam zal ook tot flashover evolueren. Er komt immers voldoende lucht doorheen het raam om de brand voldoende laten groeien. Hou er rekening mee dat de raamoppervlakte niet mag zakken onder een bepaalde minimumwaarde. De brand in de living moet kunnen groeien tot een zeker vermogen om flashover in de ruimte te kunnen bereiken. Stel dat de twee ramen in figuur 3 vervangen worden door één raam dat met een oppervlakte van $1/4^{\text{de}}$ van de oorspronkelijke raamoppervlakte, dan zal de brand waarschijnlijk ventilatie gecontroleerd worden vóór flashover. We spreken dan van een onder geventileerde brand. figuur 2 zou een voorstelling kunnen zijn van een dergelijke brand.



figuur 9 De blauwe curve produceert slechts de helft van het maximaal vermogen van de zwarte. Hierdoor wordt de brandstof minder snel verbruikt en duurt ze ongeveer dubbel zo lang (Figuur: Karel Lambert)

Als de raamoppervlakte van de brand in living 2 slechts de helft zo groot is als in living 1, dan kan er ook slechts de helft zoveel lucht naar binnen. Hierdoor zal het maximaal vermogen dat de brand produceert ook exact de helft zo groot zijn. De blauwe curve op figuur 8 geeft dan ook het juist antwoord weer. De hoogte van de horizontale lijn (het piekvermogen) wordt bepaald door de totale oppervlakte van de raamopeningen. Zij bepalen hoeveel lucht er naar binnen kan en zij bepalen dus wat het maximaal vermogen is. De hoogte van het horizontale gedeelte in de blauwe curve moet eigenlijk

exact de helft zijn van de hoogte van het horizontale gedeelte in de zwarte curve. Indien er vier ramen zouden geopend worden in plaats van twee, dan zou de rode curve in figuur 8 tot stand komen. Er zou dan exact dubbel zoveel vermogen geproduceerd moeten worden.

Als laatste is het belangrijk om mee te geven dat de oppervlakte onder de curve de brandlast vertegenwoordigt. Dit leidt ertoe dat de blauwe curve op figuur 8 langer duurt dan de zwarte (en de rode korter). Als het vermogen slechts de helft zo hoog is, zal er ook maar de helft zoveel brandstof verbruikt worden. Hierdoor zal de brandlast twee keer zo lang meegaan. Een goed voorbeeld uit de praktijk is een houtkachel. Daarin worden een aantal houtblokken gelegd om te verbranden. Als de luchtinlaat van de kachel gehalveerd wordt, zal de warmte die de kachel afgeeft dalen (doordat de helft minder vermogen geproduceerd wordt). De houtblokken zullen echter dubbel zo lang meegaan.

Dit is duidelijk te zien op figuur 9. De grijze oppervlakte moet gelijk zijn aan de blauwe oppervlakte. Die stellen namelijk dezelfde brandlast voor. In de "zwarte" brand is er dubbel zoveel lucht en wordt die brandlast dubbel zo snel opgebrand. Dit resulteert een brand die ongeveer de helft korter is (maar wel dubbel zo intens).

5 Bronnen

- [1] *Lambert Karel, Baaij Siemco (2018) brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2nd edition, Sdu*
- [2] *Lambert Karel (2009-2019) CFBT-instructeurscursus voor de Attack cell, CFBT-BE*
- [3] *McDonough John (2009-2019) persoonlijke communicatie*
- [4] *Grimwood Paul (2008-2019) persoonlijke communicatie*

Karel Lambert

