

Het RSTV-model

Inleiding

Een brand geeft signalen af die u helpen om het stadium en de ontwikkeling van de brand vast te stellen. De vaardigheid om deze signalen te herkennen en op een juiste manier te interpreteren is de basis voor een veilige en effectieve brandbestrijding.

Met het RSTV-model kan een brand als het ware worden 'gelezen'. Het model werkt als een bril waarmee u gericht naar een brand kunt kijken. Gebruikt u deze bril, dan ziet u signalen waarmee u het stadium, de mogelijke gevaren en de te verwachte ontwikkeling van de brand kunt vaststellen.

Doelstellingen

Na bestudering van dit hoofdstuk kunt u:

- de rook lezen
- de stroming lezen
- de temperatuur lezen
- de vlammen lezen
- aan de hand van de genoemde indicatoren een inschatting maken van de manier waarop een brand zich ontwikkelt.

1 Het model: rook, stroming, temperatuur en vlammen

Het RSTV-model maakt gebruik van signalen van de:

- rook van een brand (R)
- stroming van een brand (S)
- temperatuur van een brand (T)
- vlammen van een brand (V).

Deze vier aspecten worden hierna afzonderlijk uitgewerkt.

Rook

Rook geeft een indicatie van de brandbaarheid, giftigheid en hitte van de brandgassen die vrijkomen. Bij een dunne, lichtgrijze rook is er bijvoorbeeld sprake van een schone en relatief volledige verbranding. De vrijkomende gassen branden direct, omdat er een hoge temperatuur is en een goede opmenging met zuurstof. Veel gassen in de rook komen dan tot zelfontbranding. In zo'n situatie is er nauwelijks kans op een backdraft.



A-2.1: lichtgrijze rook: een relatief schone en volledige verbranding

Meestal geldt: hoe donkerder de rook, hoe onvollediger de verbranding is. Let op: des te groter is de kans op een latere, onverwachte ontsteking van de nog niet verbrande brandbare gassen in de rook.

Stroming

Onder stroming verstaan we de beweging van lucht en brandgassen (rook) bij een brand. De richting en snelheid van deze stroming geeft een idee van de richting en snelheid van de brandontwikkeling. Bij een brand is er een stroming van de brandhaard af (afvoer van brandgassen) en een stroming naar de brandhaard toe (aanvoer van zuurstof). De brand kan zich zowel ontwikkelen in de richting waarin het zuurstof aanzuigt, als in de richting waarin het de brandgassen afvoert (als deze later tot ontbranding komen).

Temperatuur

De temperatuur geeft een aanwijzing van de mate van pyrolyse (uitgassing) van materialen in de brandruimte.

Definitie

Pyrolyse: het ontleden van materialen door zeer grote hitte.

Hoe hoger de temperatuur, hoe sterker de pyrolyse en hoe meer brandgassen hun zelfontbrandingstemperatuur bereiken.

Vlammen

Vlammen geven een beeld van de wijze van verbranding en van de groeisnelheid van de brand. Hoe groter het vlamfront, hoe sneller de brand zal groeien. De locatie van vlammen, zoals vlammentongen in de rook, wijst op de aanwezigheid van

brandbare gassen in de ruimte. De kleurstelling van vlammen geeft informatie over de temperatuuropbouw in de ruimte.

2 Het lezen van rook

Rook heeft een aantal zichtbare eigenschappen (indicatoren), die informatie geven over het stadium en de omstandigheden van een brand. Met deze indicatoren kunt u als manschap een inschatting maken van de manier waarop de brand zich ontwikkelt.

Het gaat om de volgende indicatoren:

- kleur
- dichtheid
- volume
- locatie
- dikte van de rooklaag.

2.1 Kleur

Rook kan de volgende (overheersende) kleuren aannemen:

- wit
- grijs
- zwart
- geelbruin.

Witte rook

Hoe lichter de rook, hoe vollediger en schoner de verbranding. Van een volledige en schone verbranding is meestal sprake in de brandperiode van de brand. Dit is de periode waarin de brand optimaal mengt met zuurstof. Door de goede mengverhouding met zuurstof blijven er weinig onvolledige verbrandingsproducten in de rook achter.

Witte rook kan ook duiden op een grote hoeveelheid stoom. Deze stoom ontstaat bijvoorbeeld als u bluswater in de brandruimte spuit.

Witte rook kan ook ontstaan in de ontwikkelingsperiode en smeulperiode van een brand. In die stadia zijn allerlei materialen aan het uitgassen. Dit levert een dunne, ijle witgrijze rook op (met relatief veel waterdamp).



A-2.2: witte rook...

Grijze rook

In grijze rook komen iets meer onvolledig verbrande verbrandingsproducten voor dan in witte rook. Hoe donkerder de kleur van de rook is, hoe meer onverbrand materiaal er in de rook zit. Een lichtgrijze rook wijst nog altijd op een vrij volledige verbranding. Hoe donkerder de grijstinten in de rook, hoe onvollediger de verbranding. In de volgende afbeelding ziet u een brand met meerdere grijstinten in de rook.



A-2.3: meerdere grijstinten...

Belangrijk is dat in de donkerste plekken van de rook de meeste brandgassen voorkomen. Dit kunnen niet-brandbare gassen zijn, maar ook brandbare gassen die nog niet zijn ontstoken. Daar waar de rook de donkerste grijs tinten heeft, is de kans op een plotselinge branduitbreiding in de rooklaag (denk aan een flashover!) het grootst.

Zwarte rook

Zwarte rook wijst op een onvolledige verbranding. De onvolledige verbranding van materialen kan verschillende oorzaken hebben.

- Er zijn veel onbrandbare stoffen in de brandende materialen verwerkt.
- De mengverhouding met zuurstof is niet optimaal, zoals in een afgesloten ruimte. Denk hierbij ook aan de verbranding van kunststoffen zoals plastics, waarin veel koolstof zit. Bij een gebrek aan zuurstof verbrandt deze koolstof onvolledig. Alle onverbrande koolstofdeeltjes komen als roet in de rook terecht, waardoor de rook een zwarte kleur krijgt.
- Er is sprake van brandstoffen die niet volledig kunnen verbranden, bijvoorbeeld sommige plastics en zwaardere oliën.
- Er zijn grote concentraties koolmonoxide aanwezig. Bij een onvolledige verbranding komt veel koolmonoxide (CO) vrij. De productie van CO gaat gepaard met roetproductie. Dit geeft de rook op den duur een diepzwarte kleur.
- De blussing is ingezet, zodat de verbranding wordt gesmoord.

Een grote hoeveelheid zwarte rook in een afgesloten ruimte is een waarschuwing voor een mogelijk backdraft. Bij een brand in een afgesloten ruimte wijst zwarte rook meestal op een gebrek aan zuurstof, zodat er in de rook nog veel brandbare gassen voorkomen. Deze kunnen, als de temperatuur hoog genoeg is, door het contact met zuurstof alsnog (explosief) gaan ontbranden! De kans op een dergelijke backdraft is het grootst in de smeulperiode van een brand. In het volgende hoofdstuk wordt verder ingegaan op de backdraft.



A-2.4: zwarte rook...backdraft

Geelbruine rook

Wanneer de rook geelbruin is, wijst dat op de aanwezigheid van een hoge concentratie giftige stoffen in de rook, zoals stikstof(di)oxiden.



A-2.5: geelbruine rook...

Rook heeft zelden een uniforme kleurstelling. Er is meestal sprake van een kleurschakering waarbij alle genoemde kleuren voorkomen, zoals in de onderstaande afbeelding.



A-2.6: meerdere kleuren in de rook...

Bij het lezen van de rook is het belangrijk om op kleurveranderingen te letten. Verandert de rook van licht (wit/lichtgrijs) naar donker (donkergrijs/zwart), dan betekent dit dat de verbranding onvollediger wordt, mogelijk als gevolg van een gebrek aan zuurstof. Het kan ook zijn dat het vuur een andere brandstof heeft bereikt (bijvoorbeeld elektronische apparatuur, plastics, machines (al dan niet met hydraulische olie), vervoermiddelen, banden etc.

Een kleurverandering kan soms ook wijzen op een overgang van de brandperiode naar de smeulperiode.

Wordt de kleur echter weer snel lichter, van zwart/donkergrijs naar lichtgrijs/wit, dan kan dit betekenen dat de brand weer beter mengt met zuurstof en waarschijnlijk zal gaan oplaaien. Ook kan dit wijzen op een afname van het verbrandingsproces, bijvoorbeeld door een gebrek aan brandstof.

2.2 Dichtheid

Hoe dichter (dikker) de rook, hoe groter de dichtheid (concentratie) van de in de rook aanwezige brandgassen. De rook is bij een onvolledige verbranding vaak dikker (en fettiger) dan bij een volledige verbranding. Tijdens de ontwikkelingsperiode van de brand zal de rook aanvankelijk dun zijn, omdat de mate van pyrolyse nog beperkt is. De dichtheid van de rook neemt toe naarmate de brand zich verder ontwikkelt. Maar dit hangt (zoals we eerder zagen) ook af van de mate waarin de materialen volledig verbranden.

Dichte, zwarte plekken in de rook wijzen erop dat op die plaatsen flink veel brandgassen aanwezig zijn. Op die plaatsen is dus ook de kans op een ontbranding het grootst op het moment dat de mengverhouding met zuurstof optimaal is en de temperatuur hoog genoeg is. Of de rook ook daadwerkelijk ontsteekt, hangt natuurlijk ook af van de aanwezigheid van een ontstekingsbron.



A-2.7: dunne en dikke rook

2.3 Volume

De hoeveelheid rook die bij een brand vrijkomt (rookontwikkeling) zegt iets over de vuurbelasting van het object. Krijgt een brand in een ruimte veel voeding door de aanwezigheid van een grote hoeveelheid brandstof, dan zal dat leiden tot een flinke rookontwikkeling. Alle energie (brandstof) die de brand verbruikt, wordt immers omgezet in verbrandingsproducten. Veel van deze verbrandingsproducten komen in de rook terecht.

Toch moeten we voorzichtig zijn met conclusies trekken op basis van de rookontwikkeling. Niet alle verbrandingsproducten bij een brand zijn immers zichtbaar. Juist bij een vrij volledige verbranding kunnen er onzichtbare (vaak giftige) gassen

vrijkomen, zoals bij de (schone en volledige) verbranding van aardgas.

Verder zet een brand niet alleen energie om in verbrandingsproducten, maar levert een brand ook energie (warmte) op. Die warmte wordt gebruikt om extra brandstof te pyrolyseren, om extra vloeistof te verdampen of om gasvormige brandstoffen verder te ontleden.

2.4 Locatie

De locatie van de rook zegt iets over het gedrag van de brandgassen. Een opeenhoping van rook wijst erop dat de rook niet weg kan uit de ruimte. Een geleidelijke stroming van rook in een bepaalde richting wijst op een effectieve rookafvoer, zoals bij een succesvolle toepassing van repressieve ventilatie. De branduitbreiding volgt meestal het rookpatroon (de brand gaat de rook achterna). Met de rook wordt veel warmte en brandstof (brandbare gassen) verplaatst, wat tot branduitbreiding naar andere plaatsen in het gebouw kan leiden (op plaatsen langs de afvoeroute).

2.5 Dikte van de rooklaag

In de ontwikkelingsperiode van de brand hoopt de rook zich langzaam op in de ruimte. De dikte van de rooklaag is een aanwijzing voor de mate van pyrolyse in de ruimte. Een dunne rooklaag (een grote rookvrije ruimte) wijst op een brand die nog in een vroegtijdig ontwikkelingsstadium zit. Een dikke rooklaag wijst op een brand in een later stadium van ontwikkeling en op een grote hoeveelheid brandgassen in de ruimte. Deze gassen zullen zich ophopen onder het plafond en de ruimte naar beneden toe steeds verder opvullen, als er bovenin de ruimte geen afvoeropening is. Een plotselinge afname van de rooklaag wijst dan ook op een afvoer van rookgassen, bijvoorbeeld omdat er ergens een raam of deur is opengezet (ventilatie!). Een plotselinge toename van de rooklaag wijst op een opleving van de brandhaard. Deze indicatoren zijn samengevat in de volgende afbeelding.



A-2.8: indicatoren rooklaag...

3 Het lezen van stroming

Bij een brand ontstaat een dubbelzijdige stroming van lucht en brandgassen. Verschillende indicatoren zeggen iets over het stromingspatroon en daarmee over het stadium en de ontwikkeling van de brand. Eerst gaan we in op het ontstaan van dubbelzijdige stroming, vervolgens op de indicatoren van stroming.

3.1 Dubbelzijdige stroming

Een brand creëert een overdrukgebied en een onderdrukgebied in een ruimte. Het overdrukgebied ontstaat bovenin de ruimte door de opwaartse beweging en druk van de vrijkomende, hete brandgassen. Hierdoor ontstaat onderin de ruimte een onderdrukgebied. In dit onderdrukgebied is er een zogenoemde trek naar de brandhaard: een aanzuiging van lucht naar de brand. Deze lucht kan uit een andere ruimte in hetzelfde gebouw komen (bijvoorbeeld door een openstaande deur), maar ook van buiten het gebouw (bijvoorbeeld door een openstaand raam). Tegelijkertijd is er een tegengestelde stroming van de brandhaard af: de stroming van brandgassen bovenin de ruimte, die een uitweg uit de ruimte zoekt.

Dubbelzijdige stroming:

- 1 aanvoer van lucht naar de brandhaard toe**
- 2 afvoer van brandgassen van de brandhaard af.**

Door het natuurkundige spel van overdruk en onderdruk, in combinatie met invloeden die van buitenaf op de brandruimte inwerken (bijvoorbeeld winddruk op openingen), kunnen de stromingspatronen zich bij een brand nogal onvoorspelbaar gedragen.

De volgende afbeelding laat verschillende stromingen van rook zien (van de brandhaard af en naar de brandhaard toe).



A-2.9: dubbelzijdige stroming

3.2 Indicatoren van stroming

De stromingen van lucht en brandgassen die bij een brand ontstaan, kenmerken zich door de volgende indicatoren:

- snelheid
- richting
- turbulentie/pulsering
- fluitende en zuigende geluiden.

Snelheid

Hoe sneller u de brandgassen bij een brand ziet stromen en hoe sneller u de lucht langs uw lichaam voelt strijken, hoe sneller de brand zich ontwikkelt. De snelheid geeft aan hoe gemakkelijk de brandgassen worden afgevoerd en de zuurstof wordt aangevoerd. Bij een traag stromingspatroon is de brand nog in de beginperiode, of wordt de stroming geblokkeerd door een gebrek aan aan- en afvoercapaciteit. De ontwikkeling van de brand wordt dan ook geblokkeerd (gesmoord). De brand krijgt immers te weinig zuurstof aangevoerd om zich te kunnen uitbreiden. Een snelle rookafvoer en een flinke trek naar de brandhaard wijzen op een maximale brandontwikkeling; de brand bevindt zich in de brandperiode.

Als de rookafvoer wordt geblokkeerd, kan de rooklaag in de ruimte gaan stuwen. De brandgassen verzamelen zich dan onder het plafond en de rooklaag wordt dikker en hoger. In de ruimte zelf voelt u niet of nauwelijks stroming, maar voelt u wel de druk die de rooklaag in de ruimte uitoefent. Als u in deze ruimte gaat blussen zonder eerst een opening voor rookafvoer te maken, kan dit gevaarlijke gevolgen hebben. Door de verstoming van het water zet het volume van de rooklaag uit, waardoor de brandgassen zich mogelijk verplaatsen naar een plaats in de ruimte waar iets meer zuurstof aanwezig is. Hierdoor kan een plotselinge ontsteking (backdraft of rookexplosie) van deze gassen ontstaan.

Verstuwing wijst daarom op het belang van repressieve ventilatie. Dit betekent overigens niet dat er in een situatie met stuwing niet kan worden geblust. De verstoming bij blussing zorgt voor een verkoeling van de hete brandgassen. Door voldoende water te gebruiken kan een brand in een kleine, afgesloten ruimte worden gesmoord. De stelling 'hoe meer water, hoe beter, mits er effectief wordt geblust' gaat altijd op, ongeacht de kans op verstuwing. Maar door blussing op de juiste wijze te combineren met repressieve ventilatie, kunt u de gevolgen van stuwing voorkomen of beperken. Of de ventilatie vóór, tijdens of na de blussing moet worden ingezet, hangt af van de situatie en wordt bepaald door uw bevelvoerder.

Richting

Lucht stroomt altijd van hoge druk naar lage druk. Het overdrukgebied boven de brandhaard zorgt ervoor dat de brandgassen naar het plafond en de zijkanten van de ruimte worden gedrukt. Waar er in de ruimte een opening is, zal de druk het laagste zijn (als de wind niet op de opening staat), zodat de

brandgassen daar de ruimte zullen verlaten. De richting van de rookafvoer wijst dus op de aanwezigheid en de plaats van een afvoeropening, zoals een raam of deur. De richting van de aanvoer van lucht (van buiten naar binnen) wijst in de richting van de brandhaard en op de aanwezigheid en de plaats van een aanvoeropening (die gelijk kan zijn aan de afvoeropening).

Belangrijk is dat de brand zich zowel in de aanvoerrichting als de afvoerrichting kan uitbreiden. De brand kan zich uitbreiden in de richting van waaruit de brand zuurstof krijgt (de aanvoerrichting), maar ook in de richting waarin de brandbare brandgassen zich verspreiden (de afvoerrichting).

Turbulentie/pulsering

Turbulentie is het schokken van de stroming en wordt veroorzaakt door de wrijving tussen luchtlagen met een verschillende temperatuur. Door de brand opgewarmde luchtlagen (met hete brandgassen) komen in aanraking met koudere luchtlagen verder van de brandhaard af, zoals de lucht die door de brandhaard wordt aangezogen. De koude lucht wordt naar onderen geduwd, omdat deze zwaarder is dan de warme lucht die naar boven stijgt. Hierdoor ontstaat er ergens midden in de ruimte een zogenoemde neutrale zone. Deze zone is het grensvlak tussen de hete lucht bovenin de ruimte en de koude lucht onderin de ruimte. In deze zone wrijven de beide luchtlagen tegen elkaar aan, zodat daar turbulentie van de stroming ontstaat. De neutrale zone is ook de zone waarin de hete brandgaslaag (met relatief weinig zuurstof) in aanraking komt met de koudere luchtlaag waarin meer zuurstof zit. Daardoor kan in de neutrale zone (bij een juiste mengverhouding tussen brandstof en zuurstof) een flashover (of andere, kleinere lokale vlamverschijnselen) ontstaan.

In de neutrale zone tussen een hete luchtlaag (weinig zuurstof) en een koudere luchtlaag (veel zuurstof) kan een flashover ontstaan.

Ook pulsering heeft te maken met het schokken van de stroming en lijkt daarom op turbulentie, maar is toch een ander verschijnsel met een andere oorzaak. Pulsering is merkbaar aan een ongelijkmatige (pulserende) rookafvoer. Dit is het gevolg van een blokkade van de rookafvoer, bijvoorbeeld omdat de stuwing in de ruimte zo groot wordt dat de afvoeropening deze druk niet meer gelijkmatig kan ontlasten.

Bij een gelijkmatige ontlasting voert de brand door de in de ruimte aanwezige openingen, zoals ramen en kieren, zuurstof aan en brandgassen af. Deze gelijkmatige opeenvolging van aanvoer en afvoer is te vergelijken met het ademen van een mens (de brand 'ademt' om voldoende zuurstof te krijgen). Wordt dit gelijkmatige ademen geblokkeerd door een stuwing (opeenhoping) van afvoerproducten, dan zal de rook zich hortend en stotend door de afvoeropening persen (pulseren), en vaak ook door allerlei kieren in de ruimte. Pulsering kan ook ontstaan als er van buitenaf via de afvoeropening wordt geblust. Het water en/of de

stoomvorming blokkeert dan de rookafvoer, met een gevaarlijke opeenhoping van brandgassen in de brandruimte als gevolg.

Fluitende en zuigende geluiden

De dubbelzijdige stroming zorgt voor wrijving, wanneer de afvoerstroom en de aanvoerstroom elkaar passeren. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer de afvoer van brandgassen en de aanvoer van buitenlucht door dezelfde opening plaatsvindt. De wrijving is groter naarmate deze opening kleiner en de stuwing van de rooklaag groter is. De wrijving is merkbaar aan fluitende en zuigende geluiden. Ook een flinke trek naar de brandhaard kan een zuigend of fluitend geluid veroorzaken. Dit geluid wordt harder naarmate de afstand tot de brandhaard groter is. Dit geluidseffect treedt meestal op in de smeulperiode, wanneer de brand wordt gesmoord door een gebrek aan zuurstof, in combinatie met een flinke stuwing van brandgassen. Als er ergens een kleine opening ontstaat kan dit een flinke trek naar de brandhaard veroorzaken (met mogelijk een backdraft als gevolg).

4 Het lezen van temperatuur

Volgens de brandkromme is de temperatuur het hoogst in het stadium dat de brand tot volledige ontwikkeling komt, dus in de brandperiode van de brand. Een plotselinge toename van de temperatuur wijst op een overgang van de ontwikkelingsperiode naar de brandperiode. Soms gaat deze temperatuurstijging gepaard met een plotselinge branduitbreiding of flashover. Een juiste inschatting van de temperatuur is belangrijk om de uitbreidingsmogelijkheden en gevaren van de brand, zoals een flashover of backdraft, goed in te kunnen schatten. We kunnen de temperatuurontwikkeling en daarmee het verloop van een brand lezen met behulp van de volgende indicatoren:

- een zwartbruine aanslag op ramen
- wel of geen vlammen
- bladderende verflagen
- hitteabsorptie van materialen
- hitteopbouw.

Zwartbruine aanslag op ramen

Bij een hoge temperatuur ontstaat een teerachtige, zwartbruine aanslag op ramen. Soms lekt deze substantie over de ramen naar beneden. Dit is een indicatie van een hoge temperatuur, maar ook van een onvolledige verbranding, als gevolg van een gebrek aan zuurstof in de ruimte. Deze zwartbruine aanslag is daarom ook een signaal van een mogelijke backdraft. In de volgende afbeelding ziet u een duidelijk voorbeeld van deze indicator.

Een zwartbruine aanslag op ramen is een signaal van een mogelijke backdraft.



A-2.10: zwartbruine aanslag op ramen...

Wel of geen vlammen

De kleur van de vlammen wijst op de temperatuuropbouw in de ruimte. Maar alleen al de aanwezigheid van vlammen wijst op een hoge temperatuur. Zo wijzen vlammentongen in de rooklaag op de zelfontbranding van brandbare gassen in de rooklaag. Dat gebeurt (bij voldoende zuurstof) bij een temperatuur tussen de 600 en 1000°C (de zelfontbrandingstemperatuur van veel brandbare gassen ligt binnen dit temperatuurbereik).

Bedenk wel dat deze temperatuur niet noodzakelijk is om brandgassen tot ontsteking te brengen. De aanwezigheid van een ontstekingsbron kan ook bij een lagere temperatuur een ontsteking veroorzaken!

Bladderende verflagen

Bij een hoge temperatuur gaan verflagen afbladderen. Onderliggende verflagen of materialen worden zichtbaar. Alleen al dit effect kan voor een verkleuring van de materialen in de ruimte zorgen. In de volgende afbeelding is dit goed zichtbaar.



A-2.11: afbladderende verflagen...

Hitteabsorptie van materialen

Veel materialen absorberen de hitte (energie) die bij een brand vrijkomt. Dit is te merken aan het verkleuren, verbuigen of smelten van deze materialen. Staal bijvoorbeeld verbuigt en smelt. Veel kunststoffen smelten eveneens. In de volgende afbeelding ziet u aan de verkleuring van de wanden op welke plaatsen in de ruimte de temperatuur het hoogst is geweest.



A-2.12: hitte en verkleuring...

Het hitteabsorberend vermogen van materialen heeft een relatie met de isolatiewaarde van deze materialen. Materialen die de hitte goed absorberen, houden daarmee de hitte in de ruimte vast.

Door de hoge isolatiewaarde van moderne panden kan de hitte zich bij een brand in een afgesloten ruimte flink opeenhopen. Hierdoor neemt de kans op een flashover of backdraft toe.

Behalve de isolatiewaarde van materialen, is ook de energiewaarde van materialen van belang. Materialen met een hoge energiewaarde, zoals veel kunststoffen, produceren bij verbranding veel energie en daarmee veel warmte. Dus ook de energiewaarde van materialen draagt bij aan de hitteontwikkeling bij een brand in een afgesloten ruimte.

Hitteopbouw

De hete brandgassen stijgen naar het plafond en hopen zich daar op. De hitte in de ruimte neemt dus toe van beneden naar boven in de laag met brandgassen. De hitteopbouw bij een brand in een afgesloten ruimte is duidelijk voelbaar bij binnentreden. U kunt dan door de hitte omlaag worden gedwongen. De kans dat veel brandgassen snel hun ontstekingstemperatuur bereiken en hierdoor een plotselinge branduitbreiding in de ruimte veroorzaken is dan groot.

Wanneer de hitte in de ruimte plotseling toeneemt, neemt het risico op een flashover toe. In het volgende hoofdstuk wordt flashover verder besproken.

5 Het lezen van vlammen

Vlammen zijn het meest zichtbaar wanneer een brand volledig tot ontwikkeling komt. Wanneer de overgang van de ontwikkelingsperiode naar de brandperiode gepaard gaat met een flashover, grijpen de vlammen razendsnel om zich heen en verandert de ruimte in een vuurzee. Vlammen in de laag met brandgassen (de rooklaag) kondigen een dergelijke flashover meestal aan. Maar vlammen zeggen ook veel over de temperatuuroopbouw en de aanwezigheid van zuurstof in de ruimte. De volgende indicatoren van vlammen zijn van belang bij het lezen van deze vlammen:

- locatie
- volume van het vlamfront
- kleurstelling.

Locatie

Daar waar in de ruimte vlammen aanwezig zijn, is de stralingsintensiteit van de brand het grootst. Door de hittestraling van de vlammen naar voorwerpen in de omgeving ontstaat er in de buurt van deze vlammen ook de meeste pyrolyse. Waar vlammen zijn is ook sprake van een redelijke mengverhouding tussen brandstof, zuurstof en temperatuur. Er is ook hittestraling vanuit de hete brandgaslaag in de ruimte.

Vlammen in de rooklaag geven aan waar de mengverhouding in de laag met brandgassen goed is. De spreiding van brandstoffen,

temperatuur en zuurstof in de brandgaslaag is namelijk niet overal in de laag gelijk. Op sommige plaatsen in de laag zijn de brandgassen sterk geconcentreerd, op andere plaatsen juist niet. De hoeveelheid zuurstof en de temperatuur zijn ook niet gelijkmatig verdeeld. Op plaatsen waar relatief dichte concentraties van brandgassen in aanraking komen met de juiste hoeveelheid zuurstof, ontstaan vlammentongen of vlambolletjes.

Omvang van het vlamfront

De omvang van het vlamfront zegt veel over de snelheid van de branduitbreiding.

Overall waar vlammen zijn, is de hittestraling en daarmee de kans op branduitbreiding groot.

Lukt het niet om een brand in een afgesloten ruimte nog vóór of uiterlijk tijdens de brandperiode onder controle te krijgen, dan is branduitbreiding naar aangrenzende ruimten of panden meestal een feit. Als dat gebeurt (zoals bij een flashover), dan komt de brand binnen enkele seconden in de brandperiode terecht en wordt het moeilijker om de groei van het vlamfront terug te dringen. De groeisnelheid van een brand is overigens van meer factoren afhankelijk dan alleen van de omvang van het vlamfront.



A-2.13: uitbreiding van het vlamfront...

Kleurstelling

De kleur van de vlam hangt samen met de temperatuur ervan. Rond de 600°C hebben vlammen een rode kleur. Vlammen van rond de 800°C zijn geel. Witte vlammen ontstaan bij een nog hogere temperatuur (vanaf 1000°C). De kleurstelling van het vlamfront zegt dus veel over de temperatuuropbouw in de ruimte. De volgende afbeelding laat dat heel duidelijk zien.



A-2.14: kleurstelling van het vlamfront...

De temperatuur neemt van boven naar beneden toe binnen een temperatuurbereik van tussen de 600 en 1000°C, waarschijnlijk doordat de vlammen bovenin de ruimte minder goed tot ontwikkeling komen door een minder goede mengverhouding met zuurstof. Dit is begrijpelijk als we ons realiseren dat de concentratie van brandgassen bovenin de ruimte het grootst is. Een kleurverschuiving van rood naar wit in het vlamfront duidt dus op een steeds betere verbranding en een toenemende temperatuur van de vlammen.

Achtergrondinformatie

Het 'witter' worden van een vlam bij een toenemende temperatuur is te vergelijken met de werking van een gloeilamp met dimmer. Wanneer we de gloeilamp meer energie geven door de dimmer in een hogere stand te draaien, zien we het licht in de gloeilamp feller en witter worden. Draaien we de dimmer weer omlaag, dan wordt het licht zwakker en de kleur geler.

Hoe beter de mengverhouding van zuurstof en brandstof, hoe hoger de temperatuur van de brand. Een volledige, zuurstofrijke verbranding geeft daarom veel geelwitte vlammen in het vlamfront, terwijl een relatief zuurstofarme verbranding veel oranje- of rode vlammen veroorzaakt.

Blauwe vlammen duiden op een hoog gehalte aan koolmonoxide, een gas dat vrijkomt als gevolg van onvolledige verbranding. Vooral in de smeulperiode, wanneer de brand door een gebrek aan zuurstof steeds onvollediger wordt, kan er veel koolmonoxide ontstaan. Omdat deze stof zeer explosief is, vergroot koolmonoxide in de brandgaslaag de kans op een backdraft enorm.

Sommige gassen, zoals ammoniak, geven bij een volledige verbranding bijna kleurloze vlammen. Deze gassen komen bij een normale woningbrand niet of nauwelijks voor.

Uit het voorgaande blijkt dat in de ontwikkelingsperiode van de brand de vlammen overwegend rood, oranje en geel van kleur zijn. Naarmate de brand zich in de brandperiode verder ontwikkelt en de temperatuur in de ruimte stijgt, worden de vlammen steeds lichter (geelwitter) van kleur. In de smeulperiode worden de vlammen gesmoord en kunnen blauwe vlammen in de rooklaag duiden op de aanwezigheid van koolmonoxide (zeer explosief, kans op backdraft!).

6 RSTV-model, mengverhouding en brandkromme

De indicatoren van het RSTV-model geven ons belangrijke signalen over het stadium en de te verwachten ontwikkeling van de brand. Een begrip dat hierbij centraal staat, is de zogenoemde mengverhouding: de verhouding tussen de drie zijden van de branddriehoek (brandstof, temperatuur en zuurstof). Of we het nu hebben over de dichtheid van rook, de snelheid van stroming of de kleurstelling van vlammen: steeds is het deze mengverhouding die bepaalt hoe de brand zich op een bepaalde plaats in de ruimte ontwikkelt en met behulp van welke indicatoren we deze ontwikkeling kunnen vaststellen en voorspellen.

Zeer belangrijk is het gegeven dat de mengverhouding op elke plaats binnen de brandruimte op elk moment anders kan zijn. Dit komt doordat allerlei factoren, die van binnenuit en buitenaf op de brandruimte inwerken, invloed hebben op deze mengverhouding. Zo zal de opeenhoping van brandgassen direct boven de brandhaard anders zijn dan verder van de brandhaard af (een invloed van binnenuit). En er hoeft maar ergens een raampje te worden geopend om de mengverhouding op bepaalde plaatsen in de laag met brandgassen drastisch te wijzigen (een invloed van buitenaf). Het brandverloop in een ruimte kan dus plaatselijk zeer verschillen en plotseling veranderen. Het is daarom van groot belang om de brand te lezen aan de hand van de RSTV-indicatoren.

Zet de RSTV-bril dus niet af nadat u het stadium van de brand hebt vastgesteld, want nog geen minuut later kan de brand zich heel anders gedragen. De brandkromme beschrijft het standaardverloop van een brand in een afgesloten ruimte. Geen enkele brand is echter standaard, terwijl elke invloed van buitenaf het standaardverloop kan beïnvloeden (volledig van de buitenwereld afgesloten ruimten bestaan bijna niet). Het RSTV-model is dus een belangrijke nuancering van de brandkromme.

Samenvatting

Het RSTV-model maakt gebruik van kenmerken van:

- rook van een brand (R)
- stroming van een brand (S)
- temperatuur van een brand (T)
- vlammen van een brand (V).

Rook geeft een indicatie van de brandbaarheid, giftigheid en hitte van de brandgassen die vrijkomen. De richting en de snelheid van de stroming van lucht en brandgassen (rook) geeft een indicatie van de richting en de snelheid van de brandontwikkeling. De temperatuur geeft een indicatie van de mate van pyrolyse van materialen in de brandruimte. Vlammen geven een indicatie van de wijze van verbranding en van de groeisnelheid van de brand.

Bij het lezen van de rook zijn de volgende indicatoren van belang:

- kleur
- dichtheid
- volume
- locatie
- dikte van de rooklaag.

Indicatoren van stroming zijn:

- snelheid
- richting
- turbulentie/pulsering
- fluitende en zuigende geluiden.

Temperatuur geeft de volgende indicatoren:

- een zwartbruine aanslag op de ramen
- wel of geen vlammen
- bladderende verflagen
- hitteabsorptie van materialen
- hitteopbouw.

Bij het lezen van de vlammen zijn de volgende indicatoren van belang:

- locatie
- volume van het vlamfront
- kleurstelling.

De mengverhouding tussen temperatuur, brandstof en zuurstof bepaalt hoe een brand zich op een bepaalde plaats in de ruimte ontwikkelt en met behulp van welke indicatoren we deze ontwikkeling kunnen vaststellen en voorspellen. Deze mengverhouding kan op elke plaats binnen de brandruimte op elk moment anders zijn.