

# Fire Safety Engineering

Een innovatiegerichte benadering van brandpreventie



Margrethe Kobes



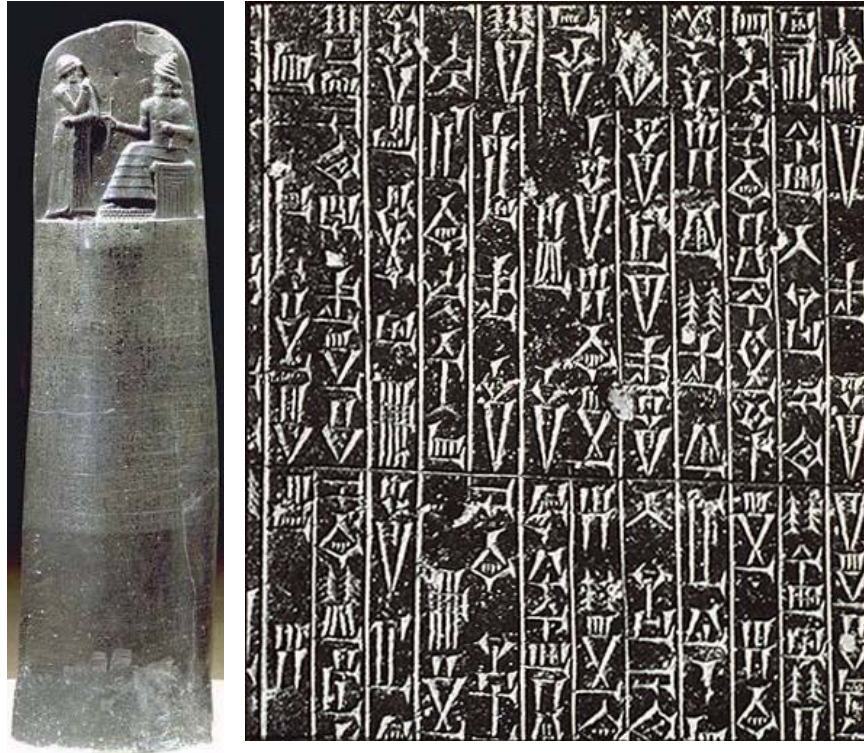
# **Fire Safety Engineering**

**Een innovatiegerichte  
benadering van brandpreventie**

Deze rapportage is tot stand gekomen in het kader van de afronding van de masteropleiding 'Science and Innovation Management (SIM)' aan de universiteit van Utrecht.

ing. Margrethe Kobes MIFireE

Groningen, 26 januari 2006



's Werelds oudste bouwvoorschrift  
uit de wet van Hammurabi<sup>1</sup> (ong. 1780 v.Chr.)

## Artikel 229:

“If a builder build a house for some one, and does not construct it properly, and the house which he built fall in and kill its owner, then that builder shall be put to death.”

---

<sup>1</sup> Hammurabi was van 1792 tot 1750 v.Chr. koning van Babylon. Op de linker afbeelding is de drie meter hoge obelisk weergegeven waarop de 282 wetsartikelen van Hammurabi zijn ingehouwen. Deze obelisk werd in 1901 en in 1902 (in delen) teruggevonden en is nu tentoongesteld in het Louvre in Parijs. Op de rechter afbeelding is een fragment van de wettekst weergegeven. De tekst is in spijkerschrift (cuneiform) gegraveerd en in 1910 door L.W. King vertaald. [WSU, 2005; UCDAVIS, 2005; Cornell, 2005]



## SAMENVATTING

Op basis van praktijkervaringen kan gesteld worden dat het huidige beoordelingssysteem voor brandveiligheid onvoldoende handvatten biedt voor de beoordeling van de (gelijkwaardige) brandveiligheid van complexe gebouwen. Een andere bedenking tegen het huidige systeem is dat de wettelijke regelingen geen wetenschappelijke basis hebben, terwijl juist vanuit wetenschappelijk onderzoek (gelijkwaardige) oplossingen voor brandveiligheid ontwikkeld kunnen worden.

Vanwege de beperkingen in de uitvoering van de huidige regelgeving, hebben ontwerpers en gemeentelijke handhavers behoefte aan een systeem waarmee de brandveiligheid van deze complexe bouwwerken beoordeeld kan worden. Met de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering kan mogelijk in deze behoefte worden voorzien. Bovendien zal het naar verwachting leiden tot meer innovatieve gebouwontwerpen en daarmee functioneren als een innovatiegerichte benadering van brandpreventie.

Dit onderzoek gaat in op de beleidsaspecten die van toepassing zijn op de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering in Nederland. Hierbij staat de volgende vraagstelling centraal:

*Welke verbeteringen en verslechtingen biedt de toepassing van een performance-based beoordelingssysteem voor de beoordeling van de brandveiligheid van complexe bouwwerken ten opzichte van het huidige beoordelingssysteem? En wat is de beleidsmatige innovatiebehoefte voor de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering - de basis en werkwijze van een performance-based beoordelingssysteem - in Nederland?*

Gemeten vanuit het slachtofferaantal bij brand is Nederland één van de meest brandveilige landen in de wereld. In de afgelopen dertig jaren zijn de meeste slachtoffers gevallen bij branden in niet-complexe gebouwen. Voor dergelijke gebouwen zijn in de bouwregelgeving prestatie-eisen, of ook wel 'prescriptieve eisen', gesteld. Verder zijn voor complexe gebouwen functionele eisen gesteld, die moeten worden ingevuld op basis van gelijkwaardigheid ten opzichte van de eisen voor niet-complexe gebouwen. De huidige wetgeving is geschikt voor een performance-based benadering van brandveiligheid van complexe gebouwen. Bij Fire Safety Engineering is echter niet alleen de wetgeving van belang. Ook de beleidsaspecten onderzoek, onderwijs en het faciliteren van een clusternetwerk spelen een bepalende rol voor de uitvoering van Fire Safety Engineering. Fire Safety Engineering is namelijk de toepassing van ontwerp-technische uitgangspunten, voorschriften en een expert oordeel dat gebaseerd is op een wetenschappelijke beoordeling van het brandgedrag, de effecten van brand en de reactie en het gedrag van mensen, om:

- slachtoffers te beperken, evenals eigendommen en het milieu te beschermen;
- het gevaar en risico van brand evenals de effecten van brand te kwantificeren;
- de optimale beschermende en brandpreventieve maatregelen te evalueren, die nodig zijn om de gevolgen van brand – binnen vastgelegde niveaus – te beperken.

Het performance-based beoordelingssysteem voor de beoordeling van de brandveiligheid van complexe gebouwen bestaat uit Fire Safety Science, Fire Safety Engineering en Fire Safety Tools. Fire Safety Science is de wetenschappelijke kennis van chemische en fysische aspecten van brand en de aspecten van het menselijke gedrag bij brand. Fire Safety Science gaat over (i) brandgedrag, (ii) menselijke gedrag / evacuatie en (iii) interventies door hulpverleningsdiensten, te weten blussing en redding. Deze wetenschappelijke kennis biedt de basis voor wetgeving en voor beoordelingsinstrumenten zoals simulatiesoftware. Kennis van Fire Safety Science is daarmee het cruciale element van het performance-based beoordelingssysteem.

Vanuit de innovatietheorie blijkt de aanwezigheid van extensieve kennis, in de vorm van technologische specialisten (specialist brandpreventie en Fire Safety Engineer), een indicator te zijn voor een succesvolle adoptie van radicale innovaties. Onderwijs in Fire Safety Engineering is daarmee een belangrijk beleidsaspect voor de implementatie van het nieuwe beoordelingssysteem.

En aangezien een economische vooruitgang meer en meer gerelateerd is aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe kennis, bestaat er een behoefte aan communicatie, netwerken en samenwerking tussen ontwikkelaars en gebruikers van kennis. En met de accelerende technologische ontwikkeling en exponentiele groei van kennis is er een behoefte aan de ontwikkeling van een geschikte beleidsmaatregel dat de transfer van kennis tussen wetenschap en industrie faciliteert. Om kennistransfer mogelijk te maken zal een clusternetwerk opgezet en onderhouden moeten worden.

Het conceptueel denken over brandveiligheid vormt de belangrijkste pijler van het performance-based beoordelingssysteem. Deze wijze van benadering blijkt in de Nederlandse praktijk momenteel als lastig te worden ervaren. Uit ervaringen uit Zweden en Groot-Brittannië, waar het performance-based beoordelingssysteem enkele jaren geleden is geïntroduceerd, blijkt dat het bij de invoering noodzakelijk is om de juiste randvoorwaarden te scheppen. De randvoorwaarden zijn:

- de partijen die de concepten gaan gebruiken moeten het belang van de concepten onderkennen, evenals het nut van de concepten voor de resultaten van hun activiteiten;
- er moeten duidelijke routines en gebruiksvriendelijke beoordelingsinstrumenten beschikbaar zijn om een implementatie van de nieuwe concepten (adoptie van de innovatie) mogelijk te maken;
- in de opleiding van de jonge, nieuwe professionals moeten de nieuwe concepten een integraal onderdeel van het vakgebied vormen;
- de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid van verschillende typen gebouwen moeten duidelijk zijn;
- de beoordelingsinstrumenten, zoals praktijkrichtlijnen en simulatiesoftware, moeten door de overheid zijn geverifieerd.

De beleidsmatige innovatiebehoefte voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem is hierna per beleidsaspect weergegeven.

In relatie tot wetgeving bestaat de innovatiebehoefte uit de invulling van de voorwaarde scheppende omgevingsfactoren, te weten (i) het creëren van draagvlak bij de gebruikers in relatie tot gelijkwaardigheid / Fire Safety Engineering, (ii) de zorg voor routine in Fire Safety Engineering<sup>2</sup>, (iii) de zorg voor de beschikbaarheid van gebruiksvriendelijke werkinstrumenten, (iv) het integreren van Fire Safety Engineering in de opleidingen van brandveiligheidprofessionals, (v) het verduidelijken van de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid voor verschillende typen gebouwen en (vi) de verificatie van beoordelingsinstrumenten door de overheid.

De innovatiebehoefte met betrekking tot onderzoek bestaat uit het equiperen van de brandweer voor het uitvoeren van technisch brandonderzoek. Dit betekent dat brandweerpersoneel moet worden opgeleid in het uitvoeren van technisch brandonderzoek en voldoende middelen ter beschikking krijgt. Vervolgens zal een centrale incidentendatabank opgezet en ingericht moeten worden en moet onderzoekscapaciteit bij brandweerkorpsen en bij een centraal expertisecentrum beschikbaar worden gesteld.

---

<sup>2</sup> Ofwel het creëren van routine in het conceptueel denken over brandveiligheid.



# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Aangezien in Nederland nog niet is voorzien in een diepgaande (universitaire) opleiding in Fire Safety Engineering, bestaat de innovatiebehoefte in de ontwikkeling van een dergelijke opleiding. Het is denkbaar dat zowel behoefte bestaat aan een wetenschappelijk georiënteerde als aan een praktijkgeoriënteerde opleiding. Een andere positief onderdeel van de buitenlandse voorbeelden betreft het certificeringssysteem en het 'Continuing Professional Development' (CPD) systeem voor Fire Safety Engineers. De innovatiebehoefte met betrekking tot certificering en CPD kan vervolgens bestaan uit het vaststellen van competenties voor Fire Safety Engineers, het aanstellen van een certificeringcommissie en het inrichten van een CPD-systeem.

En om kennistransfer mogelijk te maken zal een clusternetwerk opgezet en onderhouden moeten worden. Het clusternetwerk dat verbonden is aan het beoordelingssysteem voor brandveiligheid zal moeten bestaan uit onderzoeksinstituten, opleidingsinstituten, beleidsmakers, gebouwonwerpers, brandveiligheidsadviseurs, gemeentelijke handhavers en de ontwikkelaars van Fire Safety Engineering instrumenten.

# INHOUDSOPGAVE

Samenvatting .....	7
Hoofdstuk 1 .....	11
Introductie .....	11
1. Aanleiding voor onderzoek .....	11
2. Relevantie .....	12
3. Probleemstelling .....	12
4. Onderzoeksaanpak .....	13
Hoofdstuk 2 .....	15
Fundamentele principes brandveiligheid .....	15
1. Fire Safety Science .....	15
1.1 Brandontwikkeling en blussing .....	15
1.2 Evacuatie .....	18
2. Fire Safety Engineering .....	20
2.1 Wat is Fire Safety Engineering? .....	20
2.2 Simulatiemodellen voor Fire Safety Engineering .....	24
3. Samenhang tussen fundamentele principes brandveiligheid .....	29
Hoofdstuk 3 .....	32
Innovatiebehoefte .....	32
1. Innovatietheorie in relatie tot Fire Safety Engineering .....	32
1.1 Innovatie .....	32
1.2 Adoptie en diffusie van innovatie .....	33
1.3 Assimilatie van innovatie .....	35
1.4 Lerende organisatie en conceptueel denken .....	36
2. Brandveiligheidsbeleid .....	38
2.1 Historische ontwikkelingen in brandveiligheidsbeleid .....	38
2.2 Brandveiligheidsniveau wereldwijd .....	39
2.3 Kenmerken van een performance-based beoordelingssysteem .....	41
2.4 Kenmerken van het huidige beoordelingssysteem in Nederland .....	45
3. Innovatiebehoefte .....	49
3.1 Wetgeving .....	49
3.2 Onderzoek .....	50
3.3 Onderwijs .....	50
3.4 Clusternetwerk .....	51
Hoofdstuk 4 .....	52
Conclusies en discussie .....	52
1. Conclusies .....	52
2. Discussie .....	54
Referenties .....	56
Bijlage .....	61
Opleidingen in Fire Engineering .....	61

## HOOFDSTUK 1

### Introductie

#### I. Aanleiding voor onderzoek

De brandveiligheid van gebouwen is in Nederland onder andere geregeld in het Bouwbesluit en de Wet Milieubeheer. In de Wet Milieubeheer zijn doelvoorschriften opgeschreven, die de ontwerper van een gebouw de vrijheid biedt zelf invulling te geven aan de uitvoering. Zo bestaat de keuze de brandveiligheid bouwkundig of bijvoorbeeld installatietechnisch te realiseren. Het Bouwbesluit kent zowel doelvoorschriften als prestatie-eisen en aan beide moet worden voldaan. Een voorbeeld van een prestatie-eis is dat een gebouw moet zijn opgedeeld in brandcompartimenten met een omvang van maximaal 1000 m<sup>2</sup>. Grotere compartimentering is mogelijk, maar dan moet de gekozen oplossing gelijkwaardig zijn aan de voorwaarden zoals vastgelegd in het Bouwbesluit. Maar mede doordat de toetscriteria niet voldoende helder zijn, blijkt het in de praktijk lastig de mate van gelijkwaardigheid te beoordelen [Coppens et al, 2003; Van der Veek & Horsley, 2003]. Dit geldt zowel voor de ontwerper als voor de handhaver (gemeentelijke brandweer en/of bouwdienst). Gesteld kan worden dat de huidige bouwregelgeving onvoldoende handvatten biedt voor de beoordeling van de brandveiligheid van complexe gebouwen<sup>3</sup>, zoals een terminal op een vliegveld, een treinstation of een torenflat. Een andere bedenking die gemaakt kan worden met betrekking tot de huidige regelingen voor brandveiligheid is dat de regelingen voornamelijk gebaseerd zijn op aannames en afspraken. De voorschriften kennen daarmee geen wetenschappelijke basis, terwijl juist vanuit wetenschappelijk onderzoek (gelijkwaardige) oplossingen voor brandveiligheid ontwikkeld kunnen worden. Verder zijn de huidige voorschriften (in het Bouwbesluit) technisch gestuurd, terwijl de brandveiligheid beter op basis van een mens gestuurd systeem geregeld kan worden<sup>4</sup>. Bovendien is de effectiviteit van de huidige brandveiligheidsvoorschriften niet of nauwelijks bekend aangezien de brandweer geen brandonderzoek uitvoert.

De Nederlandse (bouw-)regelgeving is in beginsel<sup>5</sup> prescriptief en kent, zoals hiervoor geschetst, de nodige beperkingen in de uitvoering. Andere landen, zoals de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Zweden, kennen een performance-based systeem van voorschriften met betrekking tot de brandveiligheid van gebouwen. Dit systeem heeft een wetenschappelijke grondslag, te weten de Fire Safety Science, en maakt gebruik van relatief nieuwe instrumenten zoals simulatiesoftware voor brandontwikkeling en evacuatie. Fire Safety Science omvat de chemische en fysische aspecten van brand, de aspecten van het menselijk gedrag bij brand en de simulatie van brandontwikkeling, brandbestrijding en evacuatie. De werkwijze van brandveilig ontwerpen wordt aangeduid met de term Fire Safety Engineering.

---

<sup>3</sup> Complexe gebouwen zijn onder andere gebouwen met grote compartimenten, hoge gebouwen, ondergrondse gebouwen, gebouwen die een hoge bezettingsgraad (kunnen) hebben en gebouwen die gebouwd zijn volgens een innovatief bouwsysteem of innovatief materiaalgebruik.

<sup>4</sup> Uit gegevens van het CBS blijkt dat de helft van alle binnenbranden worden veroorzaakt door menselijk handelen [CBS, 2004]. Bovendien is de kans op overleving bij brand sterk gerelateerd aan het menselijke gedrag bij brand. Een gebouwontwerp zou daarom, met name met betrekking tot brandveiligheid, rekening moeten houden met het gedrag van de uiteindelijke gebruikers van het gebouw.

<sup>5</sup> In het Bouwbesluit bestaat de mogelijkheid een gelijkwaardige oplossing te kiezen voor invulling van de prestatievoorschriften. Hiervoor is echter geen objectief meetinstrument of beoordelingssysteem vastgelegd, waardoor de vaststelling van het niveau van brandveiligheid veelal leidt tot een machtsstrijd tussen ontwerper en (lokale) handhaver. Zo kan het voorkomen dat de ene gemeente een alternatieve oplossing als gelijkwaardig beschouwt terwijl een andere gemeente dezelfde oplossing niet als gelijkwaardig beschouwt.

## 2. Relevantie

Het Britse BRE (2005) constateert een wereldwijde trend in het gebruik van performance-based regelgeving of regelgeving met functionele eisen, een systeem dat gekenmerkt wordt door de toepassing van Fire Safety Engineering. Volgens BRE kan Fire Safety Engineering leiden tot de ontwikkeling van zowel meer innovatieve als kosteneffectieve gebouwontwerpen. [BRE, 2005]

Vanwege de beperkingen in de uitvoering van de huidige regelgeving voor de brandveiligheid van complexe bouwwerken, is er – bij ontwerpers en handhavers – vraag naar een systeem waarmee de gelijkwaardige oplossing voor de brandveiligheid van complexe bouwwerken beoordeeld kan worden [Coppens et al, 2003; Van der Veek & Horsley, 2003]. Bovendien zijn er vanuit wetenschappelijk oogpunt bedenkingen tegen het huidige systeem van brandpreventieve bouwvoorschriften. Met de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering kan mogelijk in de behoefte van een beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe bouwwerken worden voorzien. Bovendien zal het naar verwachting leiden tot meer innovatieve gebouwontwerpen [BRE, 2005] en daarmee functioneren als een innovatiegerichte benadering van brandpreventie.

Dit onderzoek richt zich echter niet op een brandtechnische innovatie maar op de innovatie in brandveiligheidsbeleid. In de beleidswetenschappen wordt onderscheid gemaakt in drie algemene paradigma's voor interventie door de overheid, te weten [Elzen & Wieczorek, 2005; Kuhlmann, 2004]:

- het traditionele top-down model met een centrale rol voor de (nationale) overheid en hiërarchische verbanden;
- een bottom-up of marktmodel met een grote mate van autonomie voor lokale actoren;
- het coöperatieve beleidsparadigma, ofwel een beleidnetwerkmodel of gezamenlijke beleidsbepaling en overeenkomsten tussen onderling afhankelijke actoren met uiteenlopen waarden en opvattingen.

Formele voorschriften en wetgeving worden veelal toegepast in het traditionele command-and-control paradigma. In het marktmodel worden veelal subsidies en belastingen toegepast. Netwerkmanagement, leerprocessen, experimenten en interactieve beleidsvorming wordt veelal toegepast in het derde paradigma. Dit coöperatieve beleidsparadigma is van toepassing op de innovatiebehoefte voor (overheids)beleid in relatie tot de implementatie van Fire Safety Engineering en Fire Safety Science in Nederland.

## 3. Probleemstelling

De doelstelling van het onderzoek is om inzicht te krijgen in (i) de positieve en negatieve aspecten van de toepassing van een performance-based beoordelingssysteem voor brandveiligheid van complexe gebouwen en (ii) de consequenties van de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering op het bestaande beleid voor de beoordeling van een brandveilig gebouwontwerp in Nederland. Het beleid omvat onder andere brandpreventieve regelgeving, brand(veiligheids)onderzoek, onderwijs/training van brandveiligheidprofessionals<sup>6</sup> en de kennisuitwisseling tussen brandveiligheidprofessionals.

---

<sup>6</sup> Onder brandveiligheidprofessionals worden gebouwontwerpers, gemeentelijke bouwplan toetsers/handhavers/adviseurs (in dit rapport aangeduid met de term 'handhavers'), repressief brandweerpersoneel en brandveiligheidonderzoekers verstaan.

In het onderzoek staat de volgende vraagstelling centraal:

Welke verbeteringen en verslechtingen biedt de toepassing van een performance-based beoordelingssysteem voor de beoordeling van de brandveiligheid van complexe bouwwerken ten opzichte van het huidige beoordelingssysteem? En wat is de beleidsmatige innovatiebehoefte voor de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering - de basis en werkwijze van een performance-based beoordelingssysteem - in Nederland?

In het onderzoek worden de volgende deelonderzoeksvragen als leidraad gebruikt:

1. Wat zijn de fundamentele principes voor Fire Safety Engineering?
  - a. Wat zijn de natuurkundige en psychologische wetten die ten grondslag liggen aan (de simulatie van) evacuatie?
  - b. Wat zijn de natuurkundige en scheikundige wetten die ten grondslag liggen aan (de simulatie van) brandontwikkeling brandbestrijding?
2. Wat zijn de positieve en negatieve aspecten van (i) het huidige beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen en (ii) een performance-based beoordelingssysteem in Nederland?
  - a. Wat zijn de positieve en negatieve aspecten van het huidige beoordelingssysteem in relatie tot (i) wetgeving, (ii) onderzoek, (iii) onderwijs en een (iv) clusternetwerk?
  - b. Wat zijn de positieve en negatieve aspecten van een performance-based beoordelingssysteem in relatie tot (i) wetgeving, (ii) onderzoek, (iii) onderwijs en een (iv) clusternetwerk?
3. Wat is de beleidsmatige innovatiebehoefte voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem voor brandveiligheid in Nederland?
  - a. Welke factoren zijn bepalend voor een succesvolle implementatie van een performance-based beoordelingssysteem voor brandveiligheid?
  - b. Welke beleidsmatige veranderingen zijn nodig om een performance-based beoordelingssysteem voor brandveiligheid in Nederland te implementeren?

#### **4. Onderzoeksaanpak**

Het onderzoek is opgedeeld in twee delen. Allereerst is literatuurstudie verricht naar de fundamentele principes van veiligheid. Vervolgens is studie verricht naar de innovatiebehoefte voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen.

Om te kunnen bepalen of het überhaupt zinvol is een dergelijk systeem in Nederland te implementeren is een vergelijk gemaakt tussen de kenmerken van het huidige systeem en het performance-based systeem. De informatie over de beide systemen is verkregen uit literatuuronderzoek en uit gesprekken met experts op gebied van brandveiligheid. Hiervoor zijn onder andere internationale netwerkbijeenkomsten bijgewoond en is een bezoek gebracht aan de universiteit van Lund. Ook zijn gesprekken gevoerd met Nederlandse experts bij de brandweer en bij het Nibra. De uiteindelijke innovatiebehoefte is bepaald door een vergelijk te maken tussen de positieve en negatieve kenmerken van beide systemen. Ook hierbij is gebruik gemaakt van informatie die verkregen is uit gesprekken met experts.

De natuurwetenschappelijke context is in hoofdstuk 2 'Fundamentele principes brandveiligheid' uiteengezet. Hierin worden onder andere de uitgangspunten voor de simulatie van evacuatie, brand-/rookontwikkeling en van brandveiligheidsinterventies genoemd.

De maatschappijwetenschappelijke context wordt in hoofdstuk 3 'Innovatiebehoefte' besproken, waarbij onder andere wordt ingegaan op de factoren die bepalend zijn voor een succesvolle implementatie van een performance-based beoordelingssysteem. Ook worden de kenmerken van het huidige beoordelingssysteem en een performance-based systeem uiteengezet. Verder wordt de historische ontwikkeling van brandpreventieve regelgeving besproken en wordt ingegaan op de innovatiebehoefte bij de implementatie van een nieuw beoordelingssysteem voor brandveiligheid in Nederland.

In hoofdstuk 4 zijn uiteindelijk de conclusies van het onderzoek opgenomen en worden de aandachtspunten voor discussie toegelicht.

## HOOFDSTUK 2

# Fundamentele principes brandveiligheid

In dit hoofdstuk worden de fundamentele principes van brandveiligheid uiteengezet. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in (i) de natuurwetenschappelijke principes die vallen binnen het vakgebied van 'Fire Safety Science', en in (ii) de beleidsprincipes van 'Fire Safety Engineering'.

### I. Fire Safety Science

Onder 'Fire Safety Science' wordt onder andere de wetenschappelijke kennis van chemische en fysische aspecten van brand en de aspecten van het menselijke gedrag bij brand verstaan. Hierna volgt een uiteenzetting van de belangrijkste principes van brandontwikkeling, blussing en evacuatie.

#### 1.1 Brandontwikkeling en blussing

Voor het ontstaan van brand zijn drie factoren bepalend, te weten [Nibra, 2005]:

- de aanwezigheid van brandbare stoffen (vuurlast);
- de aanwezigheid van voldoende zuurstof;
- voldoende hoge temperatuur.

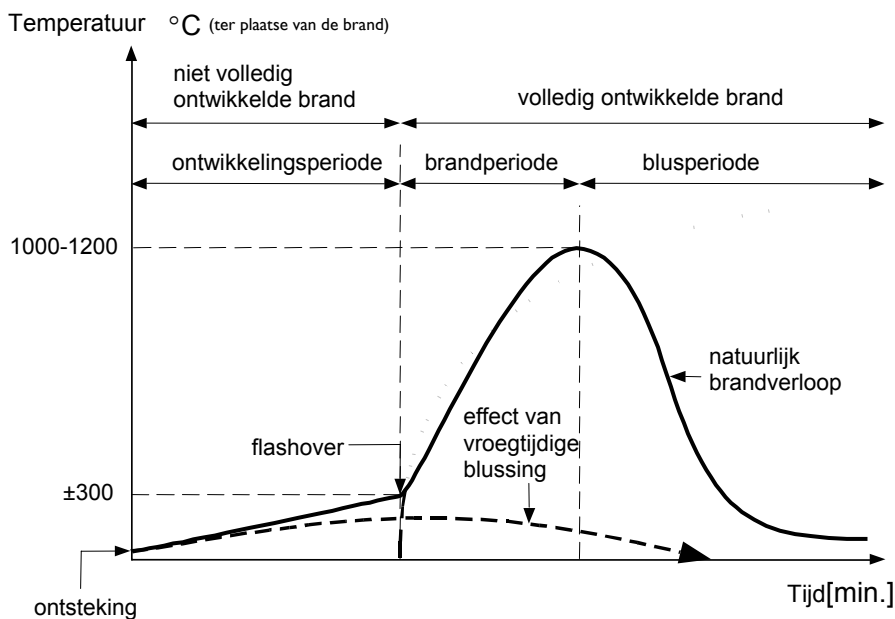
Om een brand in stand te houden zijn nog twee andere factoren van belang, te weten [Nibra, 2005]:

- de aanwezigheid van een optimale mengverhouding van zuurstof en brandbare stoffen;
- de aanwezigheid van een katalysator.

Bij een voldoende hoge temperatuur komen gassen vrij uit het brandbare materiaal (pyrolyse). Deze hete gassen mengen zich met de in de omgevingslucht aanwezige zuurstof. Bij de aanwezigheid van een ontstekingsbron, zoals een vonk, zal het gasmengsel gaan branden als (omgevings)temperatuur de ontbrandingstemperatuur van het brandbare materiaal heeft bereikt. Wanneer de zelfontbrandingstemperatuur van het brandbare materiaal is bereikt is geen ontstekingsbron nodig, maar zal het materiaal 'spontaan' gaan branden. Elk type materiaal heeft een soortelijke (zelf)ontbrandingstemperatuur. De hoogte van deze temperatuur geeft een indicatie van de hoeveelheid energie die toegevoegd moet worden om het materiaal te ontbranden. Een katalysator stimuleert de verbrandingsreactie tussen de brandstof en de zuurstof waardoor het brandbare materiaal bij een lagere temperatuur dan de (zelf)ontbrandingstemperatuur kan ontbranden. Een katalysator verbrandt zelf niet, waardoor de eenmaal ontstane brand – bij een optimale mengverhouding - in stand gehouden kan worden.

Daar waar in een ruimte vlammen aanwezig zijn, is de stralingsintensiteit van de brand het grootst. De temperatuur vlak onder het plafond van een afgesloten ruimte kan in de eerste minuten na het ontstaan van de eerste vlammen stijgen tot 1000-1200°C. Door deze hittestraling gaan ook andere materialen in de ruimte uitgassen. Verder komen verbrandingsproducten vrij, zoals koolmonoxide (CO) en roet (onverbrande koolstofdeeltjes), zichtbaar als rook. De rook verplaatst zich naar boven en bij een voortdurende rookontwikkeling zal de rooklaag onder het plafond in volume toenemen en de ruimte binnen enkele minuten volledig vullen met rook. Binnen 3-5 minuten na het ontstaan van de eerste vlammen is de temperatuur bovenin de ruimte voldoende hoog om de roetdeeltjes te ontsteken, ofwel een flashover te veroorzaken. Een flashover vindt plaats bij een temperatuur van ongeveer 600°C op plafondhoogte, dat is wanneer de vlammen een temperatuur van ongeveer 300°C hebben bereikt. De exacte temperatuur waarbij een flashover plaatsvindt, hangt af van de specifieke samenstelling van het gas-/luchtmengsel en is

bij iedere brand anders. Op moment van een flashover zullen bijna alle brandbare materialen in de ruimte bij de brand betrokken zijn en is sprake van een volledig ontwikkelde brand. Verder neemt de temperatuur in de ruimte zeer snel toe, waardoor de eventueel nog in de brandruimte aanwezige levende personen de brand niet zullen overleven<sup>7</sup>. Wanneer het grootste deel van de zuurstof in de ruimte bij de brand is betrokken, stopt het verbrandingsproces en daalt de temperatuur in de ruimte. Het vlammenfront wordt kleiner en de brand gaat over in de smeulfase. De ontwikkeling van brand is in figuur 1 gevisualiseerd.



Figuur 1 – Tijd / temperatuur diagram natuurlijk brandverloop en sprinkler gecontroleerd brandverloop

In figuur 1 zijn twee verschillende soorten brandverloop weergegeven, te weten het natuurlijke brandverloop en het brandverloop bij een vroegtijdige blussing, bijvoorbeeld door een sprinklerinstallatie. Verder zijn drie brandstadia onderscheiden, te weten de ontwikkelingsperiode, de brandperiode en de blusperiode. Deze drie brandstadia zijn evenals het onderscheid tussen een niet volledig ontwikkelde brand en een volledig ontwikkelde brand, alleen van toepassing op het natuurlijke brandverloop.

Een volledig ontwikkelde brand ontstaat als brandpreventieve maatregelen falen of niet aanwezig zijn en bovendien voldoende vuurlast en zuurstof aanwezig is. Als de zuurstoftoevoer groter is dan de benodigde gas-/zuurstofverhouding dan wordt de verbrandingssnelheid bepaald door de vuurlast, ofwel is er sprake van een brandstof beheerste brand. Dit kan alleen plaatsvinden onder de condities van gecontroleerde ventilatie. Wanneer een brand in een ruimte onvoldoende zuurstoftoevoer heeft dan kan er een mengsel van onvolledig verbrande gassen ontstaan. Er is dan sprake van een ventilatie beheerste brand. [Delichatsios et al., 2004]

Uit temperatuurmetingen in een flashover-container<sup>8</sup> blijkt welke invloed de toevoer en beperking van zuurstof heeft op het brandgedrag. In tabel 1 zijn de resultaten van drie opeenvolgende testen weergegeven.

<sup>7</sup> Dood bij brand wordt doorgaans veroorzaakt door inhalatie van rook en giftige gassen [Gann, 2004], waardoor de in de ruimte aanwezige personen veelal al voor het moment van flashover zijn gestikt.

<sup>8</sup> De flashover-container is een oefenruimte waarin een flashover op gecontroleerde wijze kan worden gerealiseerd en waarin repressief brandweerpersoneel kan trainen op blustechnieken om flashovers te voorkomen.



Test	Stand deur	Temperatuurdaling/-stijging			Meetpunt	
		Temp. voor de test	Temp. na 20 sec	Vershil	Positie	Hoogte
1	gesloten	800°C	600°C	- 200°C	Plafond	-
	gesloten	800°C	400°C	- 400°C	Grond	1,5 m
	gesloten	600°C	300°C	- 300°C	Grond	0,9 m
2	open	400°C	800°C	+ 400°C	Grond	1,5 m
3	gesloten	800°C	450°C	- 350°C	Grond	1,5 m

Tabel 1 – Testresultaten van test met flashover-container [Grimwood, 2002]

Eerst is de temperatuur gemeten in een situatie met zuurstoftoevoer. Op plafondniveau en op 1,5 meter hoogte vanaf de grond is een temperatuur gemeten van 800°C. Op 0,9 meter hoogte vanaf de grond is de temperatuur lager, te weten 600°C. Vervolgens is de zuurstoftoevoer afgesloten door het sluiten van de deur, dit is test 1. Na 20 seconden blijkt de temperatuur op 1,5 meter en 0,9 meter hoogte te zijn gehalveerd. De temperatuur vlak onder het plafond is 200°C lager dan voor de deur werd gesloten. In de twee daaropvolgende testen is de temperatuur alleen op 1,5 meter hoogte gemeten. Bij de tweede test is de deur van de flashover-containter in geopende stand gezet. Na 20 seconden blijkt de temperatuur twee keer hoger te zijn dan voordat de deur werd geopend. Bovendien blijkt de stralingshitte snel tot onder de kritische waarde van 20 kW/m<sup>2</sup> te zijn gedaald, waardoor de kans op een flashover groot is. En wanneer de deur van de brandruimte open staat, is de verbrandingsnelheid twee maal groter dan in een volledig afgesloten ruimte. [Grimwood, 2002] Verder is gebleken dat wanneer er plotseling zuurstof de ruimte binnenkomt, zoals bij het openen van een deur, er een backdraft kan optreden. Een backdraft is een explosie van de brandbare gassen. [Nibra, 2005]

Door een correcte toepassing van ventilatie kan een flashover en een backdraft worden voorkomen, aangezien door gecontroleerde ventilatie de kans op een onvolledige verbranding wordt gereduceerd. Bij goed gebruik van ventilatie worden hitte, rook en giftige gassen op een gecontroleerde wijze afgevoerd via openingen in dak of gevel (rook- en warmte afvoer). Bovendien wordt lucht van buiten aangevoerd. De aanvoer van verse lucht zorgt voor een volledige verbranding. De afgevoerde hitte zorgt ervoor dat de zelfontbrandingstemperatuur van overige materialen niet wordt bereikt, mits een snelle blussing of koeling van de vuurhaard mogelijk is<sup>9</sup>.

De mate van hittestraling bepaalt de mogelijkheden van een brandbestrijdingsinterventie door repressief brandweerpersoneel. Om veilig te kunnen werken mag de hittestraling ter plaatse van de standplaats van een brandweerman/-vrouw niet hoger zijn dan 3 kW/m<sup>2</sup> [BZK, 1995a]. Dit betekent dat hoe hoger de hittestraling ter plaatse van de brand is, hoe groter de afstand tussen de brand en de standplaats van het bluspersoneel is. Een grotere afstand leidt logischerwijs tot een verminderde effectiviteit van de blusinterventie.

Voor brandbestrijding wordt meestal water toegepast. De waterbehoefte voor de bestrijding van een brand is afhankelijk van de hoeveelheid vuurlast dat in een gebouw aanwezig is [BZK, 1995a]. Als er een grote hoeveelheid vuurlast bij de brand betrokken is, waardoor er sprake is van hoge mate van hittestraling, is er voor de brandbestrijding veel water nodig. De bluscapaciteit van een brandweerkorps, of in andere termen de snelheid van hitte absorptie door het bluswater, bepaalt in grote mate de toepasbaarheid van een brandbestrijdingstactiek. Alleen wanneer de berekende hitteabsorptie groter is dan de hittestraling, is het mogelijk een

<sup>9</sup> De zogeheten binnenaanval door de brandweer.

offensieve interventie uit te voeren. Dit is een interventie die gericht is op de blussing van de brand. In andere gevallen zal een offensieve interventie niet zinvol zijn en ligt de voorkeur bij een defensieve aanpak. Dit houdt in dat de interventie gericht is op het beheersbaar houden van de brand, zodat verdere uitbreiding wordt voorkomen. En in sommige gevallen is zowel een offensieve als defensieve brandbestrijding door de brandweer niet zinvol of niet mogelijk. In dergelijke gevallen kan de brand alleen nog beheersbaar gehouden worden met behulp van brandpreventieve maatregelen. [Markert, 1998] De toepassing van een sprinklerinstallatie is een dergelijke brandpreventieve maatregel.

De hittestraling is de meest belangrijke parameter voor de bepaling van het brandgevaar [Babrauskas & Peacock, 1992; Jiang, 1998; Carlsson, 1999; Bukowski, 2001]. Andere parameters die worden gebruikt om het brandgevaar te karakteriseren zijn [Huggett, 1980]:

- een indicatie van de omvang van de brand;
- de snelheid van branduitbreiding, en daaraan verbonden de productie van rook en giftige gassen;
- de beschikbare tijd voor ontvluchting of brandbestrijding;
- het type interventie dat mogelijk effectief is voor beperking van branduitbreiding;
- de kans op het ontstaan van een flashover.

## 1.2 Evacuatie

Aangezien dood bij brand doorgaans wordt veroorzaakt door inhalatie van rook en giftige gassen [Gann, 2004], zijn met name de rookontwikkeling en de snelheid van de (re)actie door de bedreigde personen van invloed op een effectieve evacuatie en daarmee op overleving. Kennis en aannames van aanwezigen over brandontwikkeling zijn vaak onjuist, waardoor mensen niet doen wat ze zouden moeten doen, of zelfs zichzelf nog meer in gevaar brengen [Proulx, 2001]. Zo wordt de snelheid van brand- en rookontwikkeling door veel mensen onderschat. Ook het verstikkende gevaar van rook wordt veelal niet onderkend [Proulx, 1997]. Dit wordt het 'friendly fire syndrome' genoemd [Purser en Bensilum, 2001]. Verder blijkt uit diverse evaluaties dat mensen bij onverwachte gebeurtenissen in eerste instantie vasthouden aan de rolverwachtingen, die passen bij de functie van het gebouw waarin zij zich bevinden, en het gevaar negeren.

### *Friendly fire syndrome en rolverwachtingen*

In een video-opname van een beveiligingscamera over een brand in een etalage van een winkel is te zien dat de brand door verschillende klanten in de winkel is opgemerkt, maar in eerste instantie wordt genegeerd, of zelfs door een moeder met kinderen vol enthousiasme van dichtbij wordt bekeken. Pas wanneer de brand zich na enkele minuten heeft uitgebreid tot een zeer gevaarlijke situatie lopen de klanten uit de winkel en is het de winkelbediende die een bluspoging onderneemt.

Een andere typerend voorbeeld is de rampzalige brand in het voetbalstadion in Bradford (1985). Ook hiervan is beeldmateriaal beschikbaar. In de registratie is te zien dat op een overkapte tribune brand uitbreekt. De toeschouwers realiseren zich niet dat de rook en hitte zich onder de overkapping ophopen, waardoor de rook geleidelijk aan de lege ruimte onder kap vult en de overkapping door de hitte in brand raakt. In plaats van te blussen of te vluchten reageren de aanwezigen in eerste instantie dan ook met enthousiast gejuich op de brand. Pas wanneer de brand zich heeft ontwikkeld tot een zeer kritieke situatie, proberen de aanwezigen het voetbalveld op te vluchten.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

In het SFPE Handbook definieert Bryan (1995) concepten die betrekking hebben op het proces van herkenning en juiste beoordeling van brandsignalen [Pires, 2005]. Zo is tijdens de periode voordat een brand wordt waargenomen de aandacht van de aanwezigen in een gebouw gericht op de activiteiten die vooraf zijn voorgenomen, de rolverwachtingen. Denk hierbij aan de activiteit 'winkelen' in een winkelcentrum. Deze activiteiten beïnvloeden de herkenning en verwerking van de informatie met betrekking tot brandgevaar [Pires, 2005].



Figuur 2 – Friendly fire syndrome en rolverwachtingen. Beelden uit videoregistratie van ramp in Bradford

Een ander aspect dat de aandacht voor brandgevaar beïnvloedt is het stressniveau. Mensen kunnen een beperkte hoeveelheid informatie verwerken. Wanneer de informatieverwerkingscapaciteit wordt overschreden, is het nodig dat het individu een selectie maakt uit de informatie. Dit betekent dat hoe meer activiteiten worden uitgevoerd voordat een brand uitbreekt – dus hoe hoger het stressniveau – hoe kleiner de capaciteit om de signalen van brand te herkennen. Dit houdt in dat mensen langzamer reageren op signalen van gevaar. Verder zijn omgevingsgeluid en vermoeidheid van invloed op de aandacht voor brandgevaar. [Pires, 2005]

Met betrekking tot evacuatie zijn volgens Schneider (2005) twee aspecten van belang. Enerzijds is de aanwezigheid en ontwikkeling van een levensbedreigende situatie bepalend voor de noodzaak voor evacuatie. Anderzijds is de tijdige verplaatsing van de bedreigde personen vanuit de bedreigde omgeving naar een veilige omgeving bepalend voor de overlevingskans. De dreiging die uitgaat van een brand in een gebouw hangt af van de locatie en omvang van de brand en de snelheid van de branduitbreiding. De brandontwikkeling wordt sterk bepaald door de technische kenmerken en bouwkundige staat van het gebouw. De dreiging van de brand staat niet op zichzelf maar bestaat alleen voor zover mensen aanwezig zijn en effectieve actie ondernemen om de brand te blussen of om zich aan de dreiging van de brand te onttrekken. Wanneer de aanwezigen niet in staat zijn om zelfstandig het door brand bedreigde gebied te verlaten, is redding door de brandweer het enige alternatief voor overleving. Het eerste aspect – de ontwikkeling van een levensbedreigende situatie - wordt in de literatuur over evacuatie aangeduid met de 'beschikbare veilige ontruimingstijd' (*available save egress time, ASET*). Het tweede aspect - de verplaatsing naar een veilige omgeving - wordt uitgedrukt met de term 'benodigde veilige ontruimingstijd' (*required save egress time, RSET*). [Schneider, 2005]



Figuur 3 – ASET minder dan 2 minuten en 16 seconden. Beelden uit videoregistratie van ramp in Bradford

Mensen hebben een verschillend niveau van alertheid met betrekking tot wat er in de directe omgeving plaatsvindt. Verder reageren mensen verschillend op levensbedreigende situaties, waardoor verschil ontstaat in risico-inschatting en daarmee in de reactietijd. Deze twee kenmerken kunnen worden omgezet in drie parameters, te weten [Sime, 1995; Purser, 2003; Pires, 2005]:

1. tijd die nodig is om een incident te ontdekken
2. tijd die nodig is voor besluitvorming (pre-movement time)
3. tijd die nodig is om een veilige plaats te bereiken.

Uit experimenten is gebleken dat groepen mensen veelal niet direct reageren op de eerste tekenen van brand (vreemde geur, geluid of bewegingen) of op alarmsignalen, maar dat het enige minuten duurt voordat er beweging komt in de mensenmassa [Proulx, 2001; Sime, 1995; Purser, 2003; Pires, 2005]. Deze reactietijd is onderdeel van de pre-movement time. De pre-movement time wordt (positief) beïnvloed door directieve aanwijzingen van het personeel om te gaan evacueren. Verder wordt de pre-movement time verkort door het automatisch openen van uitgangdeuren in geval van brand<sup>10</sup>. Verder is uit experimenten gebleken dat de uitgangen die in de normale situatie gebruikt worden ook bij evacuatie het meest gebruikt worden. Nooduitgangen die in de normale situatie niet gebruikt worden, blijken bij een evacuatie relatief minder te worden gebruikt [Sandberg, 1997].

## 2. Fire Safety Engineering

### 2.1 Wat is Fire Safety Engineering?

Wereldwijd worden diverse definities voor Fire Safety Engineering toegepast. Ook worden termen als 'Fire Engineer(ing)', 'Fire Safety Engineer(ing)' en 'Fire Protection Engineer(ing)' gebruikt voor hetzelfde vakgebied. [IFE, 2005]

#### Groot-Brittannië

Het van oorsprong Britse Institution of Fire Engineers (IFE) is een 'international qualifying organisation and learned society for fire engineers and fire safety professionals' dat in 1918 is opgericht vanuit de volgende doelstelling [IFE, 2005]:

*"To promote, encourage and improve the science and practice of Fire Extinction, Fire Prevention and Fire Engineering and all operations and expedients connected therewith, and to give an impulse to ideas likely to be useful in connection with or in relation to such science and practice to the members of the Institution and to the community at large."*

<sup>10</sup> In geval deuren in het normale gebruik zijn afgesloten en bij brand via bijvoorbeeld een (elektrische aangestuurde) noodknop geopend moeten worden.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

IFE heeft in 1998 onderzoek gedaan naar de verschillende definities en vervolgens een zo volledig mogelijke omschrijving vastgesteld<sup>11</sup>:

**Fire Engineering** is the application of scientific and engineering principles, rules (Codes), and expert judgement, based on an understanding of the phenomena and effects of fire and of the reaction and behaviour of people to fire, to protect people, property and the environment from the destructive effects of fire.

These objectives will be achieved by a variety of means including such activities as :

- the assessment of the hazards and risks of fire and its effects;
- the mitigation of potential fire damage by proper design, construction, arrangement, and use of buildings, materials, structures, industrial processes, transportation systems and similar;
- the appropriate level of evaluation for the optimum preventive and protective measures necessary to limit the consequences of fire;
- the design, installation, maintenance and/or development of fire detection, fire suppression, fire control and fire related communication systems and equipment;
- the direction and control of appropriate equipment and manpower in the strategy and function of firefighting and rescue operations;
- post-fire investigation and analysis, evaluation and feedback.

A **fire engineer**, by education, training and experience:

- understands the nature and characteristics of fire and the mechanisms of fire spread and the control of fire and the associated products of combustion;
- understands how fires originate, spread within and outside buildings/structures, and can be detected, controlled, and/or extinguished;
- is able to anticipate the behaviour of materials, structures, machines, apparatus, and processes as related to the protection of life, property and the environment from fire;
- has an understanding of the interactions and integration of fire safety systems and all other systems in buildings, industrial structures and similar facilities;
- is able to make use of all of the above and any other required knowledge to undertake the practice of fire engineering. [IFE, 2005]

## Verenigde Staten

De Amerikaanse Society of Fire Protection Engineers (SFPE) is in 1950 opgericht en in 1971 erkend als een onafhankelijke organisatie. De doelstelling van de SFPE is:

*"To advance the science and practice of fire protection engineering and its allied fields, to maintain a high ethical standard among its members and to foster fire protection engineering education."*

De SFPE defineert Fire Protection Engineering als volgt [SFPE, 2005]:

**Fire protection engineering** is the application of science and engineering principles to protect people and their environment from destructive fire and includes:

- analysis of fire hazards;
- mitigation of fire damage by proper design, construction, arrangement, and use of buildings, materials, structures, industrial processes, and transportation systems;

---

<sup>11</sup> "Research started in early 1998 and over a period of time elicited definitions of Fire Engineering by CEN, by ISO and by the SFPE. (...) The major problem was to produce definitions which are concise and yet cover the subject matter thoroughly and inclusively. It was considered essential to define Fire Engineering prior to defining a Fire Engineer and it is also important to note that different terminology is used by different people and in different parts of the world and the terms 'Fire Engineer(ing)', 'Fire Safety Engineer(ing)' and 'Fire Protection Engineer(ing)' are synonymous." [IFE, 2005]

- the design, installation and maintenance of fire detection and suppression and communication systems;
- post/fire investigation and analysis.

A **fire protection engineer (FPE)** by education, training, and experience:

- is familiar with the nature and characteristics of fire and the associated products of combustion;
- understands how fires originate, spread within and outside of buildings/structures, and can be detected, controlled, and/or extinguished;
- is able to anticipate the behavior of materials, structures, machines, apparatus, and processes as related to the protection of life and property from fire. [SFPE, 2005]

#### International Organization for Standardization

Ook de International Organization for Standardization (ISO) heeft een definitie ontwikkeld voor Fire Safety Engineering. ISO is een netwerk van de nationale standaardisatie instituten van 156 landen. Het Nederlands Normalisatie-instituut (NNI) is lid van het netwerk. In het ISO TR 13387-1 document is Fire Safety Engineering als volgt gedefinieerd [EC, 2002]:

**Fire safety engineering** is the application of engineering principles, rules and expert judgment based on a scientific appreciation of the fire phenomena, of the effects of fire, and of the reaction and behaviour of people, in order to:

- save life, protect property and preserve the environment and heritage;
- quantify the hazards and risk of fire and its effects;
- evaluate analytically the optimum protective and preventative measures necessary to limit, within prescribed levels, the consequences of fire.

**Fire safety engineering** can be considered under several headings:

- The **process** of fire safety engineering, which is about measurements and relationships, backed by scientific study, for engineering application to the required problems, but where experience and judgment can contribute, as in other engineering disciplines.
- The **context** of fire safety engineering, which is the need to evaluate fire hazard and risk, and to offer fire safety strategies and designs based on performance not prescription.
- The **tools** supporting fire safety engineering, which are the calculation methods (sometimes called models), that describe the measurements, relationships and interactions.
- The **inputs**, which are the physical data for the calculation methods, derived from measurement methods (test etc.).
- The **framework** of fire safety engineering basically comprise the essential core, and, in addition, the transfer of knowledge, which permits an engineering approach, the education and training of users, and the professional recognition of the discipline. [EC, 2002]

In dit onderzoek wordt het begrip 'Fire Safety Engineering' gehanteerd zoals door ISO in opdracht van de Europese Commissie is omschreven, te weten [EC, 2002]:

**Fire safety engineering** is de toepassing van ontwerptechnische uitgangspunten, voorschriften en een expert oordeel dat gebaseerd is op een wetenschappelijke beoordeling van het brandgedrag, de effecten van brand en de reactie en het gedrag van mensen, om:

- slachtoffers te beperken, evenals eigendommen en het milieu te beschermen;
- het gevaar en risico van brand evenals de effecten van brand te kwantificeren;
- de optimale beschermende en brandpreventieve maatregelen te evalueren, die nodig zijn om de gevolgen van brand – binnen vastgelegde niveaus – te beperken.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Uit deze definitie komt naar voren dat Fire Safety Engineering een werkwijze is waarvoor beleid nodig is. Immers, om een wetenschappelijke beoordeling van het brandgedrag en dergelijke te kunnen maken is kennis van Fire Safety Science noodzakelijk. Deze kennis, en de kennis van ontwerptechnische uitgangspunten, wordt ontwikkeld door het uitvoeren van onderzoek en kan toegepast worden wanneer mensen zijn opgeleid en participeren in netwerken. Voor het toepassen van voorschriften is het allereerst noodzakelijk dat er wetgeving bestaat dat Fire Safety Engineering mogelijk maakt. Verder is het nodig dat mensen zijn opgeleid in het toepassen van de voorschriften. Om een expert oordeel te kunnen geven is het nodig dat (gecertificeerde) experts beschikbaar zijn, bijvoorbeeld verenigd in een genootschap zoals IFE en SFPE. Om de gevaren en risico's van brand te kwantificeren, ofwel om een risico-analyse uit te kunnen voeren, zijn onderzoeksgegevens noodzakelijk. Ook de effectiviteit van beschermende en brandpreventieve maatregelen komt uit onderzoek naar voren. Dit onderzoek betreft (i) statistisch brandonderzoek, (ii) evaluatief brandonderzoek en (iii) laboratorium brandonderzoek. Verder zijn instrumenten noodzakelijk die de toepassing van Fire Safety Engineering mogelijk maakt, zoals procesafspraken, simulatie- en rekenmodellen en geformaliseerde testmethoden.

Fire Safety Engineering aspect	Beleidsaspect
Wetenschappelijke beoordeling van gedrag van brand en mensen in relatie tot ontwerptechnische uitgangspunten	Onderzoek en onderwijs
Kwantificeren van gevaren en risico's (risico analyse)	Onderzoek en onderwijs
Evalueren van de effectiviteit van brandpreventieve maatregelen	Onderzoek
Toepassen van Fire Safety Science en ontwerptechnische uitgangspunten	Onderwijs
Toepassen van voorschriften	Wetgeving
Gebruik maken van een expert oordeel	Clusternetwerk

Tabel 2 – Fire Safety Engineering in relatie tot beleid

Er zijn drie wijzen van benadering van Fire Engineering te onderscheiden [RICS, 2005]:

- Gelijkwaardigheid:** Het gelijkwaardige niveau van veiligheid zoals vastgelegd in de wet. Dit is een subjectieve benadering. Fire Engineering wordt veelal op basis van gelijkwaardigheid toegepast. Het standpunt zoals is ingenomen in het Britse 'Approved Document B'<sup>12</sup> is een benadering vanuit gelijkwaardigheid.
- Deterministisch:** Op worst-case scenario gebaseerde maatregelen voor brandveiligheid. Met behulp van berekeningen wordt bepaald hoe lang het bijvoorbeeld duurt voordat de rookontwikkeling levensbedreigend is.

<sup>12</sup> "Fire safety engineering can provide an alternative approach to fire safety. It may be the only practical way to achieve a satisfactory standard of fire safety in some large and complex buildings, and in buildings containing different uses, eg. airport terminals. Fire safety engineering may also be suitable for solving a problem with an aspect of the building design which otherwise follows the provisions in this document." [ODPM, 2000]

Probalistisch: De beperking van de kans op het ontstaan van een ongewenste gebeurtenis. Dit is een vorm van Fire Engineering dat nog sterk in ontwikkeling is, aangezien slechts beperkte data over het ontstaan van brand, de brand- en rookontwikkeling en het evacuatiegedrag bij brand in relatie tot het gebouwoontwerp aanwezig is.

## 2.2 Simulatiemodellen voor Fire Safety Engineering

De fundamentele principes van Fire Safety Science zijn verwerkt in simulatieprogramma's, die als instrumenten voor de beoordeling van de brandveiligheid van een gebouwoontwerp gebruikt kunnen worden. De ASET kan bijvoorbeeld voorspeld worden met behulp van een rookontwikkelings- en rookverspreidingsmodel. En de RSET kan voorspeld worden met behulp van een evacuatiemodel. [Schneider, 2005]

### Brandsimulatiemodellen

In de literatuur zijn tientallen modellen te vinden met betrekking tot de simulatie van allerlei brandprocessen. Al deze modellen zijn terug te leiden naar twee basismodellen, het zonemodel en het veldmodel. Hoewel de meest complexe simulaties op basis van het veldmodel worden gemodelleerd heeft het zonemodel zeker nog niet afgedaan. Voor complexere en/of nauwkeurigere simulaties wordt altijd gebruik gemaakt van het veldmodel en voor de berekeningen van de vergelijkingen wordt vervolgens gebruikt gemaakt van rekentechnieken uit het vakgebied van de 'rekenkundige stromingsleer', de CFD-technieken (computational fluid dynamics). [Rosmuller et al, 2005]

### *Zonemodel en multi-layermodel*

Bij het zonemodel en het multi-layermodel wordt voor een brandcompartiment twee of meer uniforme zones gedefinieerd. Deze modellering is afgeleid van het algemeen bekende gegeven dat in een brandruimte laag bij de grond de lucht het koelst is en dat de hete rookgassen zich vlak onder het plafond verzamelen. Binnen elke zone of laag heersen de continuïteitswetten betreffende behoud van massa en energie [Xiaojun et al, 2005]. Bij zonemodel-voorspellingen worden vier differentiaalvergelijkingen toegepast, te weten voor impuls, energie, temperatuur en massa. Een simpele Bernoulli vergelijking wordt gebruikt om het warmtetransport tussen de koude benedenlaag en de warme bovenlaag te berekenen, gebruik makend van drukverschillen. In werkelijkheid is er geen vaste (rook)kolom tussen de lagen maar zal de interactie tussen de lagen over het hele grensvlak optreden. Het zonemodel voorspelt niet de meest kritische parameter: de brand zelf. De brand wordt als inputgegeven ingevoerd namelijk als toegevoerde warmte per tijdseenheid. De inputdata worden op basis van experimentele branden bepaald. Op de website van de NIST<sup>13</sup> zijn voorbeeldbranden te vinden met de daarbij behorende vuurlast [Forney 2003]. Het zonemodel en het multi-layermodel geven een beperkte benadering van de werkelijkheid, omdat de toestand binnen elke laag uniform wordt verondersteld. Het geeft onder veel condities wel een redelijke schatting van de ontwikkeling van een brand (en rook) in een ruimte.

### *Veldmodel (field model / CFD)*

Het veldmodel (field model) geeft een veel nauwkeuriger simulatie van de werkelijkheid, doordat het brandcompartiment in tientallen tot miljoenen geometrische cellen wordt opgedeeld. Bij het veldmodel worden de behoudswetten van massa, temperatuur, energie en impuls per veld berekend. Dit model kan voor complexere ruimten worden toegepast en zelfs voor openluchtsituaties. Aanvullende vergelijkingen beschrijven andere fysische processen zoals het verbrandingsproces, ventilatiestromen, brandpluimen en warmtetransport door straling, convectie en geleiding. De combinatie van deze submodellen en de zonevergelijkingen kunnen geïntegreerd worden met de Runge-Kutta methode voor gastemperatuur en gasmengverhoudingen van elke laag voor elke tijdstap.

---

<sup>13</sup> <http://fire.nist.gov/fire>



### *Computational fluid dynamics (CFD)*

Het vakgebied van de numerieke stromingsleer (Computational fluid dynamics, CFD) is vrij omvangrijk: het wordt toegepast op langzaam kruipende zeer viskeuze stromingen tot samendrukbare hoge-snelheidsaërodynamika. Voor de bepaling van de fysische verschijnselen staan meerdere methoden ter beschikking:

- eindige (Finite) Differentie Methode (FDM) op basis van bijvoorbeeld Taylor-reeks expansies;
- eindige Elementen Methode (FEM) is vooral bekend uit de sterkteleer, waar dezelfde technieken toegepast worden zij het met andere differentiaalvergelijkingen;
- eindige Volumemethode (FVM) lijkt op het eerste gezicht op FEM. De behoudswetten (voor impuls, massa, energie enzovoorts) worden met behulp van het theorema van Gauss geïntegreerd over volume elementen, normaliter cellen genoemd. Dit houdt onder andere in dat in alle omstandigheden (ook bij een grof model) per definitie aan alle behoudswetten voldaan wordt;
- overigen zoals de spectrale methode en cellulaire automata.

Uit de praktijk is gebleken dat elke nu bekende numerieke methode struikelt over de complexiteit van turbulente stroming bij voldoende hoge Reynoldsgetallen, wat typisch is voor de brandfysica [Novozhilov 2001].

De techniek van CFD is nog volop in ontwikkeling. Novozhilov (2001) beschrijft deze ontwikkeling uitvoerig, daarbij de prestaties van de zonemodellen afzettend tegen de veldmodellen. Binnen de veldmodellen maakt hij vervolgens een vergelijk tussen de modellering volgens het Reynolds-middeling / Navier-Stokesvergelijkingen (RANS-model) en de Large Eddy Simulation (LES). Uit zijn analyse is op te maken dat op alle niveaus in het model en de submodellen aannames gemaakt worden en beperking aan het bereik gesteld worden. Voor een goed inzicht in de validiteit van brandsimulaties is tenminste kennis van deze beperkingen vereist [Novozhilov 2001].

Nauwelijks onderzocht en daarom (nog) niet gemodelleerd is de vraag hoe voorspelbaar brand feitelijk is. De stochastische eigenschappen van turbulentie en de gevoeligheid voor initiële en omgevingsfactoren kunnen bij een brandscenario leiden tot meerdere brandverlopen [Novozhilov 2001]. Het fenomeen branduitbreiding is op het ogenblik dan ook het grootste en belangrijkste probleem voor de simulatieontwikkelaars. Daarnaast wordt ingezet op de ontwikkeling van voorspellingsmethoden voor de samenstelling van verbrandingsgassen, in het bijzonder de verhouding van giftige, levensbedreigende componenten. De toepassing van de CFD-techniek is bovendien onvermijdelijk wanneer evacuatie en het blusproces bij de simulatie wordt betrokken.

### Evacuatiesimulatiemodellen

De evacuatie simulatiemodellen zijn gebaseerd op drie verschillende rekenkundige theorieën, te weten [Helbing et al, 2001]:

- gas-kinetic theory;
- fluid-dynamic theory;
- microsimulation / granular flow theory.

Bij de gas-kinetic theory wordt uitgegaan van vrije bewegingen en van een bepaalde gewenste onderlinge afstand tussen personen (en objecten). Deze theorie is toepasbaar op situaties met een lage bezettingsgraad maar niet op evacuaties. Bij een gemiddelde en hoge bezettingsgraad, dus in geval van (gedwongen) evacuatie, moet de fluid-dynamic en granular flow theory worden toegepast. Bij de fluid-dynamic theory wordt onder andere uitgegaan van het natuurkundige fenomeen van schokgolven, zoals die bij duwbewegingen in mensenmassa's

worden waargenomen. Bij de granular flow theory wordt onder andere uitgegaan van het fenomeen van segregatie en stratificatie, zoals die bij bewegingen van mensenmassa's worden waargenomen in de vorm van rijvorming en het 'zandlopereffect' nabij bottlenecks (deuren en dergelijke) [Helbing et al, 2001].

Helbing et al. (2001) stellen dat er verschil is in simulatie van loopbewegingen bij normale situaties en bij noodsituaties. De overgang tussen 'rationeel' normaal gedrag en 'irrationeel' gedrag bij paniek<sup>14</sup> wordt beïnvloed door de parameter 'nervositeit'. Deze parameter heeft vervolgens weer invloed op de interacties tussen mens-mens, mens-gebouw en mens-brandontwikkeling. Dit wordt het 'social force concept' genoemd. De granular flow theory is op dit concept gebaseerd. In het social force concept wordt – bij loopbewegingen in normale situaties - rekening gehouden met de neiging van personen om een bepaalde afstand te houden tussen andere personen en objecten (repulsive social force). Ook wordt rekening gehouden met tijdafhankelijke attractieve interacties richting vluchtroute-aanduidingen en dergelijke<sup>15</sup> (attractive social force). Verder is het fenomeen van 'samen uit, samen thuis' in het social force concept meegenomen, ofwel het fenomeen dat bijvoorbeeld familieleden elkaar weer opzoeken wanneer zij elkaar tijdens de evacuatie uit het oog verliezen (joining behavior force). In noodsituaties wordt bovendien rekening gehouden met duwbewegingen (physical interaction forces) en met 'repulsive social forces' die veroorzaakt worden door een vuurfront [Helbing et al, 2001].

Gwynne et al. (1999) maken een onderverdeling van modellen door het verschil in perspectief te benoemen van waaruit het evacuatieprobleem wordt benaderd. Er zijn drie perspectieven te onderscheiden, namelijk de benadering vanuit optimalisering, simulatie of risicobeoordeling. Deze onderverdeling in benadering is van belang bij de beoordeling van de uitkomsten van de simulatie.

In optimaliseringmodellen wordt uitgegaan van een evacuatie die zo efficiënt mogelijk verloopt. Hierbij wordt aangenomen dat de gekozen route de meest korte is, dat de capaciteit van uitgangen optimaal is, evenals de doorstroomkarakteristieken van de mensen die geëvacueerd worden. De groep evacués wordt hierbij als een homogene massa beschouwd, zonder rekening te houden met individuele karakteristieken en gedragskenmerken. In simulatiemodellen wordt ook het gedrag van mensen tijdens evacuaties meegenomen. Deze modellen proberen naast de verplaatsing van de personen ook het proces van besluitvorming en het zoeken van de route naar een veilige omgeving in het model mee te nemen. Risicobeoordelingmodellen zijn simulatiemodellen waarin ook de effecten van brand, rook en hitte op de evacués is meegenomen. [Gwynne et al, 1999]

Verder kan een onderverdeling gemaakt worden in de manier waarop de ruimte is weergegeven. Er zijn twee manieren, namelijk het gebruik van een fijn netwerk en het gebruik van een grof netwerk. Een fijn netwerk verdeelt de ruimte in een aantal gridcellen waar de personen in en uit bewegen. De vorm en omvang van de cellen verschilt per model. Een grof netwerk gebruikt de geometrische structuur van het gebouw(ontwerp). [Gwynne et al, 1999] Dit verschil in de fijnmazigheid van het netwerk is van belang voor de nauwkeurigheid van de simulatie en voor de benodigde rekenkracht van het programma.

Een andere onderverdeling kan gemaakt worden in de manier waarop de aanwezige personen worden beschouwd. Dit kan vanuit een individueel gezichtspunt of vanuit een

---

<sup>14</sup> Tijdens het congres PED2005 is gesproken over termen en definities. Zo is het niet juist de term 'panic' te gebruiken in het vakgebied van evacuatieonderzoek. Wanneer men spreekt over het type gedrag in noodsituaties moet de term 'emergency behavior' worden toegepast. Dit omdat de definitie van 'panic' refereert aan irrationeel gedrag, terwijl uit evaluaties van evacuaties is gebleken dat het gedrag bij noodsituaties niet irrationeel is.

<sup>15</sup> Window displays, sights or special attractions

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

groepspectief. Bij de eerste methode wordt onderscheid gemaakt in het evacuatiegedrag van verschillende personen. Bij de laatste methode worden de evacués als een massa beschouwd en kan het effect van brand, rook en hitte op de evacués niet worden meegenomen. [Gwynne et al, 1999]

Ook is er een classificatie mogelijk door een onderverdeling te maken in het perspectief van waaruit het menselijke gedrag wordt beschouwd. Er zijn vijf verschillende perspectieven [Gwynne et al, 1999]:

- geen gedragsregels – modellen waarin alleen de bewegingsaspecten zijn meegenomen;
- impliciet gedrag – modellen die het gedrag proberen weer te geven door rekening te houden met reactietijd of persoonlijke kenmerken, die gebaseerd zijn op secundaire data en psychologische en sociale invloeden omvatten;
- functionele analogie – modellen waarin een set van vergelijkingen wordt toegepast op de gehele populatie; de vergelijkingen bepalen volledig de reactie van de populatie; meestal zijn de vergelijkingen overgenomen uit een ander vakgebied, bijvoorbeeld uit de natuurwetenschappen;
- op regels gebaseerd (conditioneel) gedrag – modellen waarin besluiten genomen kunnen worden die gebaseerd zijn op een vooraf gedefinieerde set van regels; deze regels zijn gebaseerd op een "if, then" methode; de meeste op regels gebaseerde modellen zijn stochastisch;
- artificial intelligence (AI) – modellen die de menselijke intelligentie proberen te simuleren.

De rekenkundige theorie van microscopische simulatie / granular flow theory is state-of-the-art, aangezien simulaties volgens deze rekenkundige theorie het meest overeenkomen met de bewegingen in mensenmassa's zoals die bij werkelijke incidenten en evacuatie-experimenten worden waargenomen. Bovendien is het met microscopische simulatie / granular flow theory mogelijk rekening te houden met individuele gedragsaspecten bij evacuaties.

Casburn onderscheidt drie vormen van microsimulatiemodellen (microscopisch model) [Casburn, 2005]:

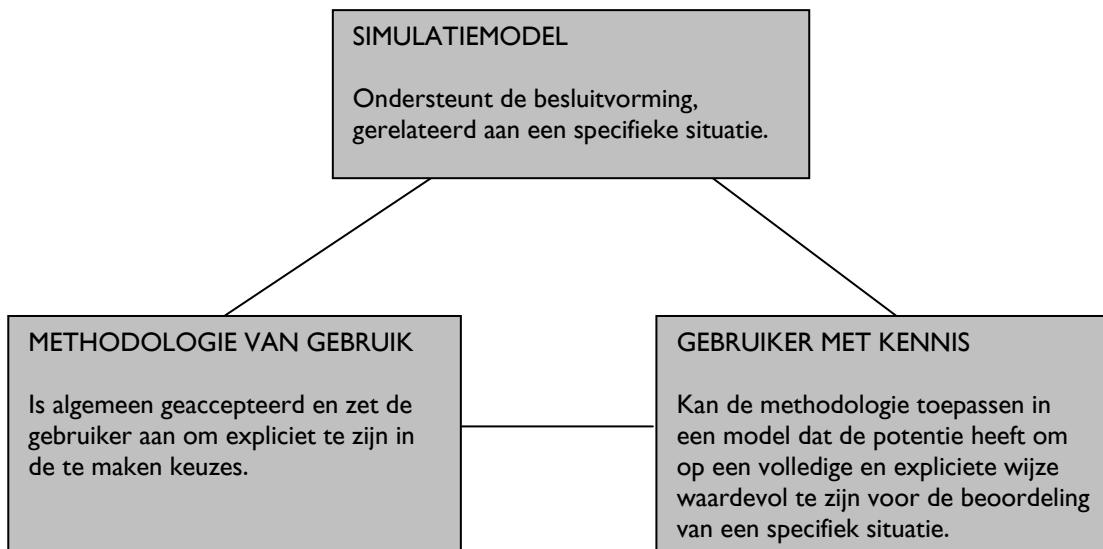
- Cellular Automata;
- Behavioral force models (ook wel aangeduid met de term 'social force models');
- Agent-based models.

## Beperkingen van de toepassing van simulatiemodellen

Zoals hiervoor beschreven zijn er verschillende typen simulatiemodellen die voor specifieke situaties geschikt zijn, maar niet voor alle situaties. Vaak is het voor de gebruiker niet duidelijk wat de specifieke capaciteiten, toepassingsgebieden en beperkingen van de toegepaste simulatiemodellen zijn. Verder is er een verschil in kwalitatieve benadering van de realiteit van de modeluitkomsten (in de zin van het ontdekken van trends) en in de kwantitatieve benadering van de realiteit. Het gebruik van simulatiemodellen als onderdeel van het besluitvormingsproces met betrekking tot de brandveiligheid van een gebouwontwerp kan door het verschil in het toepassingsgebied van simulatiemodellen leiden tot een onacceptabel ontwerp. Er zijn namelijk een aantal voorwaarden verbonden aan een acceptabel gebruik van simulatiemodellen. Beard (2005) heeft hiervoor een 'fire design triangle' opgesteld. Dit model is in figuur 4 weergegeven.

Beard (2005) stelt dat het noodzakelijk is om onafhankelijke assessments uit te voeren op de simulatiemodellen. Deze assessments moeten een rationele en uitgebreide basis hebben en leiden tot verantwoorde conclusies. Deze assessments moeten uitgevoerd worden door een onafhankelijk instituut, dat vaststelt onder welke condities een model toegepast kan worden. Hierbij wordt door Beard opgemerkt dat een interactie van het onafhankelijke instituut met

lokale beleidsmakers, zoals bouw- en woningtoezicht en brandweerkorpsen, wenselijk is. Overigens wordt met 'onafhankelijk' hier bedoeld op het feit dat het instituut zelf geen (financieel) belang heeft in de kwalificatie van specifieke simulatiemodellen. Verder moet door dit instituut een methodologie van gebruik vastgesteld worden en moeten de competenties van 'geaccepteerde gebruikers' vastgesteld worden. Competenties moeten onder andere gericht zijn op de aanwezigheid van kennis van Fire Safety Science (op hoofdlijnen) en op de aanwezigheid van gedetailleerde kennis van het simulatiemodel dat door deze gebruiker toegepast wordt. [Beard, 2005]



Figuur 4 – Fire design triangle

Krusse (2005) stelt bovendien dat engineering methoden, zoals toegepast in simulatiemodellen, te weinig gebaseerd zijn op probabilistische veiligheidsconcepten<sup>16</sup>. Vaak worden de volgende aspecten genegeerd:

- mogelijkheid dat brandpreventieve veiligheidsmaatregelen falen;
- variatie in de parameters van een simulatiemodel;
- onzekerheid van de uitkomsten van een simulatiemodel.

Ook is de reactietijd en interventie van brandweer vaak niet in de simulaties meegenomen. Deze ontbrekende componenten kunnen gecompenseerd worden door gebruik te maken van een veiligheidsconcept dat gebaseerd is op risico-inschatting. Er zijn zes risico-aspecten te onderscheiden [Krusse, 2005]:

- R1 – sterkte van gebouwconstructie;
- R2 – kans op falen van brandpreventieve maatregelen;
- R3 – ontvluchttingsmogelijkheden van gebruikers;
- R4 – redmogelijkheden van de brandweer;
- R5 – belang van het behoud van het gebouw (bijvoorbeeld bij een monument);
- R6 – te verwachten economische schade.

Het uiteindelijke risico-niveau van een gebouw kan bepaald worden door de waarde van de zes risico-aspecten bij elkaar op te tellen.

<sup>16</sup> Probabilistische veiligheidsconcepten gaan uit van een 'meest waarschijnlijk' scenario, ook wel 'maatscenario' genoemd, dat is vastgesteld op basis van een kansberekening. Deterministische veiligheidsconcepten gaan uit van een 'worst case scenario', waarbij de rampzalige effecten van het scenario maatgevend zijn.

### 3. Samenhang tussen fundamentele principes brandveiligheid

De wetenschappelijke benadering van brandveiligheid wordt aangeduid met 'Fire Safety Science'. Brandveiligheid is de mate waarin personen bij brand zelfstandig en op veilige wijze een gebouw kunnen verlaten of op een veilige plaats kunnen wachten en op veilige wijze door de brandweer kunnen worden gered<sup>17</sup>. Brand is een ongewenste verbranding van brandbaar materiaal (in een gebouw). De brandveiligheid van een gebouw wordt bepaald door de RSET en de ASET. De RSET is de tijd die nodig is voor evacuatie en/of voor redding. De ASET is de tijd die verstrijkt voordat de ontwikkeling van rook en hitte zodanig groot is dat deze levensbedreigend is. Wanneer de ASET groter is dan de RSET dan is sprake van brandveiligheid. Zowel de ASET als de RSET wordt beïnvloed door het gebouwontwerp. Met het begrip gebouwontwerp wordt verwezen naar de fysieke vormgeving van een gebouw, dat voorwaarden schept voor een veilige ontvluchting en een veilige interventie door de brandweer.

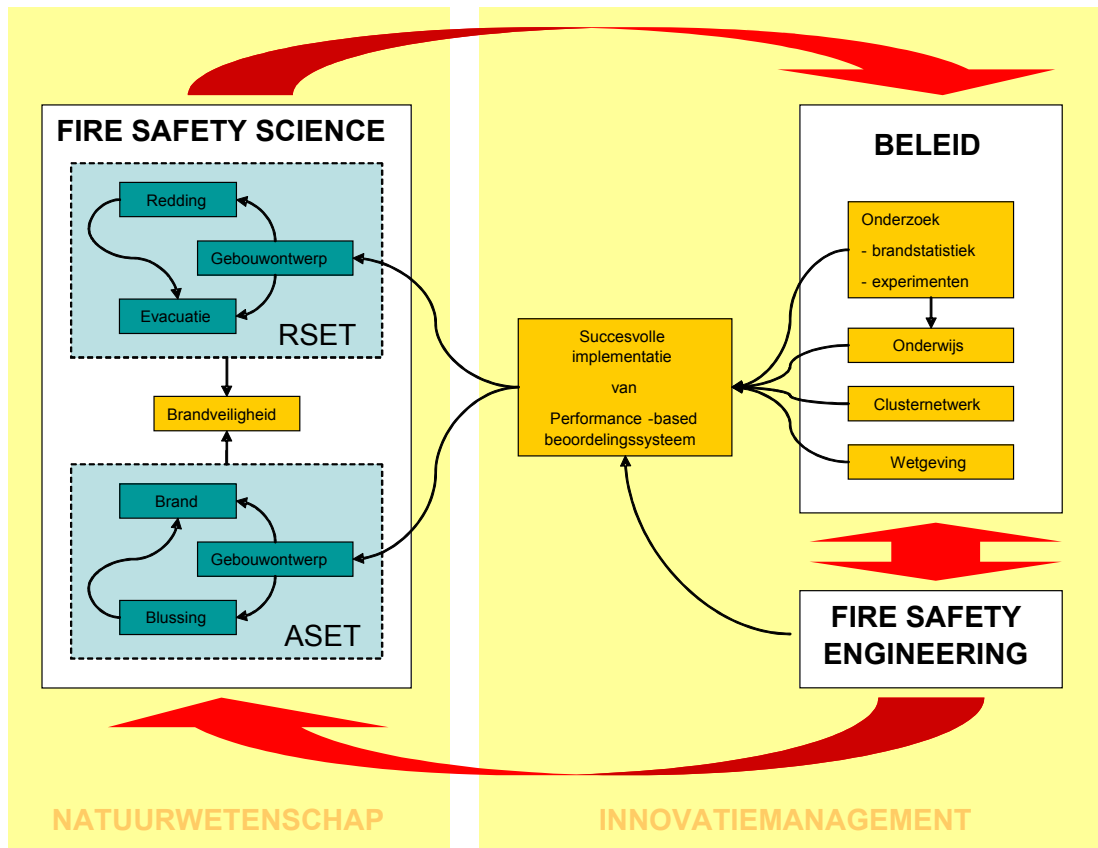
Het gebouwontwerp is van invloed op de brandontwikkeling en de evacuatie. Zo heeft het gebruik van niet of nauwelijks brandbaar en rookproducerend materiaal een positieve invloed op de beperking van het brandgevaar, aangezien de brand- en rookontwikkeling wordt beperkt. De hoogte van een ruimte bepaalt onder andere hoe lang duurt voordat de rook bedreigend wordt voor de aanwezige personen. De aanwezigheid en uitvoering van brandmeld- en ontruimingsalarminstallaties bepaalt (onder andere) hoe snel een brand wordt ontdekt. De complexiteit van het gebouwontwerp bepaalt of en hoe snel mensen een weg naar een veilige plaats kunnen vinden. Evacuatie is de tijd die nodig is voor het ontdekken van de brand, de besluitvorming en voor de verplaatsing naar een veilige plaats.

Verder kunnen in het gebouwontwerp preventieve maatregelen worden genomen die een vroege (automatische) blussing en een veilige redding van niet-zelfredzame personen mogelijk maken. Daarmee heeft het gebouwontwerp ook invloed op blussing en redding. Met het begrip redding wordt verwezen naar de tijd die verstrijkt bij het wachten op de brandweer en de verplaatsing naar een veilige plaats. Blussing is een brandbestrijdingsinterventie, bijvoorbeeld door de brandweer of door een installatie in een gebouw, waarmee de brandontwikkeling en de rookontwikkeling eerst wordt beperkt en vervolgens wordt gestopt. Blussing heeft een negatieve invloed op de brandontwikkeling en daarmee een positieve invloed op de brandveiligheid. De aanwezigheid van voorzieningen zoals bijvoorbeeld een brandweerlift en een rook- en warmte afvoerinstallatie maakt een snelle en veilige redding mogelijk. Redding heeft een positieve invloed op de snelheid van evacuatie en daarmee op de brandveiligheid.

In figuur 5 zijn de aspecten die de brandveiligheid van een gebouwontwerp bepalen schematisch weergegeven.

---

<sup>17</sup> Deze definitie is ontleend aan de uitgangspunten van het Bouwbesluit en de Bouwverordening. Deze uitgangspunten zijn dat brand met de inzet van één tankautospuiter kan worden beheerst en dat mensen zelfstandig uit een onveilig gebied kunnen vluchten.



Figuur 5 – Fundamentele principes van brandveiligheid

De mate van de brandveiligheid van een gebouwontwerp wordt bepaald door de uitgangspunten die in het beoordelingssysteem voor brandveiligheid zijn vastgesteld. De aanname is dat een performance-based beoordelingssysteem een positieve invloed heeft op het brandveiligheidsniveau van een gebouwontwerp. Momenteel is een dergelijk systeem in Nederland niet aanwezig. Dit leidt tot de hypothese dat een succesvolle implementatie van een performance-based beoordelingssysteem een positieve invloed heeft op de (beoordeling van de) brandveiligheid van een gebouwontwerp.

De uitgangspunten voor een brandveilig gebouwontwerp vallen onder de noemer 'Fire Safety Science'. De toepassing van Fire Safety Science voor de bepaling van de brandveiligheid van een gebouwontwerp wordt Fire Safety Engineering genoemd. De veronderstelling is dat de uitvoering van Fire Safety Engineering een positieve invloed heeft op de toepassing en ontwikkeling van Fire Safety Science en op het succes van de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem.

Om Fire Safety Engineering toe te kunnen passen is het nodig dat de gebruikers kennis hebben van Fire Safety Science. Onderwijs heeft daarmee een positieve invloed op het succes van de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem. Fire Safety Science wordt ontwikkeld door het uitvoeren van onderzoek. Om te kunnen bepalen welke brandpreventieve maatregelen in een gebouwontwerp een positieve invloed hebben op de brandveiligheid, moeten gegevens uit brandevaluaties en uit experimenten verzameld en geanalyseerd worden. Door de informatie die verkregen is uit onderzoek te implementeren in onderwijs, wordt de kennis over brandveiligheid verspreid aan de gebruikers van een performance-based beoordelingssysteem.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

De aanname is dat wanneer informatie van bijvoorbeeld gebruikers, beleidmakers, onderzoekers en systeemontwikkelaars van simulatiesoftware aan elkaar wordt uitgewisseld<sup>18</sup>, de effectiviteit van een performance-based beoordelingssysteem verhoogt. Wanneer de effectiviteit hoog is, wordt het systeem eerder en beter toegepast. De informatie-uitwisseling in een clusternetwerk heeft daarmee een positieve invloed op het succes van de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem en op de uitvoering van Fire Safety Engineering. In een clusternetwerk worden alle partijen die werkzaam zijn in het veld van brandpreventie samengebracht.

De aanname is verder dat een verandering in de huidige wetgeving noodzakelijk is om een performance-based beoordelingssysteem in te kunnen voeren. De vervanging van de huidige wetgeving door een volledig performance-based beoordelingssysteem heeft naar verwachting een positieve invloed op de uitvoering van Fire Safety Engineering. De hypothese is dan ook dat een gewijzigde wetgeving zowel direct als indirect een positieve invloed op het succes van de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem.

Zoals hiervoor is beschreven, beïnvloeden het beleid voor brandveiligheid en de uitvoering van Fire Safety Engineering elkaar. De uitvoering van Fire Safety Engineering heeft een positieve invloed op de toepassing en ontwikkeling van Fire Safety Science. De ontwikkeling van Fire Safety Science heeft weer invloed op het beleid voor brandveiligheid. En daarmee blijven Fire Safety Science, het beleid voor brandveiligheid en Fire Safety Engineering elkaar voortdurend beïnvloeden. De aanname is dat deze voortdurende beïnvloeding innovaties binnen het gebouwontwerp en binnen instrumenten voor uitvoering van Fire Engineering (zoals simulatiesoftware) stimuleren. Fire Safety Engineering is daarmee een innovatiegerichte benadering van brandpreventie.

---

<sup>18</sup> Wisselwerking tussen overheid, universiteiten en industrie (Triple Helix). Zie verder hoofdstuk 3 paragraaf 1.3.

# HOOFDSTUK 3

## Innovatiebehoefte

In dit hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de factoren die bepalend zijn voor een succesvolle implementatie van een performance-based beoordelingssysteem. Verder wordt het Nederlandse brandveiligheidsbeleid vergeleken met performance-based systemen uit het buitenland. Tot slot wordt de innovatiebehoefte voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem uiteengezet.

### 1. Innovatietheorie in relatie tot Fire Safety Engineering

#### 1.1 Innovatie

Innovatie wordt door Zaltman et al. (1973) gedefinieerd als een idee, toepassing of voorwerp dat als nieuw wordt beschouwd door de betreffende organisatie/afdeling die de innovatie overneemt of toepast (adopteert) [Dewar & Dutton, 1986]. Dewar en Dutton (1986) maken vervolgens een onderscheid tussen radicale en incrementele innovaties. Het belangrijkste verschil tussen de twee type innovaties is de mate van nieuwe technologische procesinhoud dat de innovatie omvat, en daarmee de mate van nieuwe kennis dat in de innovatie is vastgelegd. Radicale innovaties zijn fundamentele veranderingen die revolutionaire technologieveranderingen representeren. Deze innovaties vertegenwoordigen duidelijke afwijkingen van de bestaande toepassing. Incrementele innovaties zijn daarentegen vrij kleine verbeteringen van of een simpele aanvullingen op de bestaande technologie. [Dewar & Dutton, 1986] Damanpour en Evan (1984) geven aan dat een innovatie - naast een product, een dienst, een organisatorisch proces, een administratief programma, of een technologie ook een beleid of een aan leden van een organisatie gerelateerd systeem kan zijn. [Damanpour & Gopalakrishnan, 1998]

De innovatie die in dit onderzoek onderzocht wordt is een performance-based beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen. Het nieuw toe te passen beoordelingssysteem is gebaseerd op Fire Safety Science. Deze wetenschap is in Nederland nog sterk in ontwikkeling en het nieuwe beoordelingssysteem kent instrumenten<sup>19</sup> die in het huidige beoordelingssysteem nog niet of nauwelijks worden toegepast. Fire Safety Engineering is de geformaliseerde werkwijze die binnen het performance-based beoordelingssysteem wordt toegepast. De belangrijkste pijler van Fire Safety Engineering is het conceptueel denken over brandveiligheid. Deze wijze van benadering blijkt in de praktijk momenteel door met name de gemeentelijke handhavers als lastig te worden ervaren [Coppens et al, 2003; Van der Veek & Horsley, 2003]. Volgens de definities van radicale en incrementele innovaties, zoals gegeven door Dewar & Dutton, kan de te onderzoeken innovatie omschreven worden als een radicale innovatie.

In het gebouwo ontwerp, de wetgeving en in risico-analyses wordt kennis over het brandgedrag, het menselijk gedrag en over interventies toegepast. Deze kennis is het resultaat van fundamenteel en laboratorisch onderzoek. Door toepassing van Fire Safety Engineering wordt vervolgens ook nieuwe kennis gegenereerd, met name door het uitvoeren van onderzoek naar de effectiviteit van brandpreventieve (en repressieve) maatregelen in de vorm van brandevaluaties en door het verzamelen van statistische informatie. Kennis van Fire Safety Science is daarmee het cruciale element van de radicale innovatie.

---

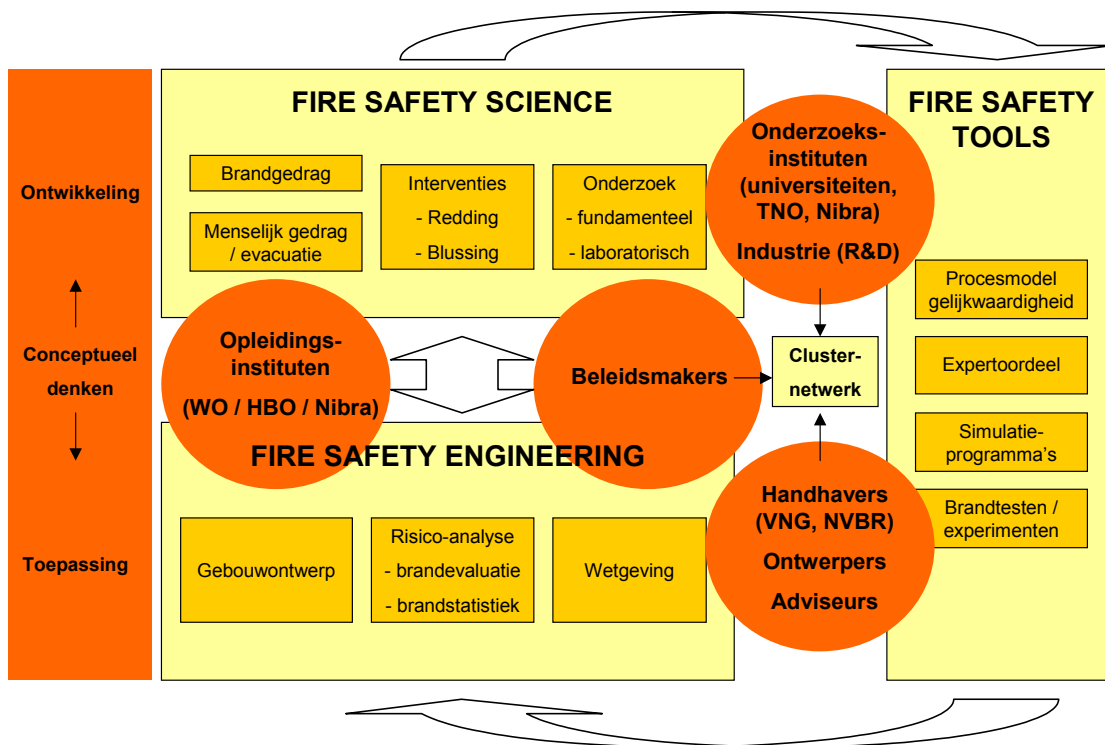
<sup>19</sup> Fire Safety Tools.



# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

In figuur 6 is het te implementeren beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen weergegeven. In dit figuur is ook de plaats van de spelers in het veld (het sociale systeem) weergegeven.



Figuur 6 – Beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen. De innovatie en de 'spelers in het veld'.

## 1.2 Adoptie en diffusie van innovatie

In de literatuur over de adoptie en diffusie van innovaties worden verschillende factoren onderscheiden die de adoptie beïnvloeden [CSLS, 2005; Tidd et al, 2001; Premkumar & Roberts, 1999]. Rogers (1995) onderscheidt bijvoorbeeld vijf categorieën van factoren, te weten:

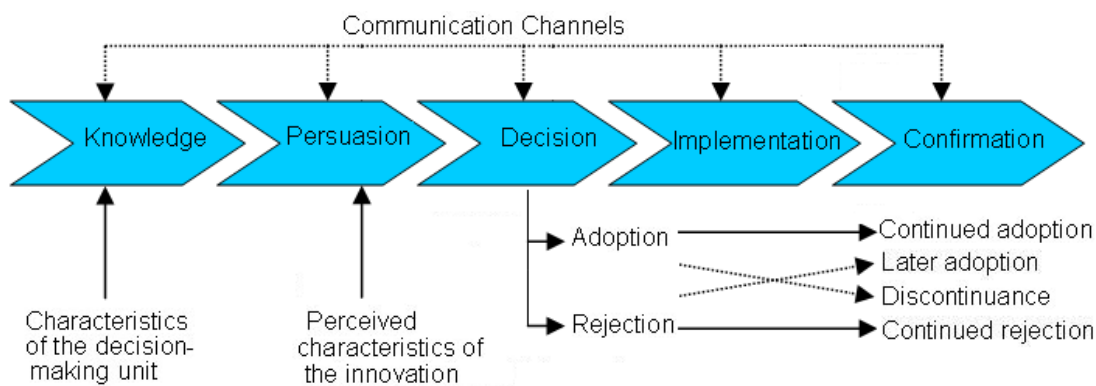
- het relatieve voordeel van de innovatie;
- de aansluiting van de innovatie op de bestaande werkwijze van de adopter en op de algemeen geldende sociale normen;
- de complexiteit van de innovatie;
- het gemak waarmee de potentiële adopter met de innovatie kan experimenteren;
- het gemak waarmee de potentiële adopter de resultaten van de innovatie kan evalueren.

Met betrekking tot de adoptie van informatie-technologische innovaties (zoals brandsimulatiemodellen) blijken met name het relatieve voordeel, de aansluiting op bestaande systemen en de complexiteit van de innovatie van invloed [Premkumar & Roberts, 2005].

Met betrekking tot de adoptie van radicale innovatieve ideeën onderkennen Dewar en Dutton (1986) dat slechts weinig van deze ideeën geadopteerd worden, tenzij de organisatie de beschikking heeft over de benodigde interne kennisbronnen (complexiteit en kennisdiepgang) om het idee te interpreteren en in het bestaande werkproces op te nemen. Bovendien wordt de omvang van de organisatie als een indicator beschouwd voor een succesvolle adoptie van een radicale procesinnovatie. De mate waarin een organisatie toegang

heeft tot externe informatie (zoals via internet) blijkt geen indicator voor een succesvolle adoptie van een radicale procesinnovatie te zijn. Volgens Ettlie et al. is de aanwezigheid van extensieve kennis, in de vorm van technologische specialisten (specialist brandpreventie en Fire Safety Engineer), wel een indicator voor een succesvolle adoptie van radicale innovaties. [Dewar & Dutton, 1986] Onderwijs in Fire Safety Engineering is daarmee een belangrijk beleidsaspect voor de implementatie van het nieuwe beoordelingssysteem.

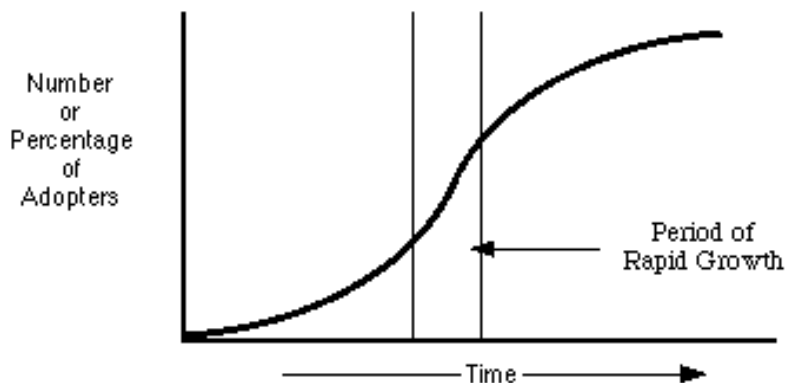
Diffusie is de verspreiding van de innovatie binnen een sociaal systeem. Het sociale systeem dat verbonden is aan het beoordelingssysteem voor brandveiligheid bestaat uit onderzoeksinstituten, opleidingsinstituten, beleidsmakers, gebouwonwerpers, brandveiligheidsadviseurs, gemeentelijke handhavers en de ontwikkelaars van Fire Safety Engineering instrumenten (zoals brandsimulatiemodellen). Dit sociale systeem kan ook als clusternetwerk worden aangeduid. Het diffusieproces van een innovatie kent volgens Rogers vijf verschillende fasen, zoals in figuur 7 is weergegeven.



Figuur 7 – Vijf fasen van het innovatie diffusieproces

De belangrijkste motivatie voor een organisatie om een nieuwe technologie, of werkproces, over te nemen is de te verwachten voordelen van de innovatie. Deze voordelen moeten in de verschillende fasen van het diffusieproces gecommuniceerd worden aan potentiële adopters. Er zijn twee aanleidingen om een innovatie over te nemen. Dit kan vanuit de 'technology push' benadering, waarbij de diffusie vanuit hogere autoriteiten (zoals de overheid) via bijvoorbeeld wetgeving of subsidies aanbevolen wordt aan lagere autoriteiten. De andere benadering is de 'market pull' benadering, waarbij bij de potentiële adopters de behoefte bestaat aan de innovatie en er sprake is van een 'bottom-up' diffusie. Bij de innovatie van het beoordelingssysteem voor brandveiligheid lijkt sprake te zijn van zowel een technology push als van een market pull benadering. De technology push bestaat enerzijds uit het aanbod van vergunningaanvragen waarin gebruik gemaakt wordt van gelijkwaardigheid. De ontwerpers en vergunningaanvragers zijn hierbij de bepalende partijen. Anderzijds kan de (Europese) overheid beslissen om over te gaan op een performance-based beoordelingssysteem. De market pull bestaat uit de behoefte van zowel ontwerpers als handhavers aan een verduidelijking van de toe te passen toetscriteria voor gelijkwaardigheid.

De snelheid van diffusie wordt gekenmerkt door een S-curve, zoals in figuur 8 is weergegeven.



Figuur 8 – Diffusie snelheid

De snelheid van diffusie wordt beïnvloed door een aantal externe of sociale condities, te weten [CSLS, 2005]:

- of het besluit van adoptie een collectief besluit is, een individueel besluit of een besluit dat genomen is door een centrale autoriteit;
- de keuze van communicatiekanalen die gebruikt zijn om informatie over de innovatie te vergaren;
- de kenmerken van het sociale systeem waarin de potentiële adopters zijn ingebed, de normen van het sociale systeem en de mate van interconnectie tussen de leden van het systeem;
- de mate waarin de veranderaars / promotors de innovatie aanbevelen.

Verder is de snelheid van diffusie afhankelijk van (i) de mate van onzekerheid over de voordelen van de innovatie en (ii) de kosten die gemoeid zijn met het leren toepassen van de innovatie.

### 1.3 Assimilatie van innovatie

Behalve de adoptie en diffusie van een innovatie is volgens Purvis et al. (2001) ook de assimilatie van een innovatie binnen de organisatie van belang. Assimilatie is de mate waarin de innovatie in projecten of werkprocessen toegepast wordt en een routine wordt. Aan assimilatie is een leerproces verbonden, waarin de vijf eerder genoemde adoptiefactoren van Rogers (1995) van belang zijn. [Purvis et al, 2001]

Drejer en Jørgensen (2005) definiëren kennis als het 'statische deel' van wetenschap, terwijl onderzoek beschouwd kan worden als het 'actieve deel' dat nieuwe kennis creëert.

Aangezien een economische vooruitgang meer en meer gerelateerd is aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe kennis, bestaat er een behoefte aan communicatie, netwerken en samenwerking tussen ontwikkelaars en gebruikers van kennis. En met de accelererende technologische ontwikkeling en exponentiele groei van kennis is er een behoefte aan de ontwikkeling van een geschikte beleidsmaatregel dat de transfer van kennis tussen wetenschap en industrie faciliteert. [Drejer & Jørgensen, 2005]

Volgens Drejer en Jørgensen (2005) is de voornaamste rol van de overheid om mechanismen die een brug vormen tussen industrie en openbaar onderzoek te promoten. Zij verwijzen hierbij naar het Triple Helix model van Etzkowitz en Leydesdorff (2000). De Triple Helix omvat de (i) industrie, (ii) de universiteiten en (iii) de overheid, waarbij de overheid, in het proces van kenniscreatie, als intermediair optreedt tussen publieke onderzoeksinstituten en industrie. De Triple Helix benadering richt zich op de 'communicatie en verwachtingen binnen het netwerk' die de institutionele afspraken tussen universiteiten, industrieën en overheidsinstelling opnieuw vorm geven. Over de interactie tussen wetenschap en industrie, en in het bijzonder te mechanisme die de creatie en verspreiding van kennis bevorderen is echter nog maar relatief weinig bekend. [Drejer & Jørgensen, 2005]

#### 1.4 Lerende organisatie en conceptueel denken

Tickner en Geiser (2004) hebben in de Verenigde Staten onderzoek gedaan naar de stimuli voor de verandering in wetgeving op gebied van milieuveiligheid, waarbij sprake is van de noodzaak van een shift van probleemgeoriënteerde milieuwetgeving naar een oplossingsgericht beleid. Volgens Tickner en Geiser (2004) vormen 'alternatieve assessments' een essentieel component van de noodzakelijke shift. Zij definiëren oplossingsgericht beleid als een holistisch, integraal beleid dat ontworpen is om risico's vanuit de bron te voorkomen, lange termijn doelstellingen te bereiken, en innovatie met betrekking tot veiligere en schonere vormen van productie, producten en activiteiten te stimuleren. Voor een dergelijke shift is adequaat onderzoek noodzakelijk, zijn nieuwe beoordelingsinstrumenten nodig en is de commitment van de overheid aan een nieuw paradigma van milieuveiligheid vereist. [Tickner & Geiser, 2004] Deze opvatting is ook van toepassing op het beleid voor Fire Safety Engineering. De holistische, integrale aanpak komt overeen met het conceptueel denken over veiligheid. Het procesmodel gelijkwaardigheid en andere nieuwe instrumenten, die geschikt zijn een performance-based beoordeling voor de brandveiligheid van complexe gebouwen, zullen ontwikkeld of verder uitgewerkt moeten worden. Bovendien is het noodzakelijk dat de gebruikers, zoals ontwerpers, adviseurs en handhavers, met deze nieuwe instrumenten leren werken. Zoals Drejer en Jørgensen (2005) aangeven is de rol van de overheid hieraan voornamelijk die van intermediair en aanjager.

Het accent in de wetgeving op risk-based besluitvormingsprotocollen wordt door Uddameri (2002) gezien als een belangrijke stap richting een gedecentraliseerde besluitvorming dat zowel wetenschappelijk onderbouwd als kosteneffectief is. De succesvolle implementatie van een 'risk-based corrective action' (RBCA) benadering en de bekendmaking van nieuwe wetgeving voor milieuveiligheid (in de VS) vertegenwoordigt een kennisgeoriënteerde paradigma shift op gebied van milieumanagement. De toepassers van de RBCA-benadering en de nieuwe wetgeving richten zich in toenemende mate op resultaten uit fundamenteel onderzoek. Dit doen zij om begrip te krijgen van de technische processen die kunnen leiden tot een schoner milieu. Deze nieuwe kennis helpt hen om creatieve en pragmatische oplossingen te bedenken. Ondanks de toenemende interesse in de fundamentele uitgangspunten voor milieuveiligheid bestaat er (in de Verenigde Staten) nog steeds een aanzienlijk verschil tussen de aanwezige state-of-the-art wetenschappelijke kennis en de mate waarin deze kennis wordt toegepast in het besluitvormingsproces binnen de milieuwetgeving. De creatie van nieuwe wetenschappelijke kennis blijft doorgaan waardoor het voor een succesvolle implementatie van RBCA programma's noodzakelijk is dat de lokale en nationale beleids- en handhavingorganisaties zich transformeren tot een 'lerende organisatie' en innovatieve manieren ontwikkelen om 'long-life learning' en kennisuitwisseling te promoten. Hierbij moet onderkend worden dat handhavers en handhavingorganisaties werken binnen vastgestelde termijnen en logistieke beperkingen. De toepassing van recente wetenschappelijke inzichten in het besluitvormingsproces zal daarom typisch op ad hoc basis plaatsvinden. Het verwerven, verwerken en toepassen van nieuwe kennis kost immers tijd die door de tijdsdruk van termijnen vaak niet aanwezig is. Verder komt de kennis van een organisatie voort uit de kennis die bij de verschillende individuen aanwezig is. Uddameri (2002) geeft dan ook aan dat een effectieve organisatiebrede kennisvergaring alleen mogelijk is wanneer de individuele leerdoelen in overeenstemming zijn met de missie en de doelstellingen van de organisatie. [Uddameri, 2002]

Ook Purvis (2001) geeft aan dat besluiten worden genomen op basis van kennis die bij de persoon aanwezig is. Hij maakt onderscheid in twee vormen van kennis, namelijk expliciete en 'tacit' kennis. Expliciete kennis is theoretische informatie dat is vastgelegd in documenten en dergelijke. Aangezien het gecodificeerde kennis betreft, kan deze vorm van kennis eenvoudig worden gecommuniceerd en van persoon naar persoon worden doorgegeven. Tacit kennis kan omschreven worden als ervaringskennis, dat veelal is omgezet in routines.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Deze vorm van kennis is lastiger te communiceren en van persoon naar persoon over te dragen, aangezien de informatie verweven is met de individuele ervaringen van een persoon en met de situationele context waarin de kennis is ontwikkeld. [Purvis et al, 2001] Het is dan ook niet mogelijk alle kennis en 'best practices' in kennissystemen te vangen. Zoals ook in de 'nulmeting pro-actie en preventie bij regionale brandweerorganisaties' (2002) onderkend wordt, is en blijft - naast een opleiding op gebied van pro-actie en preventie - veel praktijkervaring noodzakelijk [Heijnen et al., 2002]. Ook in de 'British Standard Code of Practice on fire safety engineering', die in 2002 officieel is geïntroduceerd, wordt de noodzaak van ervaring onderkend. In deze British Standard wordt een 'Fire Engineer' namelijk gedefinieerd als 'een persoon die voldoende gekwalificeerd en ervaren is in Fire Safety Engineering' [Charters, 2002]. En hoewel beleidsbeslissingen en de handhaving daarvan onderhevig blijven aan de kans op falen, zal de verbetering van de kennisbasis<sup>20</sup> - waarop de beoordelingsinstrumenten<sup>21</sup> voor besluitvorming<sup>22</sup> gebaseerd zijn - helpen om kans op succes te vergroten [Schewerin & Werker, 2003]. Dit beleidsfalen blijkt telkens na een rampzalige brand in Nederland (en in buitenland), waarbij onderscheid gemaakt kan worden in technisch falen (falen van preventieve maatregel), procesmatig falen (handhaving) en gedragsmatig falen (onveilig gebruik). Immers, na iedere rampzalige brand wordt nieuw beleid ontwikkeld dat specifiek van toepassing is op het type gebouw waarin de ramp heeft plaatsgevonden<sup>23</sup>.

Aangezien zowel tussen onderzoeksinstituten, beleidsmakers, ontwerpers, adviseurs als handhavers sprake is van kennisasymmetrie, is samenwerking in een clusternetwerk noodzakelijk. Helsloot (2002) geeft bijvoorbeeld aan dat uit de evaluaties na Enschede en Volendam is gebleken dat er in toenemende mate sprake is van een lokaal expertisetekort op gebied van vergunningverlening en handhaving. Hij geeft hiervoor twee redenen. Enerzijds wordt de regelgeving steeds complexer en de vergunningaanvrager mondiger, waarmee de formele correcte behandeling van vergunningaanvragen steeds belangrijker en moeilijker wordt<sup>24</sup>. Anderzijds treedt er bij complexere risico's<sup>25</sup> in toenemende mate een informatieasymmetrie op tussen vergunningaanvrager en vergunningverlener. Voor de gespecialiseerde (adviseur van de) vergunningaanvrager, die bekend is met de complexiteit van het gebouwwontwerp, is het immers dagelijks werk terwijl het de vergunningverlenende gemeente slechts een enkele maal per jaar of zelfs per tiental jaren 'overkomt'. [Helsloot, 2002]

---

<sup>20</sup> Fire Safety Science.

<sup>21</sup> Fire Safety Tools.

<sup>22</sup> Fire Safety Engineering.

<sup>23</sup> Zie de toelichting op tabel 3.

<sup>24</sup> De kennis bij de vergunningaanvrager neemt toe. Verder kan gesteld worden dat er langzamerhand een verschuiving plaatsvindt naar een afreken- dan wel verantwoordingscultuur. Na de rampen in Enschede, Volendam en nu ook in Haarlemmermeer wordt het gehele vergunningtraject onder de loep gelegd en kritisch onderzocht. Meer dan in het verleden het geval was na een rampzalig incident.

<sup>25</sup> Zoals evenementen, chemische industrie, grote winkelcomplexen of ondergrondse bouwwerken.

## 2. Brandveiligheidsbeleid

### 2.1 Historische ontwikkelingen in brandveiligheidsbeleid

In de loop der eeuwen hebben vele rampzalige gebeurtenissen duidelijk gemaakt dat het voor overleving van de mens noodzakelijk is zich te beschermen tegen de gevaren van brand.

Toen in 1666 op een zomernacht bij droog weer en harde wind in Londen brand uitbrak bleken de weersomstandigheden, gecombineerd met de dichte opeenhoping van uit brandbare materialen opgetrokken gebouwen, het ideale scenario voor een onbeheersbare brand. De vijf dagen aanhoudende brand verwoeste uiteindelijk meer dan dertienduizend woningen, kerken en andere gebouwen. Na de brand werden nieuwe voorschriften opgesteld voor woningbouw. [Goudsblom, 2001; Schoonbaert, 1997]

Iets recenter heeft de brand op een tribune in het voetbalstadion van Bradford (Groot-Brittannië) geleid tot de totstandkoming van een specifieke richtlijn voor de brandveiligheid van voetbalstadia. Bij deze brand in 1985 zijn meer dan 52 personen omgekomen. In Nederland heeft de toenmalige 'Inspectie voor het Brandweerwezen' in reactie op de rampzalige brand het beleidsdocument 'Brandbeveiliging Voetbalstadions. Brandveiligheidseisen met betrekking tot toeschouwersaccomodaties' uitgebracht.

In 1987 breekt brand uit in een roltrap van het metrostation King's Cross in Londen. Hierbij komen 31 personen om. En in 1996 breekt brand uit op de luchthaven van Düsseldorf. Hierbij komen 17 personen om, van wie de meeste zijn gestikt door giftige rook. [NBDC, 2005; WO, 2005]

Ook Nederland kent een reeks van rampzalige branden, veelal in horecagelegenheden of verzorgingsgebouwen. In tabel 3 zijn branden met veel dodelijke slachtoffers weergegeven die in de afgelopen vijfendertig jaar zijn voorgekomen. Uit de tabel blijkt dat de rampzalige branden in Nederland vooral voorkomen in niet-complexe gebouwen, ofwel gebouwen waarop de prestatievoorschriften van het Bouwbesluit toepasbaar zijn. Het beoordelingssysteem voor brandveiligheid - dat onderwerp van dit onderzoek is - bestaat echter uit meer dan alleen de wetgeving. De beleidsaspecten onderzoek, onderwijs en een clusternetwerk vormen ook onderdeel van het beoordelingssysteem voor de brandveiligheid van complexe gebouwen.

Datum	Plaats	Type gebouw	Aantal doden
24-10-1970	Wagenborg	Psychiatrische inrichting	12
05-12-1970	Amsterdam	Pension	8
02-02-1971	Rolde	Verpleeghuis	13
29-09-1971	Eindhoven	Hotel Het Silveren Seepaerd	11
09-05-1977	Amsterdam	Hotel Polen	33
03-01-1980	Rotterdam	Woning	11
16-12-1983	Amsterdam	Sexclub Casa Rosso	13
16-11-1992	Den Haag	Sociaal pension De Vogel	11
13-05-2000	Enschede	Vuurwerkfabriek en woonwijk	23
01-01-2001	Volendam	Café 't Hemeltje	14
27-10-2005	Haarlemmermeer	Cellencomplex Schiphol	11

Tabel 3 – Rampzalige branden in Nederland [NBDC, 2005; WO, 2005]

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

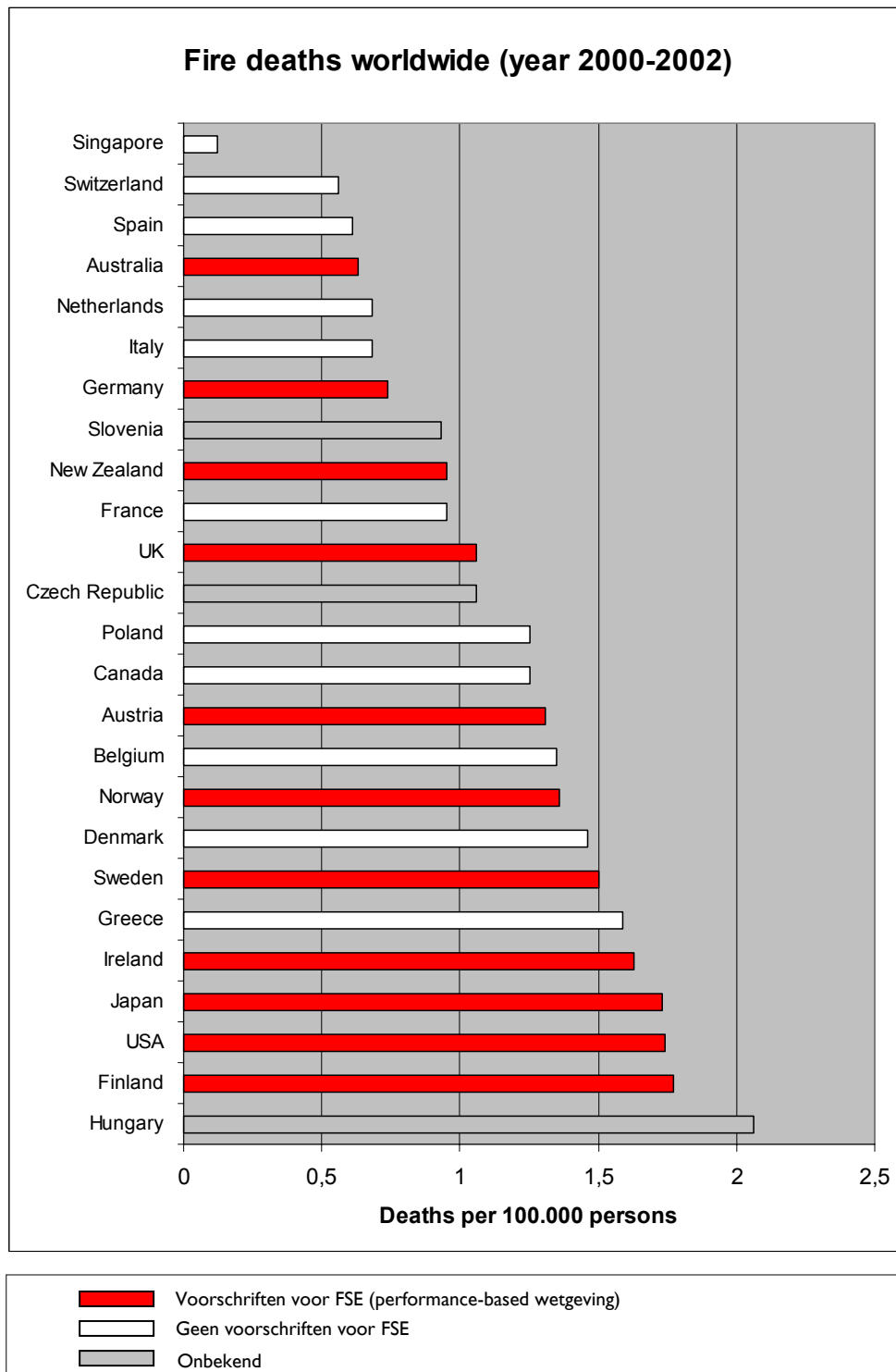
Met name de branden na 1992 hebben impact gehad op het beleid voor brandveiligheid. Het sociaal pension De Vogel beschikte niet over de benodigde vergunningen voor kamerverhuur en de brandvoorschriften waren onvoldoende. Na de ramp in Den Haag zijn daarom de regels voor kamerverhuur aangescherpt en wordt er strenger opgetreden tegen illegale kamerverhuur. Verder is door de overheid uitgebreid onderzoek verricht naar zowel de vuurwerkramp in Enschede als naar de nieuwjaarsbrand in Volendam. Ook nam de bestuurlijke aandacht voor handhaving van de regelgeving voor brandveiligheid toe. Na de vuurwerkramp is het 'Vuurwerkbesluit' opgesteld en na de brand in Volendam is een richtlijn voor de brandveiligheid van bestaande gebouwen ontwikkeld. Bovendien heeft de brand in Volendam geleid tot een scherpere controle van de brandveiligheid in horecagelegenheden en tot een toenemende aandacht voor de afgifte van gebruiksvergunningen. En nu, kort na de brand in het cellencomplex op Schiphol, hebben gemeenten extra aandacht voor de controle van de brandveiligheid in cellencomplexen. Verder worden door diverse partijen onderzoek verricht [OZR, 2005].

Op basis van het voorafgaande lijkt het Nederlandse beleid voor de beoordeling van brandveiligheid empirisch onderbouwd te zijn. Of deze basis voldoende is om te kunnen spreken van 'Fire Safety Engineering' zal uit het onderhavig onderzoek moeten blijken.

## 2.2 Brandveiligheidsniveau wereldwijd

Het beperken van het aantal slachtoffers bij brand is één van de belangrijkste doelstellingen van het beleid voor de brandveiligheid van gebouwen. Dit geldt niet alleen in landen met een prescriptief of gecombineerd beoordelingssysteem (zoals in Nederland), maar - zoals uit de definitie van Fire Safety Engineering is gebleken - ook voor landen met een performance-based beoordelingssysteem. Het niveau van brandveiligheid kan daarmee gemeten worden in het aantal dodelijke slachtoffers bij brand. Door het slachtofferaantal te delen door het aantal inwoners van het betreffende land, kunnen de gegevens van de verschillende landen met elkaar worden vergeleken.

In figuur 9 is een dergelijk vergelijk gemaakt. Verder is in de figuur aangegeven of in dat land sprake is van Fire Safety Engineering (performance-based beoordelingssysteem) of dat een prescriptief of gecombineerd beoordelingssysteem wordt toegepast. Uit de figuur kan niet worden opgemaakt dat de toepassing van een performance-based beoordelingssysteem een wezenlijke invloed heeft op het slachtofferaantal. Daarentegen bestaat juist de indruk dat het brandveiligheidsniveau in landen met een performance-based beoordelingssysteem lager is dan in landen waar geen sprake is van Fire Safety Engineering. Nederland is één van de vijf veiligste landen in de wereld. Een mogelijke verklaring is dat in Nederland de meeste slachtoffers in woningen en andere niet-complexe gebouwen vallen (zie ook toelichting op tabel 3). Waarschijnlijk vallen ook in de overige landen de meeste slachtoffers in woningen. De gedetailleerde prestatievoorschriften voor niet-complexe gebouwen lijken een belangrijke invloed te hebben op het brandveiligheidsniveau van Nederland.



Figuur 9 – Doden per 100.000 inwoners [Geneva Ass., 2005] in relatie tot voorschriften voor FSE [EC, 2002]

In figuur 9 zijn bij de Verenigde Staten de slachtoffers van de WTC-ramp in het aantal slachtoffers per 100.000 inwoners meegenomen. Verder moet opgemerkt worden dat Singapore in 2004 een performance-based systeem heeft geïmplementeerd en Canada heeft dit in 2005 gedaan.



### 2.3 Kenmerken van een performance-based beoordelingsstelsel

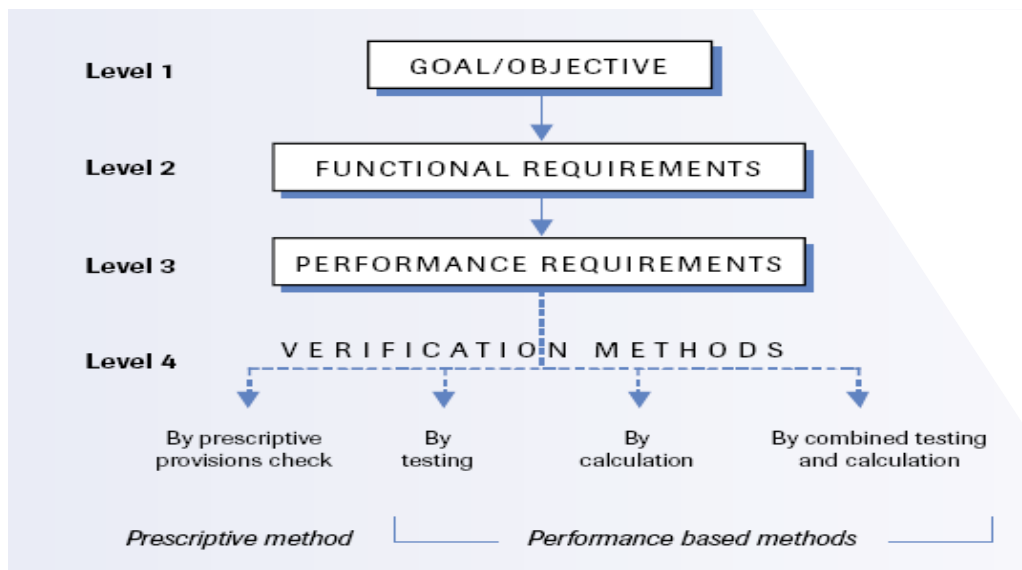
#### Wetgeving

De performance-based benadering is in essentie het denken en werken in termen van doelen in plaats van middelen. Deze benadering is niet nieuw, maar komt al voor in de eerste bouwvoorschriften van koning Hammurabi. [Foliente, 2000]

Verificatie is een belangrijk element in de performance-based benadering, aangezien aangetoond moet worden of de gekozen uitvoering (middel) voldoet aan het doelvoorschrift.

Verificatie kan door [Foliente, 2000]:

- (brand)testen;
- simulatie met behulp van berekeningen en modellering;
- combinatie van testen en simulatie.



Figuur 10 – Algemene framework voor wetgeving [Foliente, 2000]

In figuur 10 is het algemene framework voor wetgeving weergegeven. Dit framework kent 4 niveaus. Aan het 'Nordic Five Level System' is een vijfde niveau toegevoegd, te weten 'examples of acceptable solutions'. Het Nordic Five Level System is in figuur 11 weergegeven.

Er zijn twee typen performance criteria te onderscheiden, te weten:

- technology-based performance criteria;  
kenmerken van een product onder vastomlijnde condities, zoals dit bij testen met een zogeheten 'standaardbrandkromme' het geval is;
- risk-based performance criteria;  
gedrag van een product wanneer het wordt toegepast, waarbij de mate van betrouwbaarheid van belang is, zoals de kans dat tijdens het gebruik van een gebouw openingen in een brandwerende scheidingswand worden aangebracht of de kans dat geen onderhoud wordt gepleegd aan een sprinklerinstallatie (kans op falen van brandpreventieve maatregelen).

Idealiter zijn technology-based criteria gebaseerd op risk-based criteria. In de huidige performance-based wetgevingen wordt de mate van betrouwbaarheid (kans op falen) echter niet getoetst. [Krusse, 2005; Foliente, 2000]

<b>Level</b>	<b>Basic Heading</b>	<b>Description/Comments</b>
1	GOAL	The goal addresses the essential interests of the community at large with respect to the built environment, and/or the needs of the user-consumer.
2	FUNCTIONAL REQUIREMENT	Building or building element specific requirements. A functional requirement addresses one specific aspect or required performance of the building to achieve the stated goal (note that other functional requirements may contribute to achieving the same goal).
3	OPERATIVE REQUIREMENT	Actual requirement, in terms of performance criteria or expanded functional description. This is also some times referred to as PERFORMANCE REQUIREMENT.
4	VERIFICATION	Instructions or guidelines for verification of performance.
5	EXAMPLES OF ACCEPTABLE SOLUTIONS	Supplements to the regulations with examples of solutions deemed to satisfy the requirements.

*Figuur 11 – The Nordic Five Level System [Foliente, 2000]*

Lundin (2005) heeft onderzoek gedaan naar de effecten van de implementatie van performance-based wetgeving op het brandveiligheidsniveau in Zweden. Deze performance-based wetgeving is in 1994 geïntroduceerd. De Zweedse overheid had een aantal redenen voor deze verandering, te weten [Lundin, 2005]:

- harmonisatie van wetgeving door de Europese Unie;
- wetenschappelijke basis voor wetgeving;
- deregulering;
- vereenvoudiging van de regelgeving;
- decentralisatie (toenemende autonomie van lokale overheden);
- duidelijke verdeling van de verantwoordelijkheden van rijk, gemeenten en burgers;
- flexibiliteit, kwaliteit en vrijheid van ontwerptechnische aspecten;
- kostenreductie.

Bij de invoering van de performance-based regelgeving waren geen geautoriseerde verificatie methoden aanwezig. Wel waren ongeveer 100 personen opgeleid als Fire Safety Engineer, aangezien de universiteit van Lund in 1986 was gestart met een Fire Protection Engineering opleiding. Toch bleek de know-how beperkt aangezien veel van de opgeleide Fire Safety Engineer – als gevolg van een prescriptief beoordelingsstelsel – geen of onvoldoende praktijkervaring hadden met Fire Safety Engineering. Uit een analyse van 46 bouwprojecten bleek bijvoorbeeld dat de modellen die gebruikt zijn voor de risico-analyse en –evaluatie onjuist zijn toegepast, aangezien de modellen niet geschikt waren voor het type ontwerp waarvoor deze zijn toegepast. Zo is in een aantal van de onderzochte bouwprojecten de risico op het ontstaan van een zeer ernstig incident niet in de beoordeling van de brandveiligheid meegenomen. Ook zijn bij het vergelijken van verschillende ontwerptechnische oplossingen voor de uitvoering van de regelgeving in sommige gevallen een aantal uitgangspunten van brandpreventie over het hoofd zijn gezien, zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van maatregelen voor het beperken van het ontstaan van brand. [Lundin, 2005]

Dergelijke voorbeelden komen ook in Groot-Brittannië voor. Jenkins (2005), werkzaam als groepsmanger van de London Fire Brigade Fire Engineering Group (LFBFEG), geeft bijvoorbeeld aan dat in het vakgebied van performance-based ontwerpen een paar excellente professionals werkzaam zijn, maar dat ook veel van de door LFBFEG getoetste

gebouwwontwerpen niet voldoende brandveilig blijken te zijn. Zo worden computermodellen vaak onjuist toegepast, terwijl in de betreffende gevallen ook een eenvoudigere beoordelingsmethode gebruikt kan worden. Daartegenover staat dat in sommige risicovolle gevallen wordt teruggegrepen op simpele rekenmodellen, terwijl in die gevallen juist een complexere beoordelingsmethode toegepast moet worden. Of er ontbreekt een onderbouwing van de gekozen maatregelen. Ook constateert Jenkins dat het bij consultants vaak ontbreekt aan de bereidheid om tijdens het ontwerpproces een gevoeligheidsanalyse<sup>26</sup> uit te voeren. Ook worden volgens Jenkins vaak niet-valide software en modellen gebruikt, waarbij de onderliggende rekenmethodes niet bekend zijn. [Jenkins, 2005]

### Onderzoek

De universiteiten die opleidingen verzorgen op gebied van Fire (Safety) Engineering verrichten ook onderzoek op gebied van Fire Safety Science. Deze onderzoeken kunnen gericht zijn op het brandgedrag, het menselijk evacuatiegedrag, gedrag van (bouw)materialen en bouwconstructies bij brand (brandtesten), blustechnieken, modellering technologie en bijvoorbeeld forensisch onderzoek.

In Zweden en in Groot-Brittannië wordt door de brandweer evaluatief brandonderzoek uitgevoerd. Deze onderzoeken worden uitgevoerd vanuit het oogpunt van de effectiviteit van interventies, zoals brandpreventieve maatregelen en een brandweerinzet. Deze onderzoeken leveren dan ook andere informatie dan de onderzoeken die door de politie en verzekeraars worden uitgevoerd.

Särdqvist en Holmstedt (2000) hebben onderzoek verricht naar de correlatie tussen de brandweerinzet en de uiteindelijke omvang van de brand. Hierbij zijn 307 branden in niet-woongebouwen geanalyseerd, die in de periode van 1994 tot 1997 door de London Fire Brigade zijn onderzocht. [Särdqvist & Holmstedt, 2000]

#### **Brandevaluaties London Fire Brigade, 1994-1997**

Eenderde van de branden zijn ontstaan door brandstichting en de overige tweederde van de branden zijn niet met opzet ontstaan. En bij driekwart van de branden was de uiteindelijke omvang even groot als de omvang van de brand op moment van aankomst van de brandweer. Verder bleek de watercapaciteit en de tijd die nodig is voor het afleggen van de slangen in verhouding te staan tot de omvang van de uiteindelijke omvang van de brand. En bij 17 van de 21 branden bleek de geactiveerde sprinklerinstallatie de brand te kunnen beheersen of zelfs te blussen. Bij 14 branden<sup>1</sup> werd de brand beheerst met één tot drie geactiveerde sprinklerkoppen. [Särdqvist & Holmstedt, 2000]

Rosenberg (1999) heeft onderzoek verricht naar de toepasbaarheid van gegevens uit de brandstatistiek (1922-1999) voor brandpreventie in Zweden. Hierbij zijn onderzoeksgegevens gebruikt die verkregen zijn uit databanken van de Swedish Rescue Services Agency, de National Police Board en verschillende verzekeraars. Uit de analyse blijkt de kwaliteit van de onderzoeksgegevens gering, waardoor de gegevens onvoldoende betrouwbaar zijn om als basis te dienen voor brandpreventiebeleid. Ter onderbouwing van deze conclusie worden zes redenen genoemd [Rosenberg, 1999]:

- De terminologie van categorieën brandoorzaken en schadegevolgen is gedurende de 77 jaren gewijzigd, wat problemen oplevert voor de bepaling van de effecten van brandpreventieve maatregelen.

<sup>26</sup> Met een gevoeligheidsanalyse kan de betrouwbaarheid van de uitkomsten van bijvoorbeeld een brandsimulatieprogramma worden getoetst.

- De statistieken van de verzekeraars maken geen duidelijk onderscheid tussen de brandoorzaak en het object waarin de brand is ontstaan.
- Het aantal verzekeringsmaatschappijen die hebben meegewerkt aan de verzameling van onderzoeksgegevens is gedurende de 77 jaren gewijzigd.
- Sinds halverwege de jaren '50 zijn geen gegevens verzameld over de brandoorzaak in relatie tot de effecten van verschillende (brandpreventieve) maatregelen die zijn genomen om het aantal branden te beperken.
- Het verband tussen de verschillende statistieken uit de 77 jaren is zwak aangezien de maatschappij is gewijzigd met betrekking tot aantallen activiteiten die worden uitgevoerd, de risicobronnen en de brandoorzaken.
- Het aantal branden met onbekende oorzaak is erg groot.

### Onderwijs

Wereldwijd worden verschillende bachelor- en masteropleidingen in Fire (Safety) Engineering aangeboden, zoals Fire Safety Engineering door de universiteiten Western Sydney (Singapore), van Edinburgh en van Ulster (Groot-Brittannië); Fire Protection Engineering door de universiteit van Lund (Zweden) en van Maryland (Verenigde Staten); Fire Engineering door de universiteit van Canterbury (Nieuw Zeeland); Fire and Evacuation Modelling Technology door de universiteit van Greenwich (Groot-Brittannië) en; Fire and Explosions door de universiteit van Leeds (Groot-Brittannië). Op hoofdlijnen komen de curricula van de opleidingen overeen, maar een aantal universiteiten zijn gespecialiseerd in bepaalde onderdelen. De universiteit van Lund (Zweden) is bijvoorbeeld gespecialiseerd op gebied van risicomanagement, de universiteit van Maryland (Verenigde Staten) in het gedrag van bouwmaterialen bij brand en in forensische brandanalyse, en de universiteit van Greenwich (Groot-Brittannië) is gespecialiseerd in simulatietechnieken. Verder verzorgt de universiteit van Teesside (Groot-Brittannië) een masteropleiding Fire Investigation. In de bijlage zijn de programmabeschrijvingen van een aantal Fire Engineering opleidingen opgenomen.

De belangrijkste onderwerpen die in de opleidingen naar voren komen zijn:

- fysische en chemische aspecten van brand (fire science & fire dynamics);
- menselijk gedrag bij brand / evacuatie;
- ontwerptechnische maatregelen voor brandbeperking, ontvluchting en interventies;
- gebruik maken van verificatie instrumenten (rekenmodellen, computer modellering, laboratorische testen);
- bouwplanbeoordeling (performance-based design assessment);
- risico-analyse.

In landen waar een performance-based wetgeving op gebied van brandveiligheid wordt gehanteerd, moet de beoordeling van de brandveiligheid van een gebouw gedaan worden door 'Qualified Persons'. In Groot-Brittannië wordt bovendien verwacht dat de 'Qualified Persons' actief hun kennis up-to-date houden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een 'Continuing Professional Development' systeem. Dit houdt in dat door het volgen van (geaccrediteerde) cursussen en door het bijwonen van (geaccrediteerde) netwerkbijeenkomsten ieder jaar een vastgesteld aantal punten verzameld kan worden.

***Continuing Professional Development (CPD) is the systematic maintenance, improvement and broadening of knowledge and skills and development of personal qualities necessary for the execution of professional and technical duties throughout the working life [IFE, 2005].***

### Clusternetwerk

Landen waarin een performance-based beoordelingssysteem wordt toegepast is veelal ook een genootschap van Fire Safety Engineers aanwezig. In Groot-Brittannië bestaat de 'Institution of Fire Engineers' (IFE) en de 'Fire Protection Association' (FPA). In de Verenigde Staten is het overgrote deel van de brandveiligheidprofessionals verenigd in de 'Society of Fire Protection

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Engineers' (SFPE). Een relatief gering aantal is aangesloten bij de IFE. Australië kent de 'Society of Fire Safety' (SFS) en de 'Fire Protection Association Australia' (FPA Australia). In Zweden bestaat de 'Swedish Fire Protection Association' (SFFA) en zijn een aantal Fire Safety Engineers aangesloten bij de IFE. Ook in België is een IFE-branche. In Nederland zijn een handvol brandveiligheidsprofessionals aangesloten bij de IFE. Verder is er een 'International Association of Fire Safety Science' (IAFSS).

Doelstellingen van de organisaties zijn onder andere:

- *to promote excellence in the practice of fire safety engineering (SFS);*
- *to promote the use of the science and technology of fire safety engineering in the built environment (SFS);*
- *to promote education, training and research (SFS);*
- *to provide expert advice for government, industry etc. (SFS);*
- *influence fire safety decision makers (FPA Australia);*
- *support continual improvement in fire safety education (FPA Australia);*
- *to publish guidance, recommendations and codes of practice (FPA);*
- *achieve progress in unsolved fire problems (IAFSS);*
- *to maintain a high ethical standard among its members (SFPE);*
- *to promote, encourage and improve the science and practice of Fire Extinction, Fire Prevention and Fire Engineering (IFE).*

De belangrijkste activiteiten van de hiervoor genoemde netwerken is het bieden van een platform voor kennisuitwisseling. De IFE en de FPA brengen bijvoorbeeld gezamenlijk een Journal uit. Verder worden conferenties georganiseerd waar sprekers en deelnemers vanuit verschillende werkvelden (universiteiten, overheid en industrie / marktpartijen) en verschillende landen elkaar ontmoeten en waar ook in het formele deel stevige inhoudelijke discussies plaatsvinden.

## 2.4 Kenmerken van het huidige beoordelingssysteem in Nederland

### Wetgeving

De brandveiligheid van een gebouwontwerp is in Nederland geregeld via brandpreventieve regelgeving. De bouwkundige brandveiligheid is geregeld in de AMVB<sup>27</sup> Bouwbesluit. In het Bouwbesluit zijn functionele (performance-based) voorschriften vastgelegd die voor verschillende type gebruiksfuncties zijn uitgewerkt in prestatievoorschriften (prescriptief). Verder is op ieder onderdeel van brandveiligheid de mogelijkheid voor een gelijkwaardige invulling van de prestatievoorschriften van toepassing. De gelijkwaardige oplossing moet voldoen aan de functionele voorschriften. Voor bouwwerken met grote compartimenten, en voor hoge en ondergrondse bouwwerken zijn alleen functionele voorschriften opgenomen, waarbij de invulling van de voorschriften gelijkwaardig moet zijn aan de prestatievoorschriften voor niet-complexe gebouwen. De aanwezigheid van brandveiligheidsinstallaties en het brandveilig gebruik van gebouwen is geregeld via gemeentelijke Bouwverordeningen. En in de Wet Milieubeheer wordt verwezen naar AMVB's waarin maatregelen zijn opgenomen voor de bescherming van het milieu tegen de verontreinigende effecten van brand.

Na de invoering van het Bouwbesluit in 1992 door het ministerie van VROM, zijn door het ministerie van Binnenlandse Zaken in 1995 een serie brandbeveiligingsconcepten<sup>28</sup> uitgegeven. In deze brandbeveiligingsconcepten zijn de uitgangspunten voor brandveiligheid omschreven die de basis vormen voor de wetgeving. Een belangrijk uitgangspunt voor een brandveilig

<sup>27</sup> Algemene maatregel van bestuur.

<sup>28</sup> Te weten brandbeveiligingsconcept onderwijsgebouwen; cellen en celgebouwen; gebouwen met een publieksfunctie; logiesgebouwen; kantoorgebouwen; woningen en woongebouwen; gezondheidszorggebouwen; industriegebouwen en; beheersbaarheid van brand.

gebouwoontwerp is dat een brand in een bouwwerk met de inzet van één tankautospuiter beheerst kan worden. Een ander belangrijk uitgangspunt is dat mensen zelfstandig een onveilig gebied kunnen verlaten, ofwel zelfstandig evacueren [BZK, 1995b]. De brandbeveiligingsconcepten worden toegepast bij de beoordeling van gelijkwaardigheid en bieden een kader voor het conceptueel denken over brandveiligheid. In relatie tot de beoordeling van gelijkwaardigheid heeft het Nibra<sup>29</sup> (2005) een 'leidraad gelijkwaardigheid en brandveiligheid' ontwikkeld. In de leidraad is onder andere een procesmodel voor de beoordeling van gelijkwaardigheid opgenomen. [Van den Brand et al, 2005] Deze leidraad kan als instrument voor Fire Safety Engineering worden gehanteerd.

In 2001 is naar aanleiding van de rampzalige nieuwjaarsbrand in Volendam door het Nibra onderzoek uitgevoerd naar de handhaving van brandveiligheid. Met betrekking tot gemeentelijke beleidsplannen voor vergunningverlening wordt geconcludeerd dat de beleidsplannen (destijds) niet leiden tot een meetbare verhoging van de brandveiligheid. Een verklaring hiervoor is dat de onderzochte plannen inzetten op output (aantallen vergunningen of legesinkomsten) en niet op outcome (meer brandveiligheid als resultaat van de inspanningen). De indruk is dat de output anno 2006 nog steeds de belangrijkste maat voor de evaluatie van beleidsplannen is en niet de outcome. Deze indruk wordt versterkt door het feit dat gemeenten voornamelijk geen evaluatief brandonderzoek uitvoeren naar het effect van de getroffen maatregelen. Dit betekent dat het verschil tussen het gewenste brandveiligheidsniveau, zoals vastgelegd in de beleidsplannen, en het werkelijke brandveiligheidsniveau niet gemeten kan worden.

### Onderzoek

Fundamenteel onderzoek op gebied van Fire Safety Engineering wordt voornamelijk uitgevoerd door TNO, TU Delft en het Nibra. Daarnaast voert TU Eindhoven in beperkte mate onderzoek uit dat gerelateerd is aan Fire Safety Engineering. TNO voert ook laboratoriumonderzoek uit. Brandevaluaties in relatie tot Fire Safety Engineering worden doorgaans uitgevoerd door brandweerkorpsen, de IOOV, het COT, TNO en het Nibra. Na de rampzalige brand in Enschede is in opdracht van de Commissie Oosting onderzoek uitgevoerd en na de brand in Volendam is het onderzoek in opdracht van Commissie Alders verricht. Na de brand in Schiphol is de Onderzoeksraad voor Veiligheid gestart met brandonderzoek. De Onderzoeksraad voor Veiligheid<sup>30</sup> voert onderzoek uit naar (i) de oorzaak en de ontwikkeling van de brand, (ii) de brandbestrijding, (iii) wetten en regelgeving, (iv) opvang en nazorg van celbewoners en (v) de brandveiligheid in vergelijkbare cellencomplexen. Naast het onderzoek van de Raad loopt het strafrechtelijk onderzoek in opdracht van het Openbaar Ministerie en het onderzoek van de gemeente Haarlemmermeer<sup>31</sup>. [OZR, 2005]

Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) verzamelt gegevens van iedere brand waarbij de brandweer aanwezig is geweest. De brandweerkorpsen vullen daarvoor formulieren in, waarin vragen zijn gesteld over onder andere de brandoorzaak en het brandverloop. Maar de informatie die aan het CBS wordt doorgegeven betreft slechts de vermoedelijke brandoorzaak. Het brandweerpersoneel voert namelijk geen technisch brandonderzoek uit en zijn ook niet opgeleid in het opsporen van de brandoorzaak. Het is dan ook typerend dat bijna bij een kwart van alle binnenbranden de oorzaak onbekend is [CBS, 2004]. Bij een diepgaand onderzoek naar de oorzaken en gevolgen van woningbranden blijkt de categorie

<sup>29</sup> In opdracht van Projectorganisatie Stationsgebied Utrecht.

<sup>30</sup> Na de branden in Enschede en Volendam is besloten af te stappen van de ad-hoc onderzoekscommissies, zoals 'Commissie Oosting' en 'Commissie Alders', en om een Raad op te richten die structureel onderzoek verricht, dit is de Onderzoeksraad voor Veiligheid.

<sup>31</sup> De commissie Hendriks voert onderzoek uit in opdracht van de gemeente en heeft in december een rapportage uitgebracht. In de rapportage wordt ingegaan op de vergunningverlening en de brandbestrijding.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

branden met onbekende oorzaak echter naar 13% teruggebracht te kunnen worden [Kobes et al., 2001].

Het technische brandonderzoek wordt door de Technische Recherche (TR) en door de expertisebureaus van verzekeraars uitgevoerd. De TR onderzoekt echter alleen branden waarbij (mogelijk) sprake is van een misdrijf of waarbij dodelijke slachtoffers zijn gevallen. De verzekeraars onderzoeken branden vanuit het oogpunt van de schadeafhandeling. Maar vanuit het oogpunt van brandveiligheid is informatie nodig over de oorzaak van een brand en het brandverloop in relatie tot het effect van de getroffen brandpreventieve maatregelen en de uitgevoerde blusinterventies. Het onderzoek vanuit de brandpreventie richt zich dan ook op andere aandachtspunten dan het brandonderzoek dat vanuit de TR of vanuit de verzekeraars wordt uitgevoerd.

## Onderwijs

In figuur 12 zijn typische taken en opleidingsniveau van brandpreventisten in Nederland weergegeven. De gegevens zijn gefilterd uit vijf verschillende vacatures die in januari 2006 op het internet zijn gepubliceerd. Het is niet de bedoeling met deze tabel een volledige weergave te geven van het takenpakket en de opleidingsvereisten, maar het is bedoeld om een indicatie te geven van de verschillen tussen adviesbureaus, middelgrote en kleine gemeenten. Uit de tabel blijkt dat het bij zowel adviesbureaus als gemeenten geen absolute voorwaarde is een bouwkundige opleiding gevolgd te hebben. In drie van de vijf vacatures is zelfs geen technische opleiding geëist. De indruk is dan ook dat veel brandpreventisten niet of nauwelijks kennis hebben van natuurkundige of chemische aspecten van brand en ook niet van ontwerptechnische uitgangspunten, zoals voor de sterkte van een bouwconstructie en voor de thermische kenmerken van bouwmaterialen. De meeste gemeentelijke handhavers op gebied van brandveiligheid hebben daarentegen wel de module 'brandpreventie' van de opleiding 'brandmeester' (MBO-niveau) of 'adjunct-hoofdbrandmeester' (HBO-niveau) gevolgd. Deze module is gericht op het begrijpen en kunnen toepassen van de regelgeving voor de brandveiligheid van gebouwen, waarbij het opdoen van ervaring op gebied van bouwplantoetsing een belangrijk element is. De module met een studiebelasting van 200 uren wordt afgesloten met een theorie- en een praktijkexamen, waarbij bij blijf van voldoende kennis een rijkscertificaat wordt behaald. Verder worden door diverse partijen in Nederland specialistische workshops en korte cursussen aangeboden, zoals een workshop gebruiksvergunningen en een workshop gelijkwaardigheid. Ook deze workshops en cursussen zijn sterk gericht op de toepassing van regelgeving.

Hogeschool Windesheim biedt sinds kort een cursus 'Fire Safety Engineering' van 16 dagdelen (64 uren) aan. Het doel van de cursus is het ontwikkelen van conceptueel denken over de brandveiligheid vanuit kennis van de fysische aspecten van brand en rook [WH, 2006]. En in 2006 start de duale leergang Specialist Brandpreventie bij het Nibra. Deze leergang heeft een studiebelasting van 448 uren. Het accent van de leergang ligt op een integrale benadering van brandveiligheid. Gelijkwaardigheid vormt hier een onderdeel van. De cursussen van Hogeschool Windesheim en het Nibra kunnen niet vergeleken worden met de bachelor- en masteropleidingen Fire Engineering in bijvoorbeeld Groot-Brittannië en Zweden. Verder wordt in de huidige bachelor- en masteropleidingen Bouwkunde bij hogescholen en universiteiten slechts in beperkte mate aandacht besteed aan de brandveiligheid van bouwwerken. Een bachelor- of masteropleiding Fire Safety Engineering wordt in Nederland nog niet aangeboden. Wel wordt op korte termijn bij het Nibra invulling gegeven aan een lectoraat Brandpreventie. Tot slot bestaat in Nederland geen systeem van Continuing Professional Development (CPD) waarbij long-life learning centraal staat [IFE, 2005].

	(Internationaal) advies- en ingenieursbureau	Adviesbureau / consultant	Gemeente ong. 18.000 inwoners	Gemeente ong. 82.000 inwoners	Gemeente ong. 46.000 inwoners
X = gevraagd ! = gewenst					
<b>TAKEN</b>					
Advisering / overleg bouwplannen	X	X	X	X	X
Toetsing bouwplannen of vergunningen (milieu-, bouw- en/of gebruiksvergunningen)		X	X	X	X
Controle van uitvoering van voorschriften		X	X	X	X
Beleidsvorming				X	
Procesmanagement	X			X	
Voorlichting			X		
<b>OPLEIDING</b>					
MBO+ / HBO		X		X	
MBO / HBO	X		X		
MBO					X
Bouwkunde		X	!		!
Elektrotechniek	!				
Technisch	X				
Bouwkundig / Juridisch				X	
Module brandpreventie BM / AHBM	!	X	X	X	X
Ambtenaar Bouw- en Woningtoezicht (I)			X		
Projecteringsdeskundige Brandmeldinstallaties	!				

Figuur 12 –Taken en opleidingsniveau brandpreventisten [BRW, 2006; BV, 2006; VC 2006]

### Clusternetwerk

De Nederlandse Vereniging voor Brandweezorg en Rampenbestrijding (NVBR) heeft een aantal netwerken, waaronder het Landelijk Netwerk Brandpreventie (LNB). Hierin zitten afgevaardigden van de regionale preventienetwerken. De vergaderingen van het LNB staan niet open voor elke willekeurige brandveiligheidsprofessional. Gemeenten en brandweerkorpsen kunnen inhoudelijke en procesmatige knelpunten met betrekking tot bouwplantoetsing en handhaving en dergelijke kunnen aan het LNB melden, waarna voor de meest frequente knelpunten een oplossing wordt gezocht. Verder heeft het NVBR in samenwerking met het Nibra een virtueel netwerk, te weten het Brandweerkennisnet. Op deze website worden documenten uitgewisseld en worden discussies gevoerd. Gemeentelijke bouwplantoetsers zijn verenigd in Vereniging BWT Nederland. Op het congres in oktober 2005 zijn een aantal lezingen gehouden die betrekking hebben op brandveiligheid. De (betalende) leden van de vereniging ontvangen het 'Bouwtoezicht Magazine'. Architecten zijn verenigd binnen de Bond van Nederlandse Architecten (BNA) en (bouwkundig) ingenieurs binnen de KIVI NIRIA. De KIVI NIRIA organiseert onder andere cursussen en



netwerkbijeenkomsten. Verder ontvangen (betalende) leden het magazine 'De ingenieur' waarin regelmatig artikelen over brand- en/of fysieke veiligheid gerelateerde onderwerpen staan. Ook heeft de ingenieursvereniging een virtueel kenniscentrum. Sprinklerinstallateurs zijn verenigd in de Vereniging Sprinkler Installateurs (VSI) en ondernemers op gebied van brand- en inbraakbeveiliging zijn verenigd in de VEBON. De VEBON geeft ook cursussen, bijvoorbeeld op gebied van het ontwerp en de projectering van rookbeheerssystemen en brandmeldsystemen. Verder bestaat het Brand Preventie Forum (BPF), dit is een vakgroep bij de Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde (NVVK). Hoewel veel spelers in het veld van Fire Safety Engineering per vakgebied verenigd zijn is er momenteel geen sprake van een breed georganiseerd clusternetwerk.

### 3. Innovatiebehoefte

Om de innovatiebehoefte met betrekking tot de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering te kunnen bepalen zijn de positieve en negatieve kenmerken van het huidige beoordelingssysteem en een performance-based beoordelingssysteem met elkaar vergeleken.

#### 3.1 Wetgeving

Uit de beschrijvingen van de algemene kenmerken van beide systemen in paragraaf 2 blijkt dat een volledige vervanging van het huidige systeem door een performance-based systeem niet wenselijk is. De huidige wetgeving biedt immers, gezien het hoge brandveiligheidsniveau in Nederland, voor niet-complexe gebouwen een juiste basis. Uit het onderzoek van Lundin (2005) is bovendien gebleken dat de introductie van performance-based regelgeving, in relatie tot de acht redenen van de Zweedse overheid voor de introductie<sup>32</sup>, niet vanzelfsprekend succesvol is bij de bouwindustrie, die als traditioneel en conservatief kan worden beschouwd<sup>33</sup>. Zoals al eerder door Becker (1999) geconstateerd is het bij de invoering van nieuwe concepten in een bestaand werkgebied het noodzakelijk dat de juiste omgevingsfactoren ontwikkeld zijn (Becker, 1999):

- de partijen die de concepten gaan gebruiken moeten de significantie van de concepten onderkennen, evenals het nut van de concepten voor de resultaten van hun activiteiten;
- er moeten duidelijke routines en gebruiksvriendelijke werkinstrumenten beschikbaar zijn om een implementatie van de nieuwe concepten (adoptie van de innovatie) mogelijk te maken;
- in de opleiding van de jonge, nieuwe professionals moeten de nieuwe concepten een integraal onderdeel van het vakgebied vormen.

Bovendien moeten de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid van verschillende typen gebouwen duidelijk zijn. Uit het onderzoek van Lundin (2005) blijkt verder dat er een sterke behoefte bestaat aan de verificatie van beoordelingsinstrumenten, zoals praktijkrichtlijnen en simulatiesoftware, door de overheid. [Lundin, 2005] Deze behoeften komen grotendeels ook naar voren uit de ervaringen van de London Fire Brigade Fire Engineering Group<sup>34</sup> [Jenkins, 2005].

---

<sup>32</sup> Te weten: (1) harmonisatie van wetgeving door de Europese Unie; (2) wetenschappelijke basis voor wetgeving; (3) deregulering; (4) vereenvoudiging van de regelgeving; (5) decentralisatie (toenemende autonomie van lokale overheden); (6) duidelijke verdeling van de verantwoordelijkheden van rijk, gemeenten en burgers; (7) flexibiliteit, kwaliteit en vrijheid van ontwerp-technische aspecten; (8) kostenreductie. [Lundin, 2005]

<sup>33</sup> Deze opmerking is ook toepasbaar op het brandweerveld, dat ook als traditioneel en conservatief beschouwd kan worden.

<sup>34</sup> Zie hoofdstuk 3, paragraaf 2.3, onderdeel 'Wetgeving'.

In de huidige wetgeving in Nederland is al een mogelijkheid opgenomen voor een performance-based benadering, namelijk de mogelijkheid van een gelijkwaardige invulling van de prescriptieve voorschriften (prestatie-eisen) in het Bouwbesluit. Deze gelijkwaardige invulling moet voldoen aan de functionele eisen die bij ieder aspect van brandveiligheid vooraf gaan aan de prestatie-eisen in het Bouwbesluit. De innovatiebehoefte bestaat dan ook niet uit een vervanging van de huidige wetgeving, maar uit de invulling van de door Becker (1999) en Lundin (2005) genoemde omgevingsfactoren, te weten (i) het creëren van draagvlak bij de gebruikers in relatie tot gelijkwaardigheid / Fire Safety Engineering, (ii) de zorg voor routine in Fire Safety Engineering<sup>35</sup>, (iii) de zorg voor de beschikbaarheid van gebruiksvriendelijke werkinstrumenten, (iv) het integreren van Fire Safety Engineering in de opleidingen van brandveiligheidsprofessionals, (v) het verduidelijken van de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid voor verschillende typen gebouwen en (vi) de verificatie van beoordelingsinstrumenten door de overheid.

### 3.2 Onderzoek

De belangrijkste omissie van het huidige onderzoek in Nederland is dat onvoldoende informatie beschikbaar is over de effectiviteit van getroffen brandpreventieve maatregelen en van repressieve interventies door de brandweer. Deze kennis zou namelijk input moeten leveren voor het brandveiligheidsbeleid en voor de beoordeling van de voorgestelde oplossingen voor gelijkwaardigheid. De innovatiebehoefte met betrekking tot onderzoek bestaat dan ook uit het equiperen van de brandweer voor het uitvoeren van technisch brandonderzoek. Dit betekent dat brandweerpersoneel moet worden opgeleid in het uitvoeren van technisch brandonderzoek en voldoende middelen ter beschikking krijgt. Om statistische en evaluatieve analyses te kunnen maken van de onderzoeksgegevens over de effectiviteit van brandpreventieve en repressieve interventies, is het nodig de archivering van gegevens centraal te organiseren. De innovatiebehoefte bestaat daarom vervolgens uit het opzetten en inrichten van een centrale incidentendatabank en uit het faciliteren van onderzoekscapaciteit bij brandweerkorpsen en bij een centraal expertisecentrum.

### 3.3 Onderwijs

Om te kunnen werken met het systeem van Fire Safety Engineering is het nodig kennis te hebben van de uitgangspunten van Fire Safety Science en voldoende inzicht te hebben in de toepassing en beperkingen van Fire Safety Tools. De opleidingen voor brandveiligheidsprofessionals zullen daarom gericht moeten zijn op deze uitgangspunten van Fire Safety Science en op de toepassing van diverse beoordelingsinstrumenten. Aangezien in Nederland nog niet is voorzien in een diepgaande (universitaire) opleiding in Fire Safety Engineering, bestaat de innovatiebehoefte in de ontwikkeling van een dergelijke opleiding. Om de huidige aanwezige kennisasymmetrie [Helsloot, 2002] tussen gebouwonwerpers, adviseurs, gemeentelijke handhavers, onderzoekers en de ontwikkelaars van beoordelingsinstrumenten te kunnen reduceren zullen vertegenwoordigers uit alle partijen opgeleid moeten worden tot Fire Safety Engineers. Of deze opleidingsbehoefte voor alle participerende professionals binnen de genoemde partijen ingevuld moet worden, of slechts voor een select aantal, zal door beleidsmakers moeten worden bepaald. Ook het niveau van de te volgen opleiding per type professional zal nog nader bepaald moeten worden. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat bij gebouwonwerpers en adviseurs andere opleidingsbehoeften bestaan dan bij gemeentelijke handhavers. Overigens is de verwachting dat bij alledrie de partijen behoefte bestaat aan een meer praktijkgerichte opleiding dan aan een wetenschappelijk georiënteerde opleiding. Bij onderzoekers en instrumentontwikkelaars zal daarentegen behoefte bestaan aan een meer wetenschappelijk georiënteerde opleiding.

---

<sup>35</sup> Ofwel het creëren van routine in het conceptueel denken over brandveiligheid.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Een ander positief onderdeel van het performance-based systeem is dat de professionals die met het beoordelingssysteem werken gecertificeerde 'Fire Safety Engineers' moeten zijn. Hiermee kan worden voorkomen dat verkeerde instrumenten worden toegepast of dat uitgangspunten van brandveiligheid over het hoofd worden gezien. Ook het systeem van 'Continuing Professional Development' (CPD) biedt voordelen ten opzichte van de huidige praktijk. De innovatiebehoefte met betrekking tot certificering en CPD kan vervolgens bestaan uit het vaststellen van competenties voor Fire Safety Engineers, het aanstellen van een certificeringcommissie en het inrichten van een CPD-systeem.

## 3.4 Clusternetwerk

De spelers in het huidige veld van brandpreventie zijn niet centraal verenigd. Voor iedere partij in het brandpreventieveld bestaat een afzonderlijke beroepsvereniging. Een voordeel van een clusternetwerk, waarin alle partijen die werkzaam zijn in het veld van brandpreventie worden samengebracht, is dat de kennis die bij de verschillende partijen aanwezig is bijvoorbeeld op congressen gedeeld kan worden. Hierdoor zal de kennisasymmetrie tussen de verschillende partijen mogelijk reduceren. Een ander positief aspect van een clusternetwerk is dat overeenstemming voor en de invulling van een certificeringssysteem voor brandveiligheidsprofessionals kan worden bereikt. Geredeneerd vanuit het Triple Helix model is de voornaamste rol van de overheid om mechanismen te promoten die een brug vormen tussen industrie en openbaar onderzoek. Hierbij kan de gemeentelijke overheid als gebruiker van het performance-based beoordelingssysteem worden toegevoegd. Om kennisoverdracht mogelijk te maken zal een clusternetwerk opgezet en onderhouden moeten worden.

# HOOFDSTUK 4

## Conclusies en discussie

### I. Conclusies

Gemeten vanuit het slachtofferaantal bij brand is Nederland één van de meest brandveilige landen in de wereld. In de afgelopen dertig jaren zijn de meeste slachtoffers gevallen bij branden in niet-complexe gebouwen. Voor dergelijke gebouwen zijn in de bouwregelgeving prestatie-eisen, of ook wel 'prescriptieve eisen', gesteld. Verder zijn voor complexe gebouwen functionele eisen gesteld, die moeten worden ingevuld op basis van gelijkwaardigheid ten opzichte van de eisen voor niet-complexe gebouwen. De huidige wetgeving is geschikt voor een performance-based benadering van brandveiligheid van complexe gebouwen. Bij Fire Safety Engineering is echter niet alleen de wetgeving van belang. Ook de beleidsaspecten onderzoek, onderwijs en het faciliteren van een clusternetwerk spelen een bepalende rol voor de uitvoering van Fire Safety Engineering. Fire safety engineering is namelijk de toepassing van ontwerptechnische uitgangspunten, voorschriften en een expert oordeel dat gebaseerd is op een wetenschappelijke beoordeling van het brandgedrag, de effecten van brand en de reactie en het gedrag van mensen, om:

- slachtoffers te beperken, evenals eigendommen en het milieu te beschermen;
- het gevaar en risico van brand evenals de effecten van brand te kwantificeren;
- de optimale beschermende en brandpreventieve maatregelen te evalueren, die nodig zijn om de gevolgen van brand – binnen vastgelegde niveaus – te beperken.

Het performance-based beoordelingssysteem voor de beoordeling van de brandveiligheid van complexe gebouwen bestaat uit Fire Safety Science, Fire Safety Engineering en Fire Safety Tools. Fire Safety Science is de wetenschappelijke kennis van chemische en fysische aspecten van brand en de aspecten van het menselijke gedrag bij brand. Fire Safety Science gaat over (i) brandgedrag, (ii) menselijke gedag / evacuatie en (iii) interventies door hulpverleningsdiensten, te weten blussing en redding. Deze wetenschappelijke kennis biedt de basis voor wetgeving en voor beoordelingsinstrumenten zoals simulatiesoftware. Kennis van Fire Safety Science is daarmee het cruciale element van het performance-based beoordelingssysteem.

Vanuit de innovatietheorie blijkt de aanwezigheid van extensieve kennis, in de vorm van technologische specialisten (specialist brandpreventie en Fire Safety Engineer), een indicator te zijn voor een succesvolle adoptie van radicale innovaties. Onderwijs in Fire Safety Engineering is daarmee een belangrijk beleidsaspect voor de implementatie van het nieuwe beoordelingssysteem.

En aangezien een economische vooruitgang meer en meer gerelateerd is aan de ontwikkeling en toepassing van nieuwe kennis, bestaat er een behoefte aan communicatie, netwerken en samenwerking tussen ontwikkelaars en gebruikers van kennis. En met de accelererende technologische ontwikkeling en exponentiele groei van kennis is er een behoefte aan de ontwikkeling van een geschikte beleidsmaatregel dat de transfer van kennis tussen wetenschap en industrie faciliteert. Om kennistransfer mogelijk te maken zal een clusternetwerk opgezet en onderhouden moeten worden.

Het conceptueel denken over brandveiligheid vormt de belangrijkste pijler van het performance-based beoordelingssysteem. Deze wijze van benadering blijkt in de Nederlandse praktijk momenteel als lastig te worden ervaren. Uit ervaringen uit Zweden en Groot-Brittannië, waar het performance-based beoordelingssysteem enkele jaren geleden is

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

geïntroduceerd, blijkt dat het bij de invoering noodzakelijk is om de juiste randvoorwaarden te scheppen. De randvoorwaarden zijn:

- de partijen die de concepten gaan gebruiken moeten het belang van de concepten onderkennen, evenals het nut van de concepten voor de resultaten van hun activiteiten;
- er moeten duidelijke routines en gebruiksvriendelijke beoordelingsinstrumenten beschikbaar zijn om een implementatie van de nieuwe concepten (adoptie van de innovatie) mogelijk te maken;
- in de opleiding van de jonge, nieuwe professionals moeten de nieuwe concepten een integraal onderdeel van het vakgebied vormen;
- de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid van verschillende typen gebouwen moeten duidelijk zijn;
- de beoordelingsinstrumenten, zoals praktijkrichtlijnen en simulatiesoftware, moeten door de overheid zijn geverifieerd.

De beleidsmatige innovatiebehoefte voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem is hierna weergegeven.

In relatie tot wetgeving bestaat de innovatiebehoefte uit de invulling van de voorwaarde scheppende omgevingsfactoren, te weten (i) het creëren van draagvlak bij de gebruikers in relatie tot gelijkwaardigheid / Fire Safety Engineering, (ii) de zorg voor routine in Fire Safety Engineering<sup>36</sup>, (iii) de zorg voor de beschikbaarheid van gebruiksvriendelijke werkinstrumenten, (iv) het integreren van Fire Safety Engineering in de opleidingen van brandveiligheidsprofessionals, (v) het verduidelijken van de wetenschappelijke uitgangspunten voor de brandveiligheid voor verschillende typen gebouwen en (vi) de verificatie van beoordelingsinstrumenten door de overheid.

De innovatiebehoefte met betrekking tot onderzoek bestaat uit het equiperen van de brandweer voor het uitvoeren van technisch brandonderzoek. Dit betekent dat brandweerpersoneel moet worden opgeleid in het uitvoeren van technisch brandonderzoek en voldoende middelen ter beschikking krijgt. Vervolgens zal een centrale incidentendatabank opgezet en ingericht moeten worden en moet onderzoekscapaciteit bij brandweerkorpsen en bij een centraal expertisecentrum beschikbaar worden gesteld.

Aangezien in Nederland nog niet is voorzien in een diepgaande (universitaire) opleiding in Fire Safety Engineering, bestaat de innovatiebehoefte in de ontwikkeling van een dergelijke opleiding. Het is denkbaar dat zowel behoefte bestaat aan een wetenschappelijk georiënteerde als aan een praktijkgeoriënteerde opleiding. Een andere positief onderdeel van de buitenlandse voorbeelden betreft het certificeringssysteem en het 'Continuing Professional Development' (CPD) systeem voor Fire Safety Engineers. De innovatiebehoefte met betrekking tot certificering en CPD kan vervolgens bestaan uit het vaststellen van competenties voor Fire Safety Engineers, het aanstellen van een certificeringcommissie en het inrichten van een CPD-systeem.

En om kennistransfer mogelijk te maken zal een clusternetwerk opgezet en onderhouden moeten worden. Het clusternetwerk dat verbonden is aan het beoordelingssysteem voor brandveiligheid zal moeten bestaan uit onderzoeksinstituten, opleidingsinstituten, beleidsmakers, gebouwonwerpers, brandveiligheidsadviseurs, gemeentelijke handhavers en de ontwikkelaars van Fire Safety Engineering instrumenten.

---

<sup>36</sup> Ofwel het creëren van routine in het conceptueel denken over brandveiligheid.

## 2. Discussie

Er is een vergelijk gemaakt tussen het brandveiligheidsniveau in een land en het type bouwwetgeving in dat land. Hiermee is geprobeerd het ontwerptechnische veiligheidsniveau als indicator te nemen. Bij deze keuze zijn drie opmerkingen van belang:

- Het ontwerptechnische veiligheidsniveau niet alleen afhankelijk van het type wetgeving, maar ook van bijvoorbeeld de kwaliteit van het vergunningverlening- en het handhavingproces. Verder speelt het brandveilig gebruik, ofwel het veiligheidsbewustzijn van de gebruikers een belangrijke rol, aangezien veel branden ontstaan door menselijk handelen.
- Bij de bepaling van het brandveiligheidsniveau is gekeken naar het brandveiligheidsniveau gemeten vanuit het aantal slachtoffers per brand. Deze indicator wordt wereldwijd toegepast voor het bepalen van het nationale brandveiligheidsniveau. Behalve de ontwerptechnische (en gebruiksmatige) brandveiligheid, wordt het aantal slachtoffers ook bepaald door de spreiding van brandweerkazernes, ofwel door de tijd die de brandweer nodig heeft om het brandende gebouw te bereiken.
- En het aantal slachtoffers bij brand is slechts één van de indicatoren waarmee het brandveiligheidsniveau bepaald kan worden. Andere indicatoren voor de bepaling van het brandveiligheidsniveau zijn bijvoorbeeld (i) de materiele schade, (ii) de milieueffecten en (iii) het tijdsaspect van een brandweerinzet. Deze drie factoren hebben maatschappelijke en/of economische gevolgen. Immers, hoe langer een brandweerinzet duurt, hoe hoger de kosten zijn voor de maatschappij (overheidsgeld). Verder is het bij branden waarbij hoge concentraties schadelijke stoffen vrijkomen vaak nodig dat gebieden ontruimd moeten worden, of dat wegen afgesloten en/of het treinverkeer stilgelegd moet worden. En aangezien veel brandweerpersoneel vrijwilligers zijn, betekent dit dat er bij een langdurige brandweerinzet binnen het bedrijf waar de persoon werkzaam is continuïteitsproblemen kunnen ontstaan. En de (cumulatieve) materiele schade na brand heeft uiteindelijk gevolgen voor de hoogte van de verzekeringspremies. Langdurige branden en branden waarbij hoge concentraties schadelijke stoffen vrij komen vinden veelal plaats in gebouwen met grote compartimenten, ofwel in een 'complex gebouw'. Er is niet onderzocht hoe vaak per jaar dergelijke branden in Nederland voor komen. Deze gegevens zijn ook niet eenvoudig per land te achterhalen, wat een wereldwijd vergelijk lastig maakt.

Een ander punt van aandacht is dat veel van de aangetroffen literatuur over het verschil tussen prescriptieve en performance-based regelgeving zijn opgesteld vanuit het paradigma van deregulering en kostenbesparing. Deze artikelen zijn doorgaans vanuit het perspectief van marktpartijen geschreven en gaan vooral in op de voordelen van ontwerprijheid bij de performance-based regelgeving. Er is echter nauwelijks literatuur aangetroffen over evaluatieve onderzoeken die ingaan op het verschil in de effecten van beide typen regelgeving op het (nationale) brandveiligheidsniveau. Hierbij is (i) het beperken van slachtoffers, (ii) het beperken van materiële schade, (iii) het beperken van milieuschade, (iv) het beperken van de tijdsduur van een brandweerinzet van belang, zoals hiervoor is omschreven. Daarnaast is ook (v) de veiligheid van een brandweerinzet van groot belang. Al deze vijf aspecten<sup>37</sup> moeten in brandpreventieve maatregelen worden omgezet en daarmee in het gebouwo ontwerp worden meegenomen. Tot slot is in het onderhavig onderzoek een globaal overzicht gegeven van de

---

<sup>37</sup> In de huidige wetgeving zijn alle genoemde aspecten opgenomen, waarbij de beperking van materiële schade en de tijdsduur van een brandweerinzet zijn verwerkt in voorschriften die betrekking hebben op het beheersbaar houden van een brand.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

factoren die van belang zijn voor de implementatie van een performance-based beoordelingssysteem, dat gestoeld is op Fire Safety Science en Fire Safety Engineering. Maar om conclusies te kunnen trekken over de effectiviteit van deze innovatieve benadering van brandpreventie in termen van brandveiligheid<sup>38</sup>, en om aanbevelingen te kunnen geven over de invulling van beleid voor een potentieel succesvolle implementatie van een performance-based beoordelingssysteem, zal nader onderzoek verricht moeten worden.

---

<sup>38</sup> Ofwel de outcome van het beoordelingssysteem. Zie ook hoofdstuk 3, paragraaf 2.4, onderdeel 'Wetgeving'.

# REFERENTIES

## Literatuur

- Babrauskas, V., R. Peacock (1992) Heat Release Rate: The Single Most Important Variable in Fire Hazard. *Fire Safety Journal* 18, pp 255-272.
- Beard, A.N. (2005) Requirements for acceptable model use. *Fire Safety Journal* 40, pp 477-484
- Bouwbesluit (2003)
- Brand, R. van den, L. Witloks, J. Weges (2005) *Leidraad gelijkwaardigheid en brandveiligheid stationsgebied Utrecht*. Nibra. Arnhem.
- Bukowski, R.W.. (2001) Fire as a building design load. *International Interflam Conference, 9th Proceedings*, pp 341-350.
- BZK (1995a) *Brandbeveiligingsconcept Beheersbaarheid van brand*. Den Haag.
- BZK (1995b) *Brandbeveiligingsconcept Gebouwen met een publieksfunctie*. Den Haag.
- Carlsson, E. (1999) *External fire spread to adjoining buildings. A review of fire safety design guidance and related research*. Lund University. Lund, Sweden.
- Casburn, L. (2005) Presentatie op PED2005, conferentie over loop- en evacuatiemodelering, Technische Universiteit Wenen 28 t/m 30 september 2005. L. Casburn, Oregon State University, VS.
- CBS (2004) *Brandweerstastistiek 2003.Voorburg*.
- Charters, D. (2002) Practice makes perfect. *Fire Prevention & Fire Engineers Journal*. September 2002, pp 18-19.
- Coppens, E.G.C., W. Pluim, J.W. Pothuis (2003) *Inventarisatie grote brandcompartimenten. Eindrapport*. PRC Bouwcentrum BV. Bodengraven.
- CSLS (2005) *The diffusion and adoption of advanced technologies in Canada: an overview of the issues*. Centre for de Study of Living Standards. Ottawa, Ontario, Canada.
- Damanpour, F., S. Gopalakrishnan (1998) Theories of organizational structure and innovation adoption: the role of environmental change. *Journal of Engineering and Technology Management* 15, pp 1-24.
- Delichatsios, M.A., G.W.H. Silcock, X. Liu, M. Delichatsios, Y. Lee (2004) Mass pyrolysis rates and excess pyrolysate in fully developed enclosure fires. *Fire Safety Journal* 39, pp 1-21.
- Dewar, R.D., J.E. Dutton (1986) The adoption of radical and incremental innovations: an empirical analysis. *Management Science* 32 (11), pp 1422-1433.
- Drejer, I., B.H. Jørgensen (2005) The dynamic creation of knowledge: analyzing public-private collaborations. *Technovation* 25, pp 83-94.
- EC, BeneFue (2002) *The potential benefits of fire safety engineering in the European Union*. Final report to DG Enterprise, 19 July 2002
- Foliente, G.C. (2000) Developments in performance-based building codes and standards. *Forest Products Journal* 50 (7/8).



# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Forney, G.P., D. Madrzykowski, K.B. McGrattan, L. Sheppard (2003) Understanding Fire and Smoke Flow Through Modeling and Visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications* 23 (4), pp. 6-13.

Gann, R.G. (2004) Estimating data for incapacitation of people by fire smoke. *Fire Technology* 40.

Geneva Association (2005) *World Fire Statistics No. 21. Information Bulletin of the World Fire Statistics*. Geneva Association Information Newsletter. International Association for the Study of Insurance Economics.

Goudsblom, J. (2001) *Vuur en beschaving*. Amsterdam.

Grimwood, P. & K. Desmet (2002) *Tactical Fire Fighting. Flashover & nozzle techniques*. Cemac / London Fire Brigade.

Gwynne, S., E.R. Galea, M. Owen, P.J. Lawence & L. Filippidis (1999) A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the build environment. *Building and environment* 34, pp. 741-749.

Heijnen, A.C.M., M.C.M. Jaspers, J.G. van der Tang, W. Schoneveld, P.H.H. van den Broek (2002) *Nulmeting pro-actie en preventie bij regionale brandweerorganisaties*. Onderzoek binnen het Project Versterking Pro-actie en Preventie.

Helbing, D., I.J. Farkas, P. Molnár & T. Vicsek (2001) *Simulation of pedestrian crowds in normal and evacuation situations*.

Helsloot, I. (2002) Over vergunningverlening en structurele veiligheidsplanning op het gebied van fysieke veiligheid. In: *Jaarboek Onderzoek 2001 / 2002*. Hfst. 2. Nibra. Arnhem.

Hendriks, J.A.M., J.D. Berghuijs (2005) *Brand in het cellencomplex Schiphol Oost. Een evaluerende quick scan*. Onafhankelijke commissie gemeentelijke verantwoordelijkheden cellenbrand Schiphol. Haarlemmermeer.

Huggett, C. (1980) Estimation of rate of heat release by means of oxygen consumption measurement. *Fire and Materials* 4 (2), pp 61-65.

Jenkins, P. (2005) Capital gain. An overview of the work of the London Fire Brigade Fire Engineering Group. *Fire Prevention & Fire Engineers Journal*. September 2005, pp 18-22.

Jiang, F. (1998) Flame Radiation from Polymer Fires. *Fire Safety Journal* 30, pp 383-395.

Kobes, M., I.C. Elias, R.R. Hagen (2001) *Onderzoek naar oorzaken en gevolgen van woningbranden*. Nibra publicatiereeks nr. 10. Arnhem.

Krusse, D. (2005) Presentatie op PED2005, conferentie over loop- en evacuatiemodelering, Technische Universiteit Wenen 28 t/m 30 september 2005. Presentatie van D. Krusse, Dehne, Kruse & Partner Fire Safety Engineers, Duitsland.

Kuhlmann, S. (2004) Rationales and evolution of public RTD policies in the context of their evaluation. In: Rojo, J, W. Polt. *Handbook on the Evaluation of Research and Technology Policy*. Concepts, Tools and Indicators. Cheltenham.

Lundin, J. (2005) *Safety in case of fire. The effect of changing regulations*. Doctoral thesis. Lund University, Sweden.

Markert, F. (1998) Assessment and mitigation of the consequences of fires in chemical warehouses. *Safety Science* 30, pp 33-44.

Nibra (2005) *Brandverloop*. Arnhem.

- Novozhilov, V. (2001) Computational fluid dynamic modeling of compartment fires. *Progress in energy and combustion science* 27, pp 611-666.
- Pires, T.T. (2005) An approach for modeling human cognitive behavior in evacuation models, *Fire Safety Journal* 40, pp 177-189.
- Premkumar, G., M. Roberts (1999) Adoption of new information technologies in rural small businesses. *Omega, The International Journal of Management Science* 29, pp 467-484.
- Proulx, G. (1997) Misconceptions about human behaviour in fire emergencies, *Canadian Consulting Engineer*, pp 36-38.
- Proulx, G. (2001) Occupant behaviour and evacuation, *Proceedings of the 9th International Fire Protection Symposium*. Munich, May 25-25, pp 219-232
- Purser, D.A. & M. Bensilum (2001) Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations, *Safety Science* 38, pp 157-182
- Purser, D.A. (2003) Data Benefits, Fire Prevention - *Fire Engineers Journal*, August 2003
- Purvis, R.L, V. Sambamurthy, R.W. Zmud (2001) The assimilation of knowledge platforms in organizations: an empirical investigation. *Organization Science* 12 (2), pp 117-135.
- Rosenberg, T. (1999) Statistics for fire prevention in Sweden. *Fire Safety Journal* 33, pp 283-294.
- Rosmuller, N., M. Kobes, J. Schokker, V. van Vliet (2005) *Verkenning van simulatiemodellen: brandontwikkeling, evacuatie en brandbeveiligingsinstallaties*. Arnhem.
- Sandberg, A. (1997) *Unannounced evacuation of large retail-stores. An evaluation of human behaviour and the computer model Simulex*. Lund University, Departement of Fire Safety Engineering.
- Särdqvist, S., G. Holmstedt (2000) Correlation between firefighting operation and fire area: analysis of statistics. *Fire Technology* 36 (2), pp 109-130.
- Schneider, V. (2005) Presentatie op PED2005, conferentie over loop- en evacuatiemodelering, Technische Universiteit Wenen 28 t/m 30 september 2005. Presentatie van V. Schneider, IST, Duitsland.
- Schoonbaert, L. (1997) *Fire Safety Engineering: een antwoord voor de toekomst!* IFSET. Asse, België.
- Schwerin, J., C. Werker (2003) Learning innovations policy based on historical experience. *Structural Change and Economic Dynamics* 14, pp 385-404.
- Sime, J.D. (1995) Crowd psychology and engineering, *Safety Science* 21, pp. 1-14
- Tickner, J.A., K. Geiser (2004) The precautionary principle stimulus for solutions- and alternatives-based environmental policy. *Environmental Impact Assessment Review* 24, pp 801-824.
- Tidd, J., J. Bessant, K. Pavitt (2001) *Managing innovation. Integrating technological, market and organizational change*. Wiley.
- Uddameri, V. (2002) Knowledge management to support fate and transport modeling efforts in risk-based decision-making frameworks – salient issues and paradigm development. *Clean Techn Environ Policy* 4, pp 140-150.
- Veek, J.H. van der, K.M. Horsley (2003) *Brandveiligheidseisen hoogbouw*. V2BO Advies.
- Xiaojun, C., Y. Lizhong, D. Zhihua, F. Weicheng (2005) A multi-layer zone model for predicting fire behavior in a fire room. *Fire Safety Journal* 40, pp. 267-281.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

## Websites

BRE, 2005

<http://www.bre.co.uk>

BRW, 2006

<http://www.brandweer.nl>

BV, 2006

<http://www.bouwvacatures.nl>

Cornell, 2005

<http://www.people.cornell.edu>

IFE, 2005

<http://www.ife.org.uk>

NBDC, 2005

<http://www.nbdc.nl>

Nationaal Brandweer Documentatie Centrum

OZR, 2005

<http://www.onderzoeksraad.nl>

SFPE, 2005

<http://www.sfpe.org>

UCDAVIS, 2005

<http://philo.ucdavis.edu>

VC, 2006

<http://www.vacant.nl>

WH, 2006

<http://www.windesheim.nl>

WO, 2005

<http://www.rnw.nl>

Wereldomroep

WSU, 2005

<http://www.wsu.edu>



## BIJLAGE

# Opleidingen in Fire Engineering

**University of Edinburgh (Groot-Brittannië)**

Undergraduate Courses Fire Safety Engineering

Fire Safety Engineering 3	No information available
Fire Science & Fire Dynamics 4	<p>This course is intended to provide the knowledge required for quantitative fire hazard analysis. Physical and chemical behaviour of combustion systems as well as the impact of fire on structures and materials will be addressed. The student will acquire skills for quantitative estimation of the different variables of fire growth.</p> <p>Basic principles of fire dynamics will be used to provide analytical formulations and empirical correlations that can serve as tools for design calculations and fire reconstruction. Focus will be given to the scientific aspects of fire but some basic features of fire safety engineering will be also developed.</p>
Current Methods in Fire Safety Engineering 4	<p>This course provides the principles of prescriptive design of structures for fire safety. All different aspects of design are discussed (i.e. smoke management, detection, alarm, suppression, egress, etc.). Although this module concentrates on prescriptive calculations, analytical tools will be used to establish their limitations and uncertainties. This course will enable the student to carry out a prescriptive design in a critical manner. Emphasis is given to the capability of establishing criteria of performance within prescriptive design.</p>
Advanced Fire Safety Engineering Project 4	No information available
Numerical Techniques in Fire Safety Engineering 5	<p>This course addresses the use of models in Fire Safety Engineering. The course is divided into three sections, fire modelling, structural modelling and egress modelling. Fire modelling provides an introduction to the different computational tools available for the study of fire growth and smoke migration. These tools are based on the principles of fire dynamics. Assumptions, numerical methods and limitations will be discussed. Structural modelling studies the behaviour of structures when exposed to a fire. Basic knowledge on the behaviour of construction related materials is used to estimate how mechanical properties of construction materials are affected by a fire</p>

	<p>(i.e. temperature rise). Structural analysis principles are applied then to the fire problem. This course will provide the necessary knowledge to carry a dynamic calculation of structural behaviour in the event of a fire. An introduction to analytical and computational tools for structural design for fire will be presented. Calculation methods for Egress will be described. The general objective of this course is to provide understanding of the tools available for performance calculations.</p>
<p>Quantitative Methods in Fire Safety Engineering 5</p>	<p>This module provides the principles of performance-based design of structures for fire safety. It focuses on the use of analytical and numerical tools in the estimation of performance of fire safety systems. Fire investigation and reconstruction (i.e. Forensics) is introduced. Advanced systems are introduced to establish modern approaches to fire safety engineering. A significant portion of this module is dedicated to industrial fire safety. This section will be introduced on the basis of different industrial examples and the application of fire safety principles to their analysis. This module will present the different analytical, empirical models and numerical models used for quantitative performance assessment of fire safety systems. Emphasis is given to the use of numerical tools. Tutorials will introduce the student to modern numerical tools and to their application in the design of fire safety systems. This course will familiarize the student with the use of different quantitative methodologies for fire safety calculations. Thus, after this course the student should be able to use analytical and computer-based fire models, evaluate results from these tools and assess uncertainty related to the output from these tools. The student after this module should be able to apply the tools learned in previous modules towards performance-based design, quantitative risk assessment, equivalence analysis and fire reconstruction.</p>
<p>Fire Dynamics Laboratory 5</p>	<p>This module will consist of alternated laboratory and tutorial sessions that will provide the student with knowledge on the different experimental techniques used in fire safety engineering. The use of standard tests and the application of the results to design will be emphasized.</p>

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

## **University of Leeds (Groot-Brittannië)**

Fire and Explosion BEng/Meng

Subjects studied during the courses can include some of the following:

- Design of escape routes, detection and alarm, fire suppression, fire containment and smoke control systems for buildings;
- Role of fire retardants in increasing the ignition delay for polymers used in commercial and domestic furniture using the cone calorimeter;
- Modelling of fire spread in buildings and transport (e.g. aircraft cabin fires, offshore rigs, underground and tunnel fires);
- Assessing fire investigations from major incidents (e.g. Piper Alpha oil rig, Kings Cross fire, World Trade Center);
- Forensic investigations of suspected arson, e.g. where accelerants have been used and leave residues behind;
- Dust and gas explosions using large experimental facilities for understanding explosion acceleration and safe venting of explosions;
- Investigations of fire suppression control systems;
- Experiments on fire development using the pool fire facility and the fire test rig;
- Zone and Computational Fluid Dynamics (CFD) modelling of fire and smoke movement.

Duration: 3 years

## **University of Ulster (Groot-Brittannië)**

PGDip/MSc Fire Safety Engineering

Entry requirements:

Honours degree in a science or engineering discipline, or a degree in a science or engineering discipline and have been in related professional employment for at least one year.

Duration:

PGDip - one academic year (full-time)

MSc - one calendar year (full-time)

The current taught programme comprises modules in:

- Heat Transfer and Thermo-fluids;
- Fire Dynamics;
- Structural Fire Engineering;
- Fire Engineering Laboratory Explorations;
- Active Fire Control Systems;
- Quantitative Risk Analysis;
- Fire Safety Engineering Design;
- People and Fire.

## **Lund University (Zweden)**

Degree Programme in Fire Protection Engineering

The Department has a comprehensive educational program, based since 1986 on the Bachelors Programme in Fire Protection Engineering ([www.brandingenjor.lth.se](http://www.brandingenjor.lth.se)), to which 50 students are admitted each year. A Masters Programme in Risk Management and Safety Engineering ([www.riskhantering.lth.se](http://www.riskhantering.lth.se)) was launched in 2001, to which 30 students are admitted annually.

Some of the main areas of research are:

- Risk-based fire engineering design;
- Risk- and vulnerability analysis;
- Modelling of fires;
- Extinguishing media;
- Industrial risks;
- Rescue services.

**Bachelors programme**

3 1/2 year's study (140 credits) in the Fire Protection Engineering Programme, leading to a Bachelor's degree in Fire Protection Engineering. 1 year's further education at the Swedish Rescue Services College in Revinge outside Lund. This extra year qualifies graduates for positions of leadership in the rescue services.

**Fire related subjects**

Heat Transfer	2 cr.
Fire Chemistry and Explosions	5 cr.
Fire Dynamics	7 cr.
Extinguishing agents and Effects	4 cr.
Passive Systems	3 cr.
Active Systems	5 cr.

**Design and risk analysis**

Risk management I	5 cr.
Risk management II	5 cr.
Fire Safety Evaluation	5 cr.
Riskbased Physical Planning	5 cr.
Fire Safety Design and Risk Evaluation	10-15 cr.

**University of Canterbury (Nieuw Zeeland)**

Fire Engineering (full time, 18 months / part time at least 3 years / distance-learning)  
 A degree in Fire Engineering is a post-graduate qualification of either Master's or PhD level.

Entry requirement is generally a B.E. degree in Chemical, Civil, Mechanical or Electrical Engineering.

7 to 12 students graduate from the MEFE programme each year. A wide range of research is carried out in the Fire Engineering programme. The Fire Engineering research programme is supported by the New Zealand Fire Service and the Foundation for Research Science and Technology.

**Subjects:**

Structural Fire Engineering	<p>At the end of this course, participants will be able to make calculations of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Heat release rates of materials and items of furniture</li> <li>* Temperatures in post-flashover fires</li> <li>* Equivalent fire severity</li> <li>* Fire spread by radiation from building to building</li> <li>* Temperatures in structural assemblies using hand methods and SAFIR</li> <li>* Loads and safety factors for structural fire design</li> <li>* Performance of steel and concrete structures using SAFIR and hand methods</li> <li>* Fire resistance of heavy timber and light timber frame structures.</li> </ul>
-----------------------------	---



# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Fire Dynamics	<p>At the end of this course the student should be able to apply the fundamental concepts presented in the course:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Analyse the temperature distribution in a solid analytically in 1-D and numerically in 2-D.</li> <li>* Develop reasonable estimates of the convection coefficient.</li> <li>* Determine the radiation levels from a burning object.</li> <li>* Understanding when and how an object ignites.</li> <li>* Construct a heat release rate history for a burning object.</li> <li>* Estimate the temperature and velocity profiles within a fire plume.</li> </ul>
Fire Safety Systems	<p>The student will become familiar with</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* The types of active systems that are available;</li> <li>* The role of each system;</li> <li>* Their strengths and weaknesses;</li> <li>* How to make basic design calculations for each system</li> <li>* Relevant New Zealand and international codes and standards.</li> </ul>
Risk Assessment	<p>Introduction to Risk Concepts: Societal vs individual risk; Perceived, assessed vs actual risk; Dimensions of Risk; Risk identification. Risk Assessment: Data selection; Uncertainty and Sensitivity; Probability Distributions; Extreme value theory, Monte Carlo simulation; Fault and Event trees; Reliability theory. Risk Evaluation and Management: Scoring systems; HAZOP, HAZAN, FOSM; Utility theory; Risk appetite and risk acceptability; Ethical aspects of risk evaluation; Risk management strategies.</p>
Fire Design Case Study	<p>Specific fire engineering design of a case study building. Application of fire design computer models. Synthesis of life safety and property protection strategies.</p>
Advanced Fire Dynamics	<p>Ceiling jet flows. Fundamentals of zone modelling and vent flows. Compartment fire analysis. Applications of computer fire models.</p>

## University of Maryland (VS)

Professional master of engineering in Fire Protection (part-time, 15 months)

The University of Maryland Department of Fire Protection Engineering, one of the few places in the world offering degrees in fire protection engineering, has a Web-based fire protection option under its existing Professional Master of Engineering program. Designed with the working engineer in mind, the program features a curriculum rich in the latest scientific and technological principles and practices needed to advance your career.

Open to qualified applicants with an earned bachelor's degree, GPA of 3.0 or better, from an accredited institution, in engineering or a related field that includes courses in differential equations, structural mechanics, fluid mechanics and heat transfer or equivalent. A completed graduate admission application, copy of college transcripts and three recommendation letters are required.

### Subjects:

Human Response to Fire (3 credits)	<p>Physical, analytical procedures for the measurement of the toxic components in thermally produced smoke and gases. Human tenability characteristics, physiological effects of exposure components and dosages. Predictive models of material production rates, degradation variables. Effects of the different measuring instrument variables. Combustion gas analysis techniques.</p>
------------------------------------	---

Analytical Procedures of Structural Fire Protection (3 credits)	Analysis procedures for structural components of wood, steel, concrete and composites. Structural capabilities and modifications under fire induced exposures. Calculations, computer models for predicting fire resistance ratings of structural components.
Advanced Fire Risk Assessment (3 credits)	Definition, evaluation of the fire risk to a process, facility or area. Prevention, intervention, control and suppression strategies. Resource allocation, queuing theory, decision priority and cost analysis.
Advanced Fire Modeling (3 credits)	Validity, utility and reliability of current computer models. Applications of models in risk assessment, underwriting, loss prediction and hazard analysis. Development and validation of specific application models.
Smoke Detection and Management (3 credits)	Analysis of hazard smoke. Response analysis of smoke detectors based on characteristics of detectors and properties of smoke.
Advanced Fire Dynamics (3 credits)	Premixed and diffusion flames; ignition, flame spread and rate of burning; fire plumes; flame radiation.
Fire Assessment Methods (3 credits)	Evaluation of ignition, flame spread, rate of heat release and smoke production of furnishings and interior finish materials.
Advanced Fire Suppression (3 credits)	Mechanisms of flame extinction, suppression agent screening tests, droplet evaporation, fundamentals of sprinkler systems, fundamentals of water mist systems, fundamentals of gaseous agents, fundamentals of foam systems, Novel suppression experiments and technologies.
Forensic Fire Analysis (3 credits)	Techniques for the identification of ignition and propagation variables in fire incidents. Failure analysis procedures with temporal reconstruction. Computer models for fire reconstruction.
Performance-Based Design (3 credits)	Fire protection design goals and objectives, performance criteria and scenario selection. Evaluation of performance including interaction of fire and evacuation models. Safety factors, documentation procedures and application issues. Case studies.

### **The University of Western Sydney (Singapore)**

Master of Fire Safety Engineering (part time, 2 years)

Distance learning programme with local workshop sessions at the Civil Defence Academy of the Singapore Civil Defence Force.

The Master of Fire Safety Engineering is the only course recognized by the Australian Institute of Building Surveyors and the Building Surveyors and Allied Professions association of Australia as providing professionals competent to certify buildings for fire safety design compliance.

The course is designed to provide professionals with the skills and knowledge to assess, evaluate, design and recommend fire safety solutions. The course caters for the growing need to understand fire engineering principles and fire safety design. The Singapore Civil Defence Force (SCDF) recommends this course to Qualified Persons interested in Fire Engineering

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

solutions as a means to equip themselves to propose such solutions in the fire safety plans they submit to the Fire Safety Bureau.

Entry requirement is a Bachelor degree in either Engineering, Building, Architecture or other related areas.

The Master of Fire Safety Engineering consists of the following 7 subjects:

- Fire Engineering 1 (10 credits);
- Fire and Building Regulations (10 credits);
- Fire Safety Systems 1 (10 credits);
- Building Fire Services (10 credits);
- Fire Engineering 2 (10 credits)
- Fire Safety System2 (10 credits);
- Research Project (20 credits).

## University of Greenwich (Groot-Brittannië)

Taught MSc Fire and Evacuation Modelling Technology (full time, 3 years)

Subjects:

Fire Dynamics and Fire Modelling (30 credits)	On completion of the course, the student should: <ul style="list-style-type: none"><li>- demonstrate knowledge of zone and field modelling;</li><li>- be competent in evaluating zone and field model assumptions;</li><li>- have a good understanding of the capabilities and limitations of modelling software packages for zone and field modelling;</li><li>- be able to select and use the most appropriate mathematical software and demonstrate their use in compartment fire applications;</li><li>- be able to evaluate, analyse and interpret model predictions.</li></ul>
Human Behaviour and Evacuation Modelling (30 credits)	On completion of the course, the student should: <ul style="list-style-type: none"><li>- have a good understanding of the range of human psychological and physiological responses to fire;</li><li>- be able to assess evacuation model assumptions;</li><li>- have a comprehensive appreciation of the capabilities and limitations of evacuation modelling software;</li><li>- be able to use egress software to assess the evacuation performance of a structure under fire conditions;</li><li>- be able to evaluate, analyse and interpret model predictions.</li></ul>
Mathematics for Fire Engineering (15 credits)	On completion of the course, the student should: <ul style="list-style-type: none"><li>- be able to solve some classes of first and second order differential equations;</li><li>- be able to use numerical techniques for the solution of a set of equations.</li></ul>
Research Project Methodology (15 credits)	On completion of the course, the student should: <ul style="list-style-type: none"><li>- be able to develop research skills appropriate to a scientific project including a critical literature review and an analysis of existing work in the same area;</li><li>- be able to plan and manage a project effectively;</li><li>- be able to prepare and present project findings in a concise and articulate manner in seminars and dissertations;</li><li>- be able to prepare a technical report and/or thesis.</li></ul>

People and Fire (15 credits)	<p>On completion of the course the student should:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- understand the basic chemistry of common materials involved in fires and their toxic combustion products ;</li> <li>- be able to analyse aspects of human physiology relevant to fire hazards;</li> <li>- have a good understanding of the behavioural, toxic and physiological effects of occupant exposures in fires;</li> <li>- have the knowledge of common fire types and fire scenarios in buildings in terms of the development of hazardous conditions;</li> <li>- be able to use spread sheet and calculator methods for modelling toxic and physiological hazards in fires;</li> <li>- be able to interpret model predictions and understand the capabilities and limitations of the models;</li> <li>- be familiar with current standards and their applications.</li> </ul>
Spatial Orientation and Way Finding (15 credits)	<p>On completion of the course the student should have:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- a good understanding of Spatial Orientation and Way Finding concepts;</li> <li>- an appreciation of the main themes and findings from the literature, and be able to apply these findings in evacuation modelling scenarios;</li> <li>- the problems confronting an occupant attempting to urgently find a way out of an enclosure;</li> <li>- the ability to undertake a building walk through evaluation technique to systematise experiences of like enclosures during the evacuation design of future enclosures;</li> <li>- the capability to show the results of this process in evacuation modelling.</li> </ul>
Research Project (60 credits)	<p>The project is intended to allow the student to display an ability to apply the methodologies and techniques learned on the pathway. The project will have clearly defined outcomes, and may be prescriptive in nature. Typically, it will allow the student to demonstrate their ability in interpretation of the project's aims and goals, personal time management, ability to work in an organised and coherent manner, mastery of course material and communication skills.</p>

## University of Teesside (Groot-Brittannië)

Msc Fire Investigation (Block study, 1 year)

The course combines the established expertise of the University in the areas of engineering and forensic investigation. The focus of study is the investigation of fires, looking at every stage of the process from recovery and recording of evidence at an incident, through analysis and reconstruction, to the delivery of expert testimony. The underlying scientific principles of fires will be covered along with the engineering principles used to prevent or mitigate the effects of fire. Students benefit from links with practitioners and organisations working in the field. Members of staff include experts in handling crime scenes and related incidents. There are wide-ranging laboratory facilities to assist in the delivery of science and engineering fundamentals and extensive computing facilities for modelling. Core areas of study focus on a wide range of techniques in fire investigation and include fire dynamics, scene management, evidence analysis and fire engineering.

The course can lead to the award of a postgraduate certificate at Stage 1 (60 credits - 3 modules), postgraduate diploma at Stage 2 (120 credits - 6 modules), or on completion of a research project, the MSc.

# FIRE SAFETY ENGINEERING

EEN INNOVATIEGERICHTE BENADERING VAN BRANDPREVENTIE

Op basis van praktijkervaringen kan gesteld worden dat het huidige beoordelings-systeem voor brandveiligheid onvoldoende handvatten biedt voor de beoordeling van de (gelijkwaardige) brandveiligheid van complexe gebouwen. Een andere bedenking tegen het huidige systeem is dat de wettelijke regelingen geen wetenschappelijke basis hebben, terwijl juist vanuit wetenschappelijk onderzoek (gelijkwaardige) oplossingen voor brandveiligheid ontwikkeld kunnen worden.

Vanwege de beperkingen in de uitvoering van de huidige regelgeving, hebben ontwerpers en toetsers behoefte aan een systeem waarmee de brandveiligheid van deze complexe bouwwerken beoordeeld kan worden. Met de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering kan mogelijk in deze behoefte worden voorzien. Bovendien zal het naar verwachting leiden tot meer innovatieve gebouwontwerpen en daarmee functioneren als een innovatiegerichte benadering van brandpreventie. In deze publicatie wordt daarom ingegaan op beleidsaspecten die van toepassing zijn op de implementatie van Fire Safety Science en Fire Safety Engineering in Nederland.



*“If a builder build a house for some one, and does not construct it properly, and the house which he built fall in and kill its owner, then that builder shall be put to death.”*

Wet van Hammurabi, koning van Babylon (ong. 1780 v.Chr.)