



DEEL 4

SOFTWARE

voor het

BRANDVEILIGHEIDSONTWERP

door

J.J. Martínez de Aragón, F. Rey en J.A. Chica

LABEIN

## INHOUD

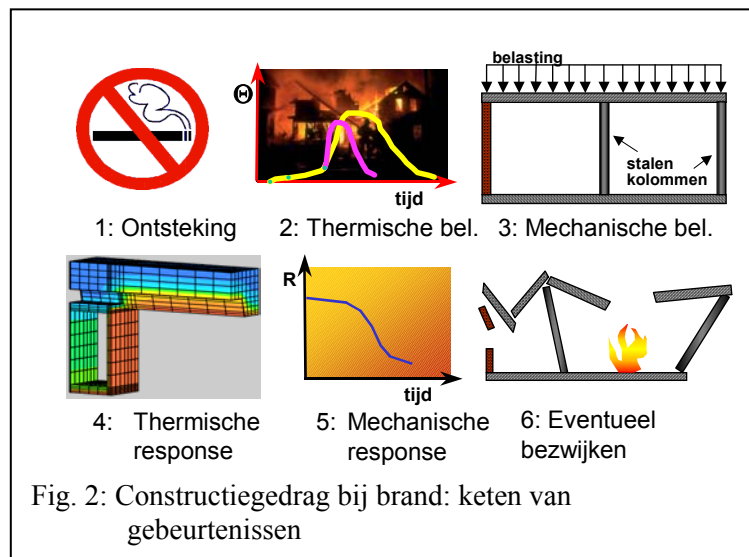
1	INLEIDING.....	3
2.	CLASSIFICATIE VAN SOFTWARE OP HET GEBIED VAN DE BRANDBEVEILIGING.....	5
2.1	Brandmodellen .....	5
2.2	Modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken .....	10
2.3	Evacuatiemodellen .....	13
2.4	Modellen voor de response van actieve brandbeveiligingsinstallaties.....	14
2.4	Diversen.....	15
2.5	Software, beschikbaar in het publieke domein.....	17
3.	TE EVALUEREN ASPECTEN .....	18
3.1	Rekenmethode – de gebruikte fysische en wiskundige modellen .....	18
3.2	Documentatie van de software .....	18
3.3	Gebruiksaspecten.....	18
4.	Ge-evalueerde software .....	18
4.1	Informatie m.b.t. de software, verzameld in tekst-formaat .....	19
4.2	Dertien, in detail geëvalueerde programma's.....	19
5.	Annex: SOFTWARE.....	20
5.1	DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A .....	20
5.2	FAST/CFAST:.....	21
5.3	OZONE.....	23
5.4	FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview: .....	25
5.5	AFCB (Composite Beam Fire Design).....	27
5.6	AFCC (Composite Column Fire Design) .....	29
5.7	Elefir: .....	31
5.8	H-Fire .....	33
5.9	Potfire .....	34
5.10	BoFire .....	35
5.11	Evacnet4: .....	36
5.12	Detact-QS: .....	37
5.13	Jet:.....	39

## 1 INLEIDING

Het doel van constructieve Fire Safety Engineering (FSE) is om – met behulp van betrouwbare rekenmodellen - aan te tonen dat de dragende functie van een aan brand blootgestelde constructies tenminste gedurende een als veilig beschouwde tijd, behouden blijft. Zie fig. 1.

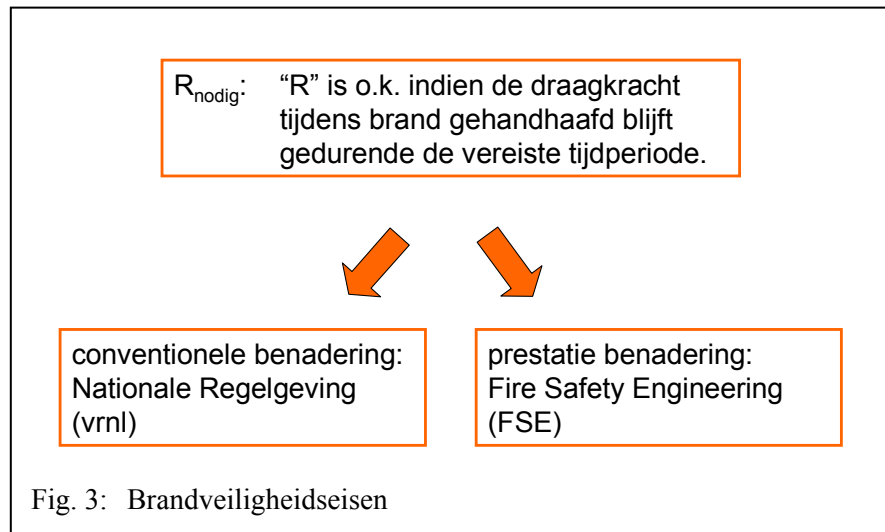


Gedurende de laatste 15 jaar zijn aanzienlijke inspanningen geleverd om rekenmethoden te ontwikkelen ter bepaling van de brandwerendheid van constructies. Deze methoden zijn voor een belangrijk deel opgenomen in de Eurocodes “Brand” en zijn gekoppeld aan de kenmerkende gebeurtenissen die zich tijdens brand voordoen. Zie fig. 2



Ter bepaling van de brandveiligheid van een constructie is het ook nodige een duidelijk beeld te hebben van de eisen waaraan de constructie moet voldoen. Het is gebruikelijk deze eisen uit te drukken als functie van de tijd. In de meeste landen bestaat regelgeving waarin deze eisen worden gespecificeerd, veelal in de vorm van normatief voorgeschreven (Eng.: prescriptive)

oplossingen. Met behulp van Fire Safety Engineering, worden alternatieve oplossingen geboden om aan de gestelde eisen te voldoen, uitgaande van zgn. prestatie-eisen. Zie fig. 3.



Teneinde de twee parameters ( $R_{\text{beschikbaar}}$  en  $R_{\text{nodig}}$ ) vast te stellen is een aanzienlijke hoeveelheid software ontwikkeld. In het kader van het DIFISEK project zijn in totaal 172 computerprogramma's geïdentificeerd, waarvan er 27 beschikbaar zijn in het publieke domein.

In dit deel van de syllabus wordt niet slechts een overzicht gegeven van de beschikbare software, het is ook nadrukkelijk de bedoeling een leidraad te verstrekken voor het optimale gebruik ervan. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de brandmodellen als zodanig, de gebruikte software en het toepassingsgebied.

Een brandmodel is een hulpmiddel waarmee een voor brand kenmerkende gebeurtenis wordt beschreven. Dergelijke gebeurtenissen betreffen niet slechts de ontwikkeling van brand en de verspreiding van rook, maar kunnen ook betrekking hebben op het verbrandingsproces, de evacuatie van in het gebouw aanwezige personen, of op het bezwijken van de constructie. Brandmodellen kunnen worden onderscheiden in experimentele en numerieke modellen. De experimentele modellen zijn gebaseerd op de natuurwetenschappelijke uitgangspunten en/of uitgangspunten ontleend aan de (menselijke) gedragwetenschap. Dergelijke modellen zullen in deze syllabus niet worden behandeld. De numerieke modellen gaan uit van een aantal wiskundige betrekkingen, waarmee de betreffende gebeurtenis tijdens brand wordt beschreven. Deze modellen zijn het onderwerp van dit deel van de syllabus.

Numerieke modellen worden onderverdeeld in deterministische en statistische modellen. Modellen uit de eerste categorie worden beheerst door fysische en chemische wetten. De statistische modellen worden niet in directe zin door deze wetten bepaald; hier gaat het om statische uitspraken m.b.t. de betreffende brandgebeurtenissen. Als gevolg van de complexiteit van de fysische en statistische relaties die in de modellen een rol spelen, is het in het algemeen noodzakelijk om bij het werken met brandmodellen gebruik te maken van computers.

Brand wordt gekenmerkt door een groot aantal gebeurtenissen. Teneinde de evaluatie van de beschikbare software zo overzichtelijk mogelijk te maken, is uitgegaan van een classificatie op basis van toepassingsgebied.

## 2. CLASSIFICATIE VAN SOFTWARE OP HET GEBIED VAN DE BRANDBEVEILIGING

De meest gebruikelijke computerprogramma's op het gebied van de brandbeveiliging beschrijven de verspreiding van rook en warmte in besloten brandruimten. Daarnaast bestaan echter ook modellen die de brandwerendheid m.b.t. de dragende functie of de response van brandmelders beschrijven. De classificatie van modellen volgens Olenick & Carpentier gaat uit van zes categorieën: constructieve brandwerendheid, zone- brandmodellen, veld-brandmodellen, evacuatie-modellen, brandmelder-responsemodellen en “overige” modellen. Door het samennemen van de zone- en de veldmodellen in een meer algemene groep “brandmodellen”, wordt in deze syllabus het aantal categorieën beperkt tot vijf. Op deze wijze wordt een classificatie verkregen die slechts afhankelijk van het toepassingsgebied van de software en niet van de gebruikte wiskundige of statistische technieken.

Twee subcategorieën kunnen worden onderscheiden:

- een groep modellen die betrekking heeft op de thermische en mechanische response van de constructie (zie ook fig. 2)
- een groep modellen die betrekking heeft op de eisen waaraan de constructie ingeval van brand moet voldoen.

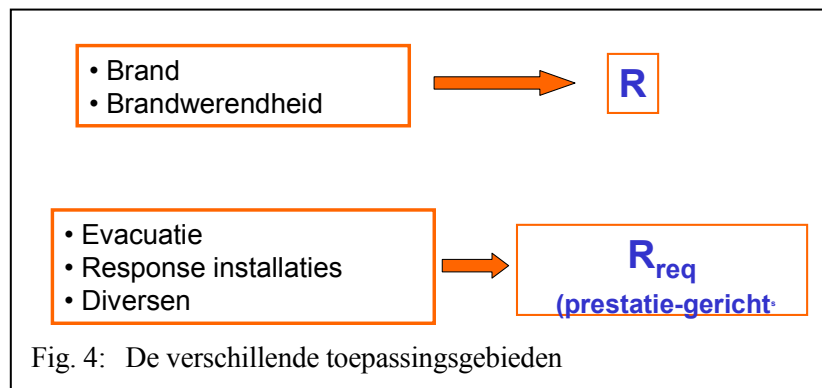


Fig. 4: De verschillende toepassingsgebieden

### 2.1 Brandmodellen

Binnen dit toepassingsgebied vallen verschillende categorieën software, welke zich onderscheiden naar de mate van schematisering. Uitgegaan wordt van de klassering zoals aangehouden in EN1991-1.2 (zie fig. 5):

Brandmodellen	
Nominale temperatuur – tijdkrommen (conventioneel)	Standaardbrandkromme
	Externe brandkromme
	Koolwaterstof brandkromme
Natuurlijke branden (prestatiegericht)	Eenvoudige brandmodellen
	Compartmentbranden
	Plaatselijke branden
	Geavanceerde brandmodellen
Zonemodellen	
Veldmodellen	

Fig. 5: Brandmodellen

De volgende klassering geldt:

- eenvoudige brandmodellen: compartiment-brand en plaatselijke branden
- geavanceerde brandmodellen: zone- en veldmodellen

### 2.1.1 Eenvoudige brandmodellen

Deze modellen zijn gebaseerd op specifieke parameters, met een beperkt toepassingsgebied. Voor compartimentbranden wordt uitgegaan van een gelijkmatige en voor plaatselijke branden van een niet-gelijkmatige temperatuurverdeling.

---

#### Toepassingsgebied: Eenvoudig brandmodel

---

Model	Land	Identificatie	Korte beschrijving
DIFISEK-CaPaFi	Luxemburg	1	Berekening van de temperatuur in een staalement, verhit door 1 tot 5 plaatselijke warmtebronnen. Gebaseerd op EN1991-1-2, EN 1993-1-2 en de ECSC projecten "Large Compartments" & "Closed Car Parks".
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Luxemburg	2	Berekening van de paramtrische brandkrommen en de temperatuur in onbeklede en beklede staalementen, blootgesteld aan parametrische brandkrommen. Gebaseerd op EN1991-1-2, Annex A and EN 1993-1-2.
DIFISEK-TEFINAF	Luxemburg	3	Berekening van de temperatuurverdeling in staalement onder een plafond, als functie van de tijd en van de afstand tot de brand. Gebaseerd op rapport EUR 18868 "Development of design rules for steel structures submitted to natural fires in large compartments".

---

De drie in de bovenstaande tabel genoemde computerprogramma's zijn ontwikkeld door Profil-Arbed Research (PARE) en zijn speciaal voor het DIFISEK project geactualiseerd.

### 2.1.2 Geavanceerde brandmodellen

#### 2.1.2.1 Zonemodellen

Een zonemodel is een model dat de brandruimte verdeeld in verschillende volume-elementen of zones. In de meest gebruikelijke zone-modellen wordt de ruimte opgesplitst in twee zones: een warme bovenlaag en een koude (kamertemperatuur) onderlaag. Een bijzonder geval wordt gevormd door de één-zone modellen. Deze modellen zijn gebaseerd op de veronderstelling dat er sprake is van een gelijkmatig verdeelde temperatuur in de brandruimte (dus: geen stratificatie). In sommige zonemodellen kan overgeschakeld worden van een twee-zonemodel naar een één-zonemodel, als aan zekere voorwaarden wordt voldaan (bijvoorbeeld het optreden van vlamoverslag).

Om een verantwoord gebruik te kunnen maken van deze modellen, dient aan een aantal aannamen te worden voldaan. Veel van deze aannamen zijn gebaseerd op waarnemingen tijdens experimenten. De belangrijkste aannemen zijn:

- Er is sprake van stratificatie in twee duidelijk te onderscheiden lagen (zoals tijdens een echte brand is waar te nemen). In elk van deze lagen wordt een gelijkmatige

temperatuurverdeling verondersteld. Strikt genomen is dit niet juist, maar de temperatuurverschillen in een laag zijn klein vergeleken met de verschillen tussen de lagen onderling, zodat deze aanname acceptabel is.

- Vanuit de kolom met (opstijgende) verbrandingsgassen boven de brandhaard, wordt warmte toegevoerd aan de bovenste zone. Echter, het volume van deze kolom wordt klein verondersteld, vergeleken met de volumina van de onder- en bovenlaag en kan worden verwaarloosd.
- Het volume van de in de brandruimte aanwezige voorwerpen wordt verwaarloosd. Warmte wordt opgenomen in de constructieonderdelen die de ruimte omhullen, niet in meubels e.d. Er bestaan zonemodellen, waarin – op beperkte schaal - rekening wordt gehouden met vlamuitbreiding over het meubilair.

Gebruikelijke invoergegevens wordt gevormd door de geometrie van de ruimte, de constructiedelen die de ruimte omhullen (wanden, vloeren, plafonds), de ventilatiemogelijkheden (aantal & afmetingen van ramen en deuren, mechanische ventilatie), brandeigenschappen zoals vlamuitbreiding en afbrandsnelheid van de bouwproducten, gebruikt in de afwerking van met name plafonds en wanden.

Gebruikelijke uitvoergegevens worden gevormd door responstijden voor sprinklers en automatische brandmelding, tijd tot vlamoverslag, temperatuur van de boven- en onderlaag, dikte van de rookvrije laag enz., enz.

M.b.v. zonemodellen is het niet mogelijk stralingsuitwisseling met de omgeving nauwkeurig in rekening te brengen. De afbrandsnelheid, d.w.z. het verloop van de vrijkomende energie als functie van de tijd en de brandomvang moeten geschat worden op basis proeven. Het oordeel van deskundigen (Eng.: expert judgement), speelt een belangrijke rol bij de uitvoering van de analyse.

Toepassingsgebied: zonemodellen			
Model	Land	Identificatie	Korte omschrijving
ARGOS	Denemarken	4	Multi-compartment zonemodel
ASET/ASET-B	VS	5	Eén-compartment zonemodel, zonder ventilatie
ASMET	VS	6	Rookverspreidingsmodel voor atria
Branzfire	Nieuw Zeeland	7	Multi-compartment zone-model, geïntegreerd met vlam- en branduitbreidingsmodel voor compartimentbranden
BRI-2	Japan/VS	8	Twee-zonemodel voor rooktransport over meerdere verdiepingen en meerdere ruimten
CCFM/Vents	VS	9	Multi-compartment zonemodel met ventilatie
Cfire-X	Duitsland/ Noorwegen	10	Zonemodel voor compartimentsbranden, in het bijzonder voor vloeistofbranden (koolwaterstoffen)
CiFi	Frankrijk	11	Multi-compartment zonemodel
COMPBRN	VS	12	Eén-compartment zonemodel
COMPF2	VS	13	Eén-compartment vlamoverslagmodel
<i>DACFIR-3</i>	<i>VS</i>	<i>14</i>	<i>Zonemodel voor vliegtuigcabines</i>
DSLAYV	Zweden	15	Eén-compartment zonemodel
FAST/CFAST	VS	16	Zonemodel voor de brandontwikkeling in een multi-compartmentgebouw
FASTLite	VS	17	Beperkte versie van CFAST
FFM	VS	18	Zonemodel voor zich ontwikkelende branden

			(d.w.z.: vóór vlamoverslag)
<i>FIGARO II</i>	<i>Duitsland</i>	19	<i>Zonemodel voor beoordeling van ondraagelijke situaties</i>
FIRAC	VS	20	Maakt gebruik van FIRIN, inclusief complexe ventilatiesystemen
FireMD	VS	21	Eén compartiment, twee-zonesysteem
FireWalk	VS	22	Maakt gebruik van CFAST met gebruik van verbeterde visualisatie
FireWind	Australie	23	Multi-compartiment zonemodel, met verschillende submodellen
FIRIN	VS	24	Multi-compartiment zonemodel met leidingen, ventilatoren en filters
FIRM	VS	25	Eén-compartiment twee-zonemodel
FIRST	VS	26	Eén-compartiment zonemodel, met ventilatie
FLAMME-S	Frankrijk	27	Twee-zonemodel
FMD	VS	28	Zonemodel voor atria
HarvardMarkVI	VS	29	Vroege versie van FIRST
HEMFAST	VS	30	Huiskamerbrand
HYSLAB	Zweden	31	Zonemodel voor zich ontwikkelende brand
IMFE	Polen	32	Eén-compartiment zone model met ventilatie
<i>MAGIC</i>	<i>Frankrijk</i>	33	<i>Twee-zonemodel voor kerncentrales</i>
<b>MRFC</b>	<b>Duitsland</b>	<b>34</b>	<b>Multi-compartiment zonemodel, inclusief rookverspreiding en thermische belasting op constructies</b>
<b>NAT</b>	<b>Frankrijk</b>	<b>35</b>	<b>Eén-compartiment zonemodel, specifiek voor de response van constructies</b>
NBS	VS	36	Zonemodel voor zich ontwikkelende brand
NRCC1	Canada	37	Eén-compartiment zone model
NRCC2	Canada	38	Zonemodel voor grote kantoorruimten
OSU	USA	39	Eén-compartiment zone model
<b>Ozone</b>	<b>Belgium</b>	<b>40</b>	<b>Eén-compartiment zonemodel, specifiek voor de thermische &amp; mechanische response van constructies</b>
POGAR	Russia	41	Eén-compartiment zone model
RADISM	UK	42	Zonemodel met vlammen tegen plafond, sprinklers en ventilatoren
RFIRES	USA	43	Zonemodel voor zich ontwikkelende brand (d.w.z.: vóór vlamoverslag)
R-VENT	Norway	44	Eén-compartiment rookventilatiemodel
SFIRE-4	Sweden	45	Zonemodel voor ontwikkelde brand (d.w.z.: na vlamoverslag)
SICOM	France	46	Eén-compartiment zone model
SMKFLW	Japan	47	Een-laags zonemodel voor rookverspreiding in gebouwen
Smokepro	Australian	48	Eén-compartiment zone model voor rook
SP	UK	49	Zonemodel voor ontwikkelde brand (na vlamoverslag)
WPI-2	USA	50	Eén-compartiment zone model
WPIFIRE	USA	51	Multi-compartiment zonemodel
ZMFE	Poland	52	Eén-compartiment zone model



In de meeste van de in de tabel opgenomen computerprogramma's wordt de nadruk gelegd op de verspreiding van warmte en rook. De toepassing ervan op de constructieve brandbeveiliging is met name gericht op de bepaling van de luchttemperatuur tijdens brand (met het doel om – als volgende stap – de temperatuurontwikkeling in de constructie-elementen te bepalen). De vet gedrukte computerprogramma's hebben vooral betrekking op het constructieve brandveiligheidontwerp. De cursief gedrukte programma's hebben betrekking op zeer specifieke situaties en de toepassingmogelijkheden op constructieve vraagstukken is zeer beperkt. Behalve de in de tabel weergegeven modellen, zijn nog drie modellen geïdentificeerd: CISNV (Rusland), FirePro (UK) en FireWalk (VS). Over deze modellen kon echter geen informatie worden verkregen.

#### 2.1.2.1 Veldmodellen

Veld- of CFD-modellen bieden de meeste mogelijkheden voor de beschrijving van het gedrag van branden. Evenals bij zonemodellen wordt bij CFD modellen wordt de brandruimte verdeeld in volume-elementen. Het aantal van deze modellen (bij zonemodellen twee a drie) kan bij CFD modellen wel honderd-duizenden.

M.b.v. CFD modellen worden, voor ieder volume-element, de zgn. Navier-Stokes vergelijking opgelost. Deze gedetailleerde benadering maken de oplossingen veel gecompliceerder en tijdrovender. Daar staat tegenover dat minder (arbitraire) aannamen nodig zijn en dat ook een meer complexe geometrie kan worden beoordeeld.

De invoergegevens hebben betrekking op de (gedetailleerde) geometrie van de brandruimte, constructieonderdelen die de brandruimte omhullen (inclusief wanden, vloer en plafond), de ventilatiemogelijkheden (aantal & afmetingen van ramen en deuren, mechanische ventilatie), brandeigenschappen zoals vlamuitbreiding en afbrandsnelheid van de bouwproducten gebruikt in de afwerking van met name plafonds en wanden, eigenschappen van het brandbare materiaal, parameters die de turbulentie tijdens brand bepalen, parameters die de straling tijdens brand bepalen.

De uitvoergegevens hebben betrekking op verspreiding van rook en warmte (inclusief locale luchtsnelheden),

Gebruikelijke uitvoergegevens wordt gevormd door responstijden voor sprinklers en automatische brandmelding, tijd tot vlamoverslag, temperatuurverdeling in de brandruimte, druk- en snelheidsverdeling van de gassen in de brandruimte enz., enz.

CFD berekeningen vergen een aanzienlijke rekentijd. Ook met CFD berekeningen ontkomt men er niet aan bepaalde aannamen te doen. Het is daarom noodzakelijke deze modellen voor gebruik te valideren.

CFD modellen kunnen worden gebruikt in geval van complexe geometrie (bijv.: niet vlakke wanden). CFD modellen worden intensief gebruikt op andere ingenieursgebieden (bijv. in de werktuig- en vliegtuigbouw). Dit leidt tot een betere toegankelijkheid van dergelijke modellen.

---

#### Toepassingsgebied: Veldmodellen (CFD)

---

Model	Land	Identificatie	Korte beschrijving
<i>ALOFT-FT</i>	<i>VS</i>	<i>53</i>	<i>Rookverspreiding vanaf grote buitenbranden</i>
<b>CFX</b>	<b>UK</b>	<b>54</b>	<b>Algemene CFD software</b>
FDS	VS	55	CFD programma m.b.t. brandgerelateerde stromingen
FIRE	Australië	56	CFD model met sprinklertoepassingen en gekoppeld aan vaste/vloeistoffase brandstof.

---

			ter beoordeling van de afbrandsnelheid en het blusproces
FISCO-3L	Duitsland/ Noorwegen	57	Eén-compartment veldmodel, ter beoordeling van de interactie tussen sprinklers en verbrandingsproducten uitgaande van natuurlijke of mechanische ventilatie
<b>FLUENT</b>	<b>VS</b>	<b>58</b>	<b>Algemene CFD-software</b>
JASMINE	UK	59	CFD-model voor brand- en rookverspreiding
KAMALEON	Noorwegen	60	CFD-model voor brand, gekoppeld aan een FEM-programma voor thermische response van constructies
KOBRA-3D	Duitsland/	61	CFD-model voor warmteoverdracht en rookverspreiding
MEFE	Portugal	62	CFD-model voor één- of twee compartimenten, inclusief tijdconstanten van thermokoppels
<b>PHOENICS</b>	<b>UK</b>	<b>63</b>	<b>Algemene CFD-software</b>
RMFIRE	Canada	64	Twee- dimensionaal veldmodel voor tijdafhankelijke berekening van rookverspreiding
SMARTFIRE	UK	65	Veldmodel m.b.t. brandontwikkeling
SmokeView	VS	66	Hulpmiddelen voor visualisering van FDS informatie
SOFIE	UK/Zweden	67	CFD-model voor brand- en rookverspreiding
<i>SOLVENT</i>	<i>VS</i>	68	<i>CFD-model warmtetransport en rookverspreiding in tunnels</i>
SPLASH	UK	69	Veldmodel ter beoordeling van de interactie tussen sprinklers en verbrandingsproducten
<b>STAR-CD</b>	<b>UK</b>	<b>70</b>	<b>Algemene CFD software</b>
<i>TUNFIRE</i>	<i>UK</i>	71	<i>CFD-model warmtetransport en rookverspreiding in tunnels</i>
UNDSAFE	VS/Japan	72	Veldmodel voor binnen- en buitenbranden

De meeste van de in de tabel genoemde programma's zijn gericht op warmtetransport en rookverspreiding. De toepassing op constructieve brandveiligheid heeft slechts betrekking op de bepaling van de temperatuurontwikkeling in onderdelen van de constructie. De vet gedrukte computerprogramma's betreffen algemene software. De cursief gedrukte programma's hebben betrekking op zeer specifieke situaties en de toepassingsmogelijkheden op constructieve vraagstukken is zeer beperkt. Behalve de in de tabel weergegeven modellen, zijn nog drie modellen geïdentificeerd: STREAM (Japan), VESTA (NL) en FLOTRAN (VS). Over deze modellen kon echter geen informatie worden verkregen.

## 2.2 Modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken

Deze modellen simuleren de mechanische response van aan brand blootgestelde constructie-elementen. Het belangrijkste doel van dergelijke modellen is het bepalen van de tijd tot bezwijken van de aan brand blootgestelde onderdelen van de constructie. Bepalend zijn de thermische wetten en de toegepaste mechanica.

Evenals voor de brandmodellen, kunnen ook hier verschillende categorieën software worden aangegeven, afhankelijk van de wijze waarop de mechanische response onder brandomstandigheden wordt bepaald. Voor de classificatie wordt uitgegaan van de Eurocodes "Brand", d.w.z. van EN1991-1.2 en EN1993-1.2. Zie ook fig. 6.

Hiervan uitgaande, worden modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken onderverdeeld in eenvoudige en in geavanceerde modellen.

De gebruikelijke invoergegeven betreffen mechanische eigenschappen en de randvoorwaarden van de betreffende constructie-elementen (inclusief de tijdens brand relevante belastingen).

De uitvoergegevens hebben betrekking op de tijd van bezwijken alsmede op het verloop van spanningen in en verplaatsingen van de constructie-elementen.

Procedure voor constructief ontwerp			Tabel- informatie	Eenvoudige reken- modellen	Geavanc./ reken- modellen
Regels op basis van conventies	Beoordeling componenten	Bepaling mechanische belasting & randvoorw..	JA	JA	JA
	Beoordeling deel constructie		NEE	JA (indien beschikbaar)	JA
	Beoordeling constructie als geheel	Bepaling mechanische belasting	NEE	NEE	JA
Regels op basis van prestaties	Beoordeling componenten	Bepaling mechanische belasting & randvoorw..	NEE	JA (indien beschikbaar)	JA
	Beoordeling deel constructie		NEE	NEE	JA
	Beoordeling constructie als geheel	Bepaling mechanische belasting	NEE	NEE	JA

Fig. 6: Classificatie van constructief brandveiligheidsontwerp

### 2.2.1 Eenvoudige modellen voor de brandwerendheid m.b.t. tot bezwijken

M.b.v. deze modellen wordt het mechanisch gedrag van de elementen – afgezonderd van de rest van de constructie – berekend. In sommige gevallen maken de modellen deel uit van een zone- of veldmodel.

#### Toepassing: Eenvoudige modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken

Model	Land	Id. Number	Korte beschrijving
AFCB	Luxemburg	73	Ontwerp van staal-betonliggers op basis van Eurocode 4
AFCC	Luxemburg	74	Ontwerp van staal-betonkolommen op basis van Eurocode 4
<i>CIRCON</i>	<i>Canada</i>	75	<i>Model voor de berekening van gewapende betonkolommen met een cirkelvormig omtrek.</i>
COFIL	Canada	76	Brandwerendheid van ronde buiskolommen, gevuld met ongewapend beton
Elefir	België	77	Brandwerendheid van stalen constructie-elementen volgens Eurocode 3
H-Fire	Duitsland	78	Berekening van de ontwerp-brandwerendheid van samengestelde constructie-elementen op basis van de eenvoudige rekenmodellen volgens EN 1994-1-2
INSTAI	Canada	79	Brandwerendheid van geïsoleerd ronde stalen buiskolommen
INSTCO	Canada	80	Brandwerendheid van ronde stalen buiskolommen, gevuld met beton
POTFIRE	Frankrijk	81	Brandwerendheid van stalen buiskolommen gevuld met beton op basis van annex G van Eurocode 4

<i>RCCON</i>	<i>Canada</i>	82	<i>Model voor de brandwerendheid van gewapende betonkolommen met rechthoekige doorsnede</i>
RECTST	Canada	83	Brandwerendheid van geïsoleerde stalen buiskolommen met rechthoekig doorsnede
<i>SQCON</i>	<i>Canada</i>	84	<i>Model voor de brandwerendheid voor gewapend-betonkolommen met vierkante doorsnede</i>
WSHAPS	Canada	85	De brandwerendheid van stalen kolommen voorzien van brandisolaties

De programma's die cursief zijn weergegeven hebben slechts betrekking op betonnen constructie-elementen.

2.2.3 Geavanceerde rekenmodellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken  
M.b.t. deze modellen kan een deel van, danwel de constructie als geheel worden beoordeeld m.b.t. eventueel bezwijken onder brandomstandigheden. In het algemeen zijn de programma's gebaseerd op de eindige elementenmethode (FEM) en zijn ze algemeen van karakter.

**Toepassing: Geavanceerde modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken**

Model	Land	Identificatie	Korte omschrijving
<b>ABAQUS</b>	<b>VS</b>	<b>86</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
<b>ALGOR</b>	<b>VS</b>	<b>87</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
<b>ANSYS</b>	<b>VS</b>	<b>88</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
BoFire	Duitsland	89	BoFire is een niet-stationair, niet-lineair FEM computerprogramma. Voor de thermische en mechanische materiaaleigenschappen wordt uitgegaan of ENV 1994-1-2. Zowel staal-, beton- als staal-betonelementen kunnen worden beoordeeld.
<i>BRANZ-TR8</i>	<i>Nieuw Zeeland</i>	90	<i>Programma voor de beoordeling van de brandwerendheid van gewapende of voorgespannen betonnen vloersystemen</i>
CEFICOSS	België	91	Model voor de brandwerendheid
CMPST	Frankrijk	92	Brandwerendheid m.b.t. bezwijken van constructie-elementen bij verhoogde temperatuur
<i>COMPSL</i>	<i>Canada</i>	93	<i>Temperatuur verdeling in sandwichconstructies blootgesteld aan brand</i>
<b>COSMOS</b>	<b>VS</b>	<b>94</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
FASBUS	VS	95	Model voor de mechanische weerstand van constructie-elementen bij brand
FIRES-T3	VS	96	FEM warmtetransport voor 1-, 2- of 3D-geleiding
HSLAB	Zweden	97	Niet-stationaire temperatuurontwikkeling in een aan brand blootgestelde plaat, bestaande uit één of meerdere materialen
LENAS	Frankrijk	98	Mechanisch gedrag van staalconstructies bij brand
<b>LUSAS</b>	<b>VS</b>	<b>99</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
<b>NASTRAN</b>	<b>USA</b>	<b>100</b>	<b>Algemeen FEM programma</b>
SAFIR	Belgium	101	Niet-stationaire mechanische beoordeling van constructies bij brand
SAWTEF	USA	102	Beoordeling van houten vakwerkligger, voorzien stalen kramplaten
SISMEF	France	103	Mechanisch gedrag van staal- en staal-betonconstructies bij brand

STA	UK	104	Niet-stationaire warmtegeleiding in massieve constructie-elementen
STELA	UK	105	3-D eindig volume model, geïntegreerd in JASMINE en SOFIE, ter berekening van de thermische response van constructie-elementen bij brand
TASEF	Sweden	106	FEM programma voor de thermische response van constructies bij brand
<i>TCSLBM</i>	<i>Canada</i>	<i>107</i>	<i>2D temperatuurverdeling voor aan brand blootgestelde betonnen plaat/ligger combinaties</i>
THELMA	UK	108	FEM programma voor de beoordeling van de temperatuurontwikkeling in constructies bij brand
<i>TR8</i>	<i>New Zealand</i>	<i>109</i>	<i>Brandwerendheid van betonnen platen en vloersystemen</i>
VULCAN	UK	110	Programma voor de 3-D beoordeling van portalen, met name ontwikkeld om het gedrag bij brand van raamwerken (inclusief de vloerconstructie) uit staal en staal-beton te modelleren
<i>WALL2D</i>	<i>Canada</i>	<i>111</i>	<i>Model ter bepaling van het warmtetransport houten stij - en regelwerk wanden bij brand</i>

De programma's die cursief zijn weergegeven hebben geen betrekking op stalen constructie-elementen. De vet weergegeven programma's zijn algemene FEM-codes. Behalve de in de tabel weergegeven modellen zijn nog twee modellen geïdentificeerd, waarover echter geen nadere informatie is verkregen: HEATING en TAS (VS).

### 2.3 Evacuatiemodellen

M.b.v. evacuatiemodellen kan de tijd worden voorspeld, benodigd voor de ontruiming van een gebouw bij brand. Dergelijke modellen worden toegepast in een op prestatie-eisen gebaseerd brandveiligheidsontwerp. Ze kunnen tevens worden gebruikt voor het uitwerken van alternatieve opties en om knelpunten bij de ontruiming nader te onderzoeken.

Soms zijn de evacuatiemodellen gekoppeld aan zone- of veldmodellen om de tijd te bepalen waarbij zich in het gebouw ondragelijke condities (ten gevolge van de brand) voordoen.

De meer geavanceerde modellen bevatten ook andere interessante informatie, zoals het psychologische effect van brand op de aanwezigen, toxische effecten van de rook, of de effecten van verminderde zichtlengte. Sommige programma's beschikken over nuttige grafische hulpmiddelen, waarmee de bewegingen van mensstromen tijdens het evacuatieproces zichtbaar kunnen worden gemaakt.

Gebruikelijke invoergegevens betreffen de bezettingsgraad van het gebouw alsmede de geometrie ervan (uitgangen, trappen, liften, gangen, enz.)

De uitvoergegevens betreffen veelal de tijd, nodig voor ontruiming van het gebouw en de plaatsen waar eventuele knelpunten m.b.t. de ontruiming optreden.

In het algemeen betreft het hier statistisch modellen.

Toepassing: Evacuatie			
Model	Land	Identificatie	Korte omschrijving
AEA EGRESS	VS	112	Beoordeling van de evacuatie door de bewoners/gebruikers
ALLSAFE	Noorwegen	113	Evacuatiemodel, inclusief menselijke factoren
ASERI	Duitsland	114	Mensstromen in complexe geometrie, inclusief effect van rook- en branduitbreiding
BGRAF	VS	115	Model voor nooduitgangen, inclusief een stochastisch model voor menselijke besluitvorming
EESCAPE	Australië	116	Ontruiming van meer-verdiepinggebouwen via trappenhuizen
EGRESS	UK	117	Evacuatiemodel, inclusief visualisering
EGRESSPRO	Australië	118	Evacuatiemodel, inclusief effect activering sprinklers en brandmelding
ELVAC	VS	119	Ontruiming van meer-verdiepinggebouwen m.b.v. liften
EVACNET	VS	120	Bepaald optimaal ontruimingsplan
EVACS	Japan	121	Model voor de bepaling van een optimaal ontruimingsplan
EXIT89	VS	122	Evacuatie van hoge gebouwen
EXITT	VS	123	Knooppunt- en boogwerking- evacuatiemodel, inclusief menselijk gedrag
EXODUS	UK	124	Beoordeling evacuatie industriegebouwen
GRIDFLOW	UK	125	Simulering tijd nodig voor ontruiming van aanwezigen per laag van een meer-laagsgebouw; bepaling totale ontruimingstijd
PATHFINDER	VS	126	Evacuatiemodel
PEDROUTE	UK	127	Simulatiemodel voor voetgangers
SEVE_P	Frankrijk	128	Ontruimingsmodel met grafische uitvoer, inclusief obstakels
SIMULEX	UK	129	Ontruimingsmodel op basis van co-ordinaten
STEPS	UK	130	Simulatie software m.b.t. stromen voetgangers- 3D visualisering
WAYOUT	Australië	131	Deel "evacuatie" van het FireWind pakket

Behalve de in de tabel weergegeven modellen zijn nog vijf modellen geïdentificeerd, waarover echter geen nadere informatie is verkregen: BFIRE, ERM, Magnetic Simulation, Takashi's Fluid Model en VEGAS (UK).

#### 2,4 Modellen voor de response van actieve brandbeveiligingsinstallaties

M.b.v. modellen voor de response van actieve brandbeveiligingsinstallaties wordt de activeringstijd bepaald van installaties zoals brandmelders (thermisch, rook) of sprinklers.

In deze modellen wordt uitgegaan van een zone-benadering voor de rookverspreiding en het warmtetransport. Gebruik wordt gemaakt van (in het algemeen, sterk vereenvoudigde) sub-modellen om de gezochte responsetijd te bepalen.



Gebruikelijke invoergegevens zijn de karakteristieken van de betreffende brandbeveiligingsinstallatie, de positie ervan en het vrijkomend vermogen van de brand. In de meer geavanceerde modellen is het ook mogelijk de geometrie van de brandruimte en de daarin toegepaste materialen in rekening te brengen.

Uitvoergegevens zijn de activeringstijd van de installatie en – in de meer geavanceerde modellen – de aard van de activering.

Het is van groot belang de modellen zorgvuldig te kiezen, omdat de toepassing veelal beperkt is tot bijvoorbeeld vlakke, uitgestrekte plafonds.

Toepassing: Modellen voor de response van automatische brandbeveiligingsinstallaties			
Model	Land	Identificatie	Korte beschrijving
ASCOS	VS	132	Beoordeling rookbeheersingssystemen
DETECT-QS	VS	133	Berekent activeringstijd van thermische rookmelders onder uitgestrekt plafond; alle typen branden
DETECT-T2	VS	134	Berekent activeringstijd van thermische rookmelders onder uitgestrekt plafond, $t^2$ brandontwikkeling
FPETOOL	VS	135	Systeem van uitdrukkingen, te gebruiken voor het afschatten van potentieel brandrisico en de response van brandbeveiligingssystemen
G-JET	Noorwegen	136	Model voor rookmelders
JET	VS	137	Een model voor activeringstijd van temperatuurmelders, uitgaande van stratificatie
LAVENT	VS	138	Response van sprinklers bij branden in besloten ruimten; invloed gordijnen en mechanische ventilatie
PALDET	Finland	139	Response van sprinklers en brandmelders onder uitgestrekte plafonds
SPARTA	UK	140	Model voor de beoordeling van sprinklers, geïntegreerd met JASMINE
SPRINK	VS	141	Response van sprinklers op branden in hoge opslaggebouwen
TDISX	VS	142	Response van sprinklers in magazijnen, opslaggebouwen

Behalve de in de tabel weergegeven modellen is nog één model geïdentificeerd, waarover echter geen nadere informatie is verkregen: HAD

#### 2.4 Diversen

Er bestaan verscheidene modellen die weliswaar betrekking hebben op Fire Safety Engineering, maar die niet ondergebracht (kunnen) worden in de eerder behandelde categorieën. Sommige daarvan hebben kenmerken die in meerdere van de onderscheiden categorieën vallen, andere betreffen zeer specifieke brandaspecten en zijn om deze reden moeilijk te klasseren. Deze modellen zijn daarom samengevat onder de noemer “diversen”.

Het betreft in veel gevallen computerprogramma's, welke bestaan uit een groot aantal modules en daarom gebruikt kunnen worden voor meerdere van de hiervoor genoemde toepassingen. Met elk van deze modules kan in beginsel een specifiek brandaspect worden behandeld.

---

**Toepassing: diversen**

---

Model	Land	Identificatie	Korte beschrijving
ALARM	UK	143	Economische optimalisatie, onder voorwaarde dat voldaan wordt aan gestelde eisen
ASKFRS	UK	144	Pakket programma's, inclusief een zonemodel
BREAK1	VS	145	Response van ramen op brand
BREATH	VS	146	Verspreiding van verbrandingsproducten over verschillende ruimten o.i.v. mechanische ventilatie
Brilliant	Noorwegen	147	CFD model in combinatie met analytische modellen
COFRA	VS	148	Model ter beoordeling van brandrisico's
CONTAMW	VS	149	Model ter bepaling van luchtstromingen
CRISP	UK	150	Zonemodel met opties voor evacuatie en risico-beoordeling
FIERAsyste m	Canada	151	Model voor risico-beoordeling, inclusief correlatie-afschatting
FireCad	VS	152	Invoermodule voor CFAST
FIRECAM	Canada	153	Beoordeling van risico op schade
FIREDEMN D	VS	154	Bepaald de hoeveelheid water, nodig voor blussen
FIRESYS	Nieuw Zeeland	155	Programma pakket voor het werken met regelgeving op basis van prestatie-eisen
FIREX	Duitsland	156	Eenvoudig zonemodel, voorzien van empirische correlaties
FIVE	VS	157	Gevoeligheidsanalyse en. brand
FRAME	België	158	Model voor de beoordeling van brandrisico's
FREM	Australië	159	Model voor de evaluatie van brandrisico's
FriskMD	VS	160	Versie van het zonemodel FireMD, gebaseerd op risicoanalyse
HAZARD I	VS	161	Zonemodel met uitgebreide evacuatie-opties
JOSEFINE	VS	162	Geïntegreerde interface brand voor zone- en CFD-modellen, alsmede modellen voor evacuatie en risico-simulering
MFIRE	VS	163	Ventilatiesystemen in mijnen
RadPro	Australië	164	Stralingsmodel bij brand
Risiko	Zwitserland	165	Model voor de beoordeling van risico's
RISK-COST	Canada	166	Risico's van overlijden en van materiële schade t.g.v. brand
RiskPro	Australië	167	Model voor de classificatie van risico's
SMACS	VS	168	Rookverspreiding via airconditioningsystemen
SPREAD	VS	169	Voorspelt de afbrandsnelheid en de uitbreiding van brand ontstaan t.p.v. wanden
ToxFED	UK	170	Berekent de Fractional Effective Dose (FED) uit deeltjesconcentratie in de rooklaag
UFSG	VS	171	Voorspelt verticale vlamuitbreiding bij verkolende en niet-verkolende materialen
WALLEX	Canada	172	Berekening van warmtetransport vanaf uitslaande naar bovengelegen geveldelen

---

Behalve de in de tabel weergegeven modellen is nog één model geïdentificeerd, waarover echter geen nadere informatie is verkregen: Dow indices (USA)



### 2.5 Software, beschikbaar in het publieke domein

Van de verschillende in deze studie geïdentificeerde computerprogramma's zijn er 27 beschikbaar in het publieke domein. Deze programma's zijn vermeld in de hierna volgende tabel:

Software, beschikbaar in het publieke domein			
Model	Toepassing	Identificatie	Beschikbaar in
DIFISEK-CaPaFi	Brandmodel - eenvoudig	1	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Brandmodel - eenvoudig	2	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
DIFISEK- TEFINAF	Brandmodel - eenvoudig	3	<a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
ASET/ASET-B	Brandmodel - zone	5	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
ASMET	Brandmodel - zone	6	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
CCFM/Vents	Brandmodel - zone	9	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FAST/CAFAST	Brandmodel - zone	16	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FIRST	Brandmodel - zone	26	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
OZONE	Brandmodel - zone	40	<a href="http://www.ulg.ac.be">www.ulg.ac.be</a> <a href="http://www.sections.arcelor.com">www.sections.arcelor.com</a>
ALOFT-FT	Brandmodel - veld	53	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FDS	Brandmodel - veld	55	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
SmokeView	Brandmodel - veld	66	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
AFCB	Model voor brandwerendheid m.b.t. bezwijken - eenvoudig	73	<a href="http://www.acs.arcelor.com">www.acs.arcelor.com</a>
AFCC	Model voor brandwerendheid m.b.t. bezwijken - eenvoudig	74	<a href="http://www.acs.arcelor.com">www.acs.arcelor.com</a>
ELEFIR	Model voor brandwerendheid m.b.t. bezwijken - eenvoudig	77	<a href="http://www.ulg.ac.be">www.ulg.ac.be</a>
H-Fire	Model voor brandwerendheid m.b.t. bezwijken - eenvoudig	78	<a href="http://www.stahlbau.uni-hannover.de">www.stahlbau.uni-hannover.de</a>
POTFIRE	Model voor brandwerendheid m.b.t. bezwijken - eenvoudig	81	<a href="http://www.cidect.org">www.cidect.org</a>
ELVAC	Evacuatiemodel	119	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
EVACNET	Evacuatiemodel	120	<a href="http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet">http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet</a>
ASCOS	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	132	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
DETECT-QS	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	133	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
DETECT-T2	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	134	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FPETOOL	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	135	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
JET	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	137	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
LAVENT	Response-model actieve Brandveiligheidsinstallaties	138	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
BREAK1	Diversen	145	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>
FIREDEMND	Diversen	154	<a href="http://www.fire.nist.gov">www.fire.nist.gov</a>

### 3. TE EVALUEREN ASPECTEN

De belangrijkste aspecten van de te evalueren software zijn:

- rekenmethode – de gebruikte fysische en wiskundige modellen
- documentatie van de software
- gebruiksaspecten.

#### 3.1 *Rekenmethode – de gebruikte fysische en wiskundige modellen*

Het belangrijkste aspect van de rekenmethode is de wijze waarop in de software de uit te voeren berekeningen worden *geformuleerd*. Het is gebruikelijk deze formulering te baseren op fysische (bijv.: thermische) wetten, danwel op empirische correlaties. De betrouwbaarheid van de software hangt in belangrijke mate af van de nauwkeurigheid en de juistheid van de gebruikte formuleringen.

Het is onmogelijk expliciet rekening te houden met alle variabelen die invloed hebben op het beschouwde brandaspect. Dit betekent dat er aannamen moeten worden gedaan. Het zal duidelijk zijn dat de *aannamen* die in de software zijn verwerkt om de berekeningen uit te kunnen voeren, belangrijke elementen vormen bij de evaluatie.

Zowel de gebruikte formulering als de gedane aannamen beperken de mate van toepasbaarheid van de software. Er zijn echter ook andere zaken die de toepassing van de software beperken, zoals de zwaarte van het model (in MB) of beperkingen m.b.t. de geometrie van de brandomgeving. De beperkingen zijn van belang om vast te stellen of de software voor de oplossing van een bepaald probleem kan worden ingezet.

#### 3.2 *Documentatie van de software*

Voordat voor een computerprogramma wordt gekozen, is het erg belangrijk de achtergronden ervan te kennen. Het belangrijkste document in dit verband is *Gebruikershandleiding*. De kwaliteit en duidelijkheid van dit document is van groot belang voor een juist gebruik van de software en daarmee voor de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de verkregen resultaten.

#### 3.3 *Gebruiksaspecten*

Deze aspecten hebben niet zozeer betrekking op de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de software, maar zijn niettemin van groot belang voor het gebruik ervan. Door een goede *user's interface* wordt de gebruiker in staat gesteld de invoergevens op een eenvoudige wijze in te lezen, waarbij fouten worden voorkomen. Goede *pre- en postprocessing* technieken zijn van groot belang. In dit verband wordt ook gewezen op de betekenis van goede *grafische faciliteiten*. De drie genoemde faciliteiten zullen de gebruiksvriendelijkheid van het programma verhogen, de kans op fouten verkleinen en de tijd nodig voor rapportage beperken.

### 4. GE-EVALUEERDE SOFTWARE

In het kader van het DIFISEK project is een grote hoeveelheid informatie verzameld met betrekking tot software voor het brandveiligheidsontwerp. Gezien de veelheid aan

geïdentificeerd computerprogramma's, is de evaluatie ervan beperkt tot 14 computerprogramma's. Van deze programma's is gedetailleerde informatie bijeengebracht. (zie par. 3), welke in een standaard formaat wordt gerapporteerd. Zie annex I. In aanvulling hierop is een database opgezet, waarin ook informatie over de niet geevalueerde software is opgenomen. In het laatst genoemde betreft het slechts algemene informatie. Deze database staat ter beschikking aan alle DIFISEK partners.

#### *4.1 Informatie m.b.t. de software, verzameld in tekst-formaat*

- Identificatie software (algemene informatie): Naam, Versie, Jaar, Toepassing, Land, Auteur(s), Organisatie(s), Systeemvereisten, Computertaal, Omvang, Beschikbaarheid, Contactinformatie en beschrijving
- Evaluatie:
  - o Rekenmethode: Formulering, Aannamen, Beperkingen
  - o Documentatie: Gebruikershandleiding, Technische handleiding, Publicaties & validatie
  - o Gebruiksaspecten: User's interface, Pre- en postprocessing, Grafische faciliteiten
- Conclusies: Beoordeling van de bovengenoemde evaluatieaspecten en vaststellen van het vereiste niveau van de gebruiker

#### *4.2 Dertien, in detail geëvalueerde programma's*

- Brandmodellen (4x)
  - o Eenvoudig (1x): DIFISEK-EN 1991-1.2, Annex A
  - o Geavanceerd (3x): FAST/CFast en OZONE (zone) en FDS (veld)
- Modellen voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (7x)
  - o Eenvoudig (5x): AFCB, AFCC, Elfir, H-Fire en Potfire
  - o Geavanceerd (2x): BoFire
- Evacuatiemodellen (1x): Evacnet4
- Modellen voor de response van automatische brandbeveiligingsinstallaties (2x): Detact-Qs en Jet

## 5. ANNEX: SOFTWARE

### 5.1 DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A

#### 5.1.1 Algemene informatie (ID nummer: 2)

- Naam: Difisek-EN 1991-1-2 Annex A
- Versie: 1
- Jaar: 2004
- Toepassingsgebied: Brandmodellen - Eenvoudig
- Land: Luxemburg
- Auteur(s): L.G. Cajot; M. Haller
- Organisatie: PARE – Profil Arbed Reserchers
- Taal: Engels
- Systeemvereisten: Windows
- Omvang: 2.26 MB
- Kosten: geen
- Beschikbaar via: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

#### **Omschrijving:**

Berekening van de parametrische brandkrommen en de temperatuurontwikkeling in stalen constructie-elementen, blootgesteld aan deze brandkrommen. Gebaseerd op EN1991-1-2, Annex A en EN1993-1-2.

#### 5.1.2 Evaluatie

#### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* Zie EN1991-1-2, Annex A en EN1993-1-2
- *Aannamen:* Aangenomen wordt dat de vuurbelasting in de brandruimte volledig verbrandt. Indien de vuurbelasting is gespecificeerd, zonder nadere overwegingen m.b.t. het verbrandinggedrag, dient deze benadering beperkt te blijven tot brandruimten met materialen op voornamelijk cellulose basis.
- *Beperkingen:* De berekende brandkrommen zijn geldig voor brandruimten met een vloeroppervlak van 500 m<sup>2</sup>, zonder openingen in het dak en met een maximum hoogte van 4 m.

#### **Documentatie:**

Zie EN1991-1-2, Annex A en EN1993-1-2

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows, Excel
- Input/Output: gegeven in eenvoudige Excel-files.
- Grafische faciliteiten: Excel graphics

### 5.1.3 Conclusies:

- Betrouwbare berekeningsmethode
- Documentatie: EN 1991-1-2 Annex A en EN 1993-1-2
- Gebruikersvriendelijk
- Vereist kennisniveau gebruiker: laag

## 5.2 FAST/CFAST:

### 5.2.1 Software identificatie (ID nummer 16):

- Naam: FAST/CFAST
- Versie: FAST 3.1.7/CFAST 5.1.1
- Jaar: 2004
- Toepassingsgebied: Zonemodel
- Land: US
- Auteur(s): Walter W. Jones
- Organisatie(s) NIST – National Institute of Standards and Technology
- Systeemvereisten: A 386 of latere compatible PC; 4 MB vrij beschikbaar geheugen; VGA compatible graphics display.
- Computertaal: FORTRAN/C
- Omvang: FAST 11.1 MB / CFAST 6.73 MB
- Beschikbaar via: [www.fast.nist.gov](http://www.fast.nist.gov) of [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)
- Informatie: [www.fast.nist.gov](http://www.fast.nist.gov) of neem contact op met Walter W. Jones per e-mail [wwj@nist.gov](mailto:wwj@nist.gov)

### Omschrijving:

FAST is een verzameling van procedures, uitgaande van het computermodel CFAST, met het doel een schatting te maken van het brandgevaar in gecompartmenteerde gebouwen. Belangrijkste invloedgrootheden zijn:

- het vrijkomen van energie en massa (rookdeeltjes en verbrandingsgassen) door de verbranding van één of meer objecten in een ruimte, vastgelegd a.d.h.v. grootschalige experimenten
- natuurlijk of gedwongen transport van deze energie/massa van ruimte naar ruimte via onderlinge verbindingen (dooropeningen, ramen, leidingen)
- resulterende temperatuur, optische rookdichtheid en gasconcentraties, rekening houdend met warmteoverdracht naar de oppervlakken van omhullende constructiedelen en verdunning door inmenging met schone lucht.

CFAST is een twee-zonemodel, gebruikt om de zich ontwikkelende temperatuurontwikkeling in een gebouw tijdens brand te berekenen. Versie 3.1.6 kan maximaal 30 brandcompartimenten aan (elk voorzien van mechanische ventilatie), 31 aparte brandhaarden, maximaal één object met vlamuitbreiding, pluimstijg- en brandmodellen, sprinklers & rookmelders, toxiciteit (inclusief fatale doses voor 10 giftige stoffen). Ruimten met verschillende hoogte kunnen worden ingevoerd, ontsteking van meerdere voorwerpen (meubilair) is mogelijk, databases met thermische en verbrandingseigenschappen, wanden opgebouwd uit verschillende lagen (sandwich), ontsteking ter plaatse van scheidingen en doorvoeringen, wind, schoorsteeneffect, effecten lekkage gevels, stroming door openingen in vloeren en plafonds, idem via aansluitingen

### 5.2.2 Evaluatie

#### Berekeningsmethode:

- *Formulering:* CFAST gaat uit van een stelsel vergelijkingen die de toestandgrootheden (druk, temperatuur etc.) beschrijven en is gebaseerd op de behoudswetten voor massa, energie en impuls. Uitgegaan wordt van de ideale gaswet. Gerekend wordt met kleine tijdstappen. Fouten & onnauwkeurigheden vinden hun oorzaak in numerieke oplossingswijzen en in noodzakelijke aannamen, niet in de onderliggende principes.
- *Aannamen:* Uitgangspunt van alle zonemodellen is dat iedere brandruimte kan worden onderverdeeld in een beperkt aantal zones, elk met een uniforme temperatuurverdeling en samenstelling. In CFAST wordt voor iedere ruimte uitgegaan van twee zones, m.u.v. de brandruimte, waarin een aparte zones worden ondersteld voor pluimstijging (verticaal) naar en stroming (horizontaal) langs het plafond. Rekening wordt gehouden met uitwisseling van energie en massa tussen de zones onderling en met de zones en de oppervlakken van de constructieonderdelen die de ruimten omhullen. Om de brandontwikkeling te simuleren gaat het systeem uit van een door de gebruiker gespecificeerde brand (in termen van per tijdeenheid omgezette massa en energie per brandend voorwerp. Per geval kunnen keuzen worden gemaakt m.b.t. de aanvaardbaarheid van temperatuurniveaus etc.  
Beperkingen: CFAST beschikt niet over een verbrandingsmodel. Ook is niet voorzien in een verband tussen temperatuur en giftigheid.

#### Documentatie:

- Gebruikershandleiding:  
User's guide for FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport  
NIST-SP-921; 200 p. March 2000.  
Peacock, R. D.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W.; Forney, G. P.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)  
User's guide for CFAST Version 1.6.  
NISTIR-4985; 106 p. December 1992.  
Portier, R. W.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Peacock, R. D.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Technische handleidingen:  
Technical reference for CFAST: an engineering tool for estimating fire and smoke transport.  
NIST TN 1431; 190 p. March 2000.  
Jones, W. W.; Forney, G. P.; Peacock, R. D.; Reneke, P. A.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Publicaties & validatie  
"A review of four compartment fires with four compartment fire models", Deal, S. Fire safety Developments and Testing, Proceedings of the annual meeting of the Fire Retardant Chemicals Association. October 21-24, 1990, Ponte Verde Beach, Florida, 33-51.  
"Verification of a model of fire and smoke transport", Peacock, R. D.; Jones, W. W.; Bukowsky, R. W. Fire Safety Journal., 21 89-129 (1993).  
"The accuracy of computer fire models: some comparisons with experimental data from Australia", Duong, D. Q. Fire Safety Journal 1990, 16(6), 415-431.  
"Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling", Davis, W. D.; Notarianni, K. A.; McGrattan, K. B. NIST, NISTIR 5927 (1996).

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: MS-DOS
- Input/Output: Rapport generator beschikbaar.
- Grafische faciliteiten: bevat een grafische rapportgenerator.

#### *5.2.3 Conclusies:*

- Betrouwbare berekeningsmethode
- Zeer gedetailleerd gedocumenteerd
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

### *5.3 OZONE*

#### *5.3.1 Software identificatie (ID nummer 40):*

- Naam: OZONE
- Versie: V2.2.2
- Jaar: 2002
- Toepassingsgebied: zonemodel
- Land: België
- Auteur(s): J. F. Cadorin en J. M. Franssen Universiteit Luik en L. G. Cajot; M. Haller en J. B. Schleich, Arcelor
- Organsiatie(s): University of Liege, Inst. de Mécanique el Génie Civil, 1, Chemin des Chevreuils, 4000 Liege 1, Belgium. en Arcelor LCS Research Centre
- Systemvereisten: Windows based PC.
- Computertaal: FORTRAN – Visual Basic
- Omvang: 5 MB
- Beschikbaar via: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be) ; [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Informatie: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be) of neem contact op met Jean Marc Franssen ([jm.franssen@ulg.ac.be](mailto:jm.franssen@ulg.ac.be)) of J. F. Cadorin ([jf.cadorin@ulg.ac.be](mailto:jf.cadorin@ulg.ac.be))

### **Omschrijving:**

De computercode Ozone V2 is ontwikkeld voor het ontwerp van constructie-elementen, blootgesteld aan compartiment-branden. De code is gebaseerd op verschillende recente ontwikkelingen, enerzijds m.b.t. modellering van volledig ontwikkelde branden, anderzijds m.b.t. de effecten van plaatselijke branden. Het bevat een eenvoudig brandmodel, dat de combinatie vormt van een één - en een twee-zonemodel. Daarmee is Ozone in staat zowel de periode voor als na vlamoverslag te beschrijven. Verder wordt de temperatuurontwikkeling in een stalen constructie-element berekend en – tenslotte – wordt de brandwerendheid berekend van stalen elementen conform ENV 1993-1-2. De code is ontwikkeld in het kader van twee Europese onderzoeksprojecten “Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes” en “Development of an User Friendly design tool”. In Ozone zijn verschillende verbeteringen doorgevoerd: het wandmodel gaat uit van eindige elementen (impliciete integratie), terwijl twee verbrandingsmodellen beschikbaar zijn.

### 5.3.2 Evaluatie

#### Berekeningsmethode:

- *Formulering:* Numerieke twee-zonemodellen zijn gebaseerd op elf fysische variabelen. Deze variabelen zijn aan elkaar gekoppeld door zes randvoorwaarden en vier differentiaalvergelijkingen, die de massa en energiebalansen beschrijven voor iedere zone. De uitdrukking voor de massabalans beschrijft de verandering van de massa in iedere zone, welke overeenkomt met de massa van de verbrandingsgassen welke als gevolg van de brand ontstaan, vermeerderd met de massa van de lucht die de brandruimte binnentreedt via de ventilatieopeningen, verminderd met de lucht die brandruimte verlaat via de ventilatieopeningen. De energiebalans brengt het evenwicht tot uitdrukking tussen de energie die in de brandruimte vrijkomt a.g.v. de verbranding en de wijze waarop deze energie wordt opgenomen: opwarming van de gassen in de brandruimte, afvoer via hete gassen die ruimte via de ventilatieopeningen verlaten (inclusief een negatieve term voor de binnenstromende lucht), warmteverliezen door straling vanuit openingen en opwarmen van de omhullende constructiedelen. In het geval van een één-zonemodel, is het aantal variabelen beperkt tot zes, het aantal randvoorwaarden tot vier en het aantal differentiaalvergelijkingen tot twee. Ozone beschikt over een wandmodel en twee verbrandingsmodellen.
- *Aannamen:* De belangrijkste aanname bij een zonemodel is dat de brandruimte verdeeld is zones met een – voor ieder tijdstip – gelijkmatig veronderstelde temperatuur. In een één-zonemodel wordt (dus) uitgegaan van een gelijkmatige temperatuurverdeling over de gehele brandruimte. Dit laatste type model is daarmee toepasbaar voor volledig ontwikkelde branden (d.w.z.: na vlamoverslag), in tegenstelling tot twee-zonemodellen, welke toepasbaar zijn voor plaatselijke branden. In het laatste genoemde type model is sprake van een hete laag onder het plafond, met daaronder een koude laag tot aan de vloer.
- *Beperkingen:* Ozone beschikt niet over een pyrolysemodel, maar heeft twee verbrandingsmodellen, waarmee de ontwikkeling van de vermogenskromme wordt beïnvloed. De geometrie van de brandruimte is beperkt tot vier wanden en drie ventilatieopeningen.

#### Documentatie:

##### Gebruikershandleiding:

“The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests”

Intern rapport L SPEC/2001\_01 University of Liege, Belgium, June 2001.

J. F. Cadorin; J. M. Franssen; D. Pintea.

Beschikbaar via: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)

- Technische handleidingen: zie gebruikershandleiding.
- Publicaties & validatie:
  - “Competitive steel buildings through natural fire safety concepts”  
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report  
CEC Agreement 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937.  
Profil ARBED, March 1999.  
Beschikbaar via: [ecsc-steel@cec.eu.int](mailto:ecsc-steel@cec.eu.int)
  - “Natural Fire Safety Concepts- Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool”  
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report  
CEC Agreement 7210-PA/PB/PC/PE/PF/PR-060.  
Draft final report, December 2000.



Beschikbaar via: [ecsc-steel@cec.eu.int](mailto:ecsc-steel@cec.eu.int)

“On the application field of Ozone V2”

Intern rapport N°M&S/2002-003 University of Liege, Belgium, 2002.

J. F. Cadorin

“Compartment fire models for structural engineering”

Doctoral thesis of J. F. Cadorin University of Liege.

J. F. Cadorin

Beschikbaar via: [www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)

Voor meer informatie, zie contactadressen.

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Visual Basic
- Input/Output: report generator (tekst) is beschikbaar
- Grafische faciliteiten: grafische rapportgenerator beschikbaar.

#### *5.3.3 Conclusies:*

- Betrouwbare berekeningsmethode
- Zeer gedetailleerde documentatie
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

#### *5.4 FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview:*

##### *5.4.1 Software identificatie (FDS - ID nummer: 55 – ID Number: 66):*

- Naam: FDS – Fire Dynamics Simulator / Smokeview
- Versie: FDS Version 3 / Smokeview Version 3.1
- Jaar: 2002
- Toepassingsgebied: Veldmodel (CFD)
- Land: U.S.A
- Auteur(s): FDS - Kevin McGrattan, Glenn Forney. / Smokeview – Glenn Forney
- Organsiatie(s) NIST – National Institute of Standards and Technology
- Systeemvereisten: UNIX or PC of PII 450 or better.
- Computertaal: FORTRAN 90
- Omvang: 5.48 MB + 24 MB for examples and documentation
- Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Informatie: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov) of neem contact op met Kevin McGrattan [kevin.mcgrattan@nist.com](mailto:kevin.mcgrattan@nist.com)

### **Omschrijving:**

Fire Dynamics Simulator (FDS) is een Computational Fluid Dynamic (CFD) of veldmodel. M.b.v. de software wordt numeriek een vorm van de Navier-Stokes uitdrukkingen opgelost, geschikt voor temperatuurbeheerste, lage-snelheid stromingen en warmtetransport. FDS is erop gericht de praktische problemen van de brandbeveiligingsingenieur op te lossen en levert tegelijkertijd een hulpmiddel om de meer fundamentele aspecten van het brand- en het verbrandingsproces te bestuderen.

M.b.v. Smokeview kunnen de rekenresultaten van FDS gevisualiseerd worden. Dit is mogelijk voor de stroming van deeltjes en contourlijnen van gasstromen (temperatuur, snelheidsvectoren; 2D of 3D). Smokeview kan ook, voor bepaalde tijdstippen, statische informatie visualiseren, waarbij wederom gebruikt wordt van 2D of 3D contourlijnen.

#### 5.4.2 Evaluatie

#### Berekeningsmethode:

- *Formulering:* Uitgegaan wordt van een benaderende vorm van de Navier-Stokes vergelijkingen voor voldoende lage Mach waarden. De benadering houdt in dat akoestische golven worden uitgefilterd en dat grote variaties in temperatuur en dichtheid mogelijk zijn. Dit verleent de uitdrukkingen een elliptisch karakter, geschikt voor convectieve thermische processen met lage snelheid. De berekening kan op twee manieren worden uitgevoerd: hetzij als een zgn. Direct Numerical Simulation (DNS), waarbij de dissipatie-termen direct worden berekend, hetzij als een Large Eddy Simulation (LES), waarbij de grootschalige wervelingen direct worden berekend en de secundaire dissipatieprocessen worden gemodelleerd. De keuze tussen DNS en LES hangt af van het doel van de berekening en van de fijnheid van het rekenrooster. In FDS worden twee verbrandingsmodellen gebruikt. Voor een DNS berekening waar de diffusie van brandstof en zuurstof direct kan worden gemodelleerd, is een globale, eenstaps chemische reactie met eindige snelheid het meest geschikt. In een LES berekening, waarbij het rekennet niet fijn genoeg is om de diffusie van brandstof en zuurstof te bepalen, wordt uitgegaan van een verbrandingsmodel gebaseerd op het berekenen van de mengfractie.
- *Aannamen:* De lage Mach-waarden uitdrukkingen worden numeriek opgelost door de brandruimte op te delen in een groot aantal rechthoekige cellen. Binnen iedere cel worden de gassnelheid, de temperatuur, etc. gelijkmatig verondersteld, waarbij slechts veranderingen met de tijd optreden. De nauwkeurigheid waarmee het brandproces kan worden gesimuleerd hangt af van het aantal cellen dat in de berekening wordt ingevoerd.
- *Beperkingen:* De berekeningen moeten worden uitgevoerd in een domein dat is opgebouwd uit rechthoekige blokken, elk met een rechthoekig rooster. Niet rechthoekige domeinen kunnen niet worden gemodelleerd. F.D.S. heeft geen pre-processor, d.w.z.: een aparte generator voor invoergegevens is vereist (niet gebruiksvriendelijk).

#### Documentatie:

- Gebruikershandleiding:  
“Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User’s Guide”  
NISTIR 6784 2002.  
McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. en Prasad K.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)  
“User’s Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualising Fire Dynamics Simulation Data”  
NISTIR 6980 2003.  
Forney G. P. en McGrattan K. B.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Technische handleidingen:  
“Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical reference Guide”  
NISTIR 6783 2002.  
McGrattan K. B., Baum H. R., Rehm R. G., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. en Prasad K.  
Beschikbaar via: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Publicaties & validatie

Publikaties en voorbeelden zijn beschikbaar op [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

### Gebruiksaspecten:

- Interface: FDS MS-DOS / Smokeview – Windows Open GL view
- Input/Output: Smokeview programma
- Grafische faciliteiten: Smokeview programma

#### 5.4.3 Conclusies:

- Betrouwbare rekenmethode
- Zeer betrouwbare documentatie
- FDS: niet-gebruiksvriendelijk  
Smokeview: gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: hoog

### 5.5 AFCB (Composite Beam Fire Design)

#### 5.5.1 Software identificatie (ID nummer 73)

- Naam: AFCB (Composite Beam Fire Design)
- Versie: 3.07
- Jaar: 2003
- Toepassingsgebied: model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (BWM)
- Land: Luxemburg
- Auteur(s): Henri Colbach
- Organisatie(s) Arcelor LCS research centre
- Systeemvereisten: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Omvang: 3 MB
- Beschikbaar via: de software is vrij te downloaden op [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com).
- Informatie:  
Arcelor LCS research centre  
66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
Phone (+352) 5313-3007  
Fax (+352) 5313-3095  
E-mail: [europofil.dsm@profilarbed.lu](mailto:europofil.dsm@profilarbed.lu)  
Internet: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

### Omschrijving:

M.b.v. het programma AFCB wordt de momentcapaciteit van samengestelde liggers berekend (overeenkomstig ENV 1994-1-1) en voor de brandwerendheidsklassen R30, R60, R90, R120 and R180 (overeenkomstig ENV 1994-1-2).

De software heeft de volgende structuur:

- INVOERGEGEVENS:
  - Project: algemene informatie over project.

- Profiel: drie manieren om het profiel vast te leggen:
  - a) Type de volledige naam van het profiel in hoofdletters (bijv. HE 300 A)
  - b) Kies de serie van het profiel, door de naam ervan op te geven (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB of UC) en kies vervolgens de naam uit de lijst.
  - c) Kies het profiel direct uit de lijst.
- Betonplaat: hoewel het programma niet voorziet in de berekening van de plaat, is toch informatie over de plaat nodig om de samenwerking met de ligger en de effecten hiervan op de brandwerendheid vast te leggen
- Wapening: de gebruiker moet de wapeningsstaven in de beton tussen de flenzen en in de betonplaat definiëren.
- Materialen: leg de mechanische eigenschappen van ieder materiaal vast: vloeispanning staal, karakteristieke cilinder sterkte van het beton tussen de flenzen en van het beton in de plaat, rekgrens van de wapening in het beton tussen de flenzen en van de plaat.
- Partiele veiligheidsfactoren (materialen): de gebruiker kan de factoren kiezen die voor de verschillende materialen worden toegepast, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen twee gevallen: kamertemperatuuromstandigheden en brandomstandigheden.
- Systeem: de gebruiker kan kiezen uit de volgende drie rekenopties:
  - a) Berekening van de weerstand van de doorsnede: in dit geval wordt de plastische momentweerstand van de doorsnede bepaald.
  - b) Dimensioneren bij een gegeven belasting: de gebruiker kan de belastingen vastleggen. De ligger wordt eerst beoordeeld bij kamertemperatuur en als de draagkracht onvoldoende is, zal de gebruiker het ontwerp moeten aanpassen. Indien de draagkracht bij kamertemperatuur voldoende is, kan verder gegaan worden met de beoordeling bij brand. Indien blijkt dat het ontwerp bij brand niet voldoet, zal het programma andere combinaties van wapeningsstaven proberen te vinden, zodat het ontwerp wel voldoet. De betreffende combinatie van wapenstaven worden opgeslagen in de file "rebars.reb". De gebruiker kan deze file aanpassen.
  - c) Dimensioneren bij een gegeven minimum weerstand van de doorsnede: overeenkomstig b). Het belangrijkste verschil is dat in dit geval de noodzakelijke weerstandgegevens van de doorsnede niet m.b.v. belasting worden berekend, maar direct moeten worden ingevoerd.
- **RESULTATEN**: het programma berekent bij kamertemperatuur en bij brand de volgende uitkomsten:
  - Positieve momentcapaciteit,  $M^+$
  - Negatieve momentcapaciteit,  $M^-$
  - Dwarskrachtcapaciteit
  - Voor de opties b) and c), berekent het programma het benodigde wapeningspercentage en diameter en aantal van de benodigde wapeningsstaven (voor zover relevant).
  - Details: De volledige rekendetails, zowel bij kamertemperatuur als bij brand, worden uitgevoerd op een apart blad. Hier kan de gebruiker ook alle invoer terugvinden. Bovendien bevat dit blad ook de gereduceerde waarden van de positieve en de negatieve momentcapaciteiten
  - Grafische informatie: Afhankelijk van de rekenoptie, zijn de volgende grafieken/tekeningen beschikbaar: dwarsdoorsnede, afname moment, grafieken voor de berekening van de brandwerendheid van de dwarsdoorsnede.

### 5.5.2 Evaluatie

#### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering*: De berekeningsmethode is opgenomen in EN 1994, deel 1.1 and 1.2.
- *Aannamen*: Het programma heeft betrekking op eenvoudig opgelegde of doorgaande liggers. Annex H van ENV 1994-1-2 is niet van toepassing. De getoonde wapeningsstaven in het beton tussen de flenzen geven slechts de situatie weer zoals in eerste instantie

opgegeven ten behoeve van de berekening. De wapening waarmee uiteindelijk is gerekend kan hiervan afwijken. Ga dit na onder "Details".

- *Beperkingen*: De controle van de dwarskrachten maakt geen onderdeel uit van het programma. Dit moet afzonderlijk gebeuren. De berekeningen hebben slechts betrekking op open profielen.

#### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: maakt onderdeel uit van de helpfunctie
- Technische handleidingen: EN 1994, delen 1-1 and 1-2.
- Beschikbaar via: kosteloos te downloaden van [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Publicaties & validatie: de software wordt geacht te zijn gevalideerd omdat ze volledig gebaseerd is EN 1994-1-2.

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows
- Input/Output: de gebruiker kan de uitvoer in een verkorte of in een meer volledige vorm afdrukken. In de volledige vorm worden alle invoergegevens en alle relevante uitvoergegevens afgedrukt.
- Grafische faciliteiten: Tekeningen van de dwarsdoorsnede en van de momentcapaciteit, zowel onder kamertemperaturomstandigheden als bij brand, staan ter beschikking.

##### *5.5.3 Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Zeer betrouwbare documentatie
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

##### *5.6 AFCC (Composite Column Fire Design)*

###### *5.6.1 Software identificatie (ID nummer 74)*

- Naam: AFCC (Composite Column Fire Design)
- Versie: 3.05
- Jaar: 2003
- Toepassingsgebied: Model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken
- Land: Luxemburg
- Auteur(s): Henri Colbach
- Organsiatie(s) Arcelor LCS research centre
- Systeemvereisten: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Omvang: 2,5 MB
- Beschikbaar via: De software kan zonder kosten worden gedownload van [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com).
- Informatie:  
Arcelor LCS research centre  
66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
Phone (+352) 5313-3007  
Fax (+352) 5313-3095  
E-mail: [europofil.dsm@profilarbed.lu](mailto:europofil.dsm@profilarbed.lu)

Internet: [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)

### Omschrijving:

M.b.v. het programma AFCC kunnen de bezwijkbelastingen voor samengestelde kolommen AF 30/120 onder kamertemperaturomstandigheden (overeenkomstig ENV 1994-1-1) en voor brandwerendheidsklassen R30, R60, R90 en R120 (overeenkomstig ENV 1994-1-2) worden berekend.

De software heeft de volgende structuur:

- **INVOERGEGEVENS:**
  - **Project:** algemene informatie over het project.
  - **Profiel:** drie manieren om het profiel vast te leggen:
    - a) Type de volledige naam van het profiel in hoofdletters (bijv. HE 300 A)
    - b) Kies de serie van het profiel, door de naam ervan op te geven (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB of UC) en kies vervolgens de naam uit de lijst.
    - c) Kies het profiel direct uit de lijst.
  - **Wapening:** de gebruiker moet de diameter van de wapeningsstaven en hun positie vastleggen.
  - **Materialen:** leg de mechanische eigenschappen van ieder materiaal vast: vloeispanning staal, karakteristieke cilinder sterkte van het beton tussen de flenzen, rekgrens van wapening in het beton tussen de flenzen.
  - **Partiele veiligheidsfactoren (materialen):** de gebruiker kan de factoren kiezen die voor de verschillende materialen worden toegepast, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen twee gevallen: kamertemperaturomstandigheden en brandomstandigheden.
  - **Kniklengten:** de gebruiker moet de kniklengten voor zowel de sterke als de zwakke as van AF-kolom vastleggen, zowel onder kamertemperaturomstandigheden als bij brand.
  - **Excentriciteiten:** het betreft hier de excentriciteit van de belasting m.b.t. zowel de zwakke als de sterke as (beide in mm).
- **RESULTATEN:** het programma berekent voor vijf omstandigheden – kamertemperatuur, brandwerendheidsklasse R30, R60, R90 en R120 de volgende belastingen:  $U_i$ 
  - Maximale axiale belasting, knik om de zwakke as van het profiel (1<sup>ste</sup> kolom)
  - Maximale axiale belasting, knik om de sterke as van het profiel (2<sup>de</sup> kolom)
  - Maximale excentrische belasting, knik om de zwakke as (3<sup>de</sup> kolom)
  - Maximale excentrische belasting, knik om de sterke (4<sup>de</sup> kolom)
  - Maximale excentrische belasting, knik om beide assen (5<sup>de</sup> kolom)
  - Details: de volledige details van de berekening (kniklengte, volplastische belasting, kritische belasting, relatieve slankheid, knikcoëfficiënten) bij kamertemperatuur en voor de brandwerendheidsklassen R30, R60, R90 and R120 worden vastgelegd, evenals het gewicht van de kolom per 'm, gegevens over het staalprofiel, de beton en de wapeningsstaven.
  - Grafische informatie: een algemeen overzicht van de dwarsdoorsnede, zoals vastgelegd door de gebruiker (geometrie staalprofiel, positie wapening, etc.)

#### 5.6.2 Evaluatie

### Berekeningsmethode:

- **Formulering:** de rekenmethode is opgenomen in EN 1994 delen 1-1 en 1-2.
- **Aannamen:** Dit programma gaat uit van kolommen onder axiale belastingen met kleine (constante) excentriciteiten. Het programma is slechts ontwikkeld voor dubbelsymmetrische, scharnierend opgelegde kolommen met gelijke doorsneden over de lengte van de kolom.

- Annex H of ENV 1994-1-1 niet van toepassing. Het wapeningspercentage dient te voldoen aan de volgende regels: ENV 1994-1-1, 4.8.3.1(3e) en 4.8.2.5(3) and ENV 1994-1-2, 4.3.6.2(2).
- *Beperkingen*: De berekeningen hebben slechts betrekking op open profielen..

#### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: maakt onderdeel uit van de helpfunctie
- Technische handleidingen: EN 1994, delen 1-1 and 1-2.
- Beschikbaar via: kosteloos te downloaden van [www.sections.arcelor.com](http://www.sections.arcelor.com)
- Publicaties & validatie: de software wordt geacht te zijn gevalideerd omdat ze volledig gebaseerd is EN 1994-1-2.

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows
- Input/Output: de gebruiker kan de uitvoer in een verkorte of in een meer volledige vorm afdrukken. In de volledige vorm worden alle invoergegeven en alle relevante uitvoergegevens afgedrukt.
- Grafische faciliteiten: Tekeningen van de dwarsdoorsnede staan ter beschikking.

##### *5.6.3 Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Zeer betrouwbare documentatie
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

##### *5.7 Elefir:*

###### *5.7.1 Software identificatie (ID nummer 77):*

- Naam: Elefir
- Versie: 2.1
- Jaar: 1998
- Toepassingsgebied: Model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (BWM)
- Land: België
- Auteur(s): Dan Pintea, Laurent Miévis, Gilles Gustin, Jean-Marc Franssen
- Organsiatie(s) University of Liege
- Systeemvereisten: Windows 95 of hoger.
- Omvangl: 8 MB
- Beschikbaar via: University of Liege website  
(<http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>)
- Informatie: Jean-Marc Franssen ([jm.franssen@ulg.ac.be](mailto:jm.franssen@ulg.ac.be))

#### **Omschrijving:**

ELEFIR is een computerprogramma waarmee de brandwerendheid van I-vormig stalen kolommen, kan worden gerekend.

- De volgende profielseries zijn beschikbaar: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L.
- Opties voor verhitting: drie- of vierzijdig

- Opties voor brandwerende bescherming: onbekleed, profielvolgend bekleed, kokervormig bekleed.
- Bekledingsmaterialen: steen- en glaswol, gips; ook is het mogelijk om nieuwe, door de gebruiker gedefinieerde thermische eigenschappen te gebruiken.
- Brandkrommen: ISO (standaard)kromme, brandkromme voor externe brand, koolwaterstof brandkromme, ASTM brandkromme; ook is het mogelijk om nieuwe, door de gebruiker gedefinieerde brandkrommen in te voeren.

De volgende berekeningen kunnen worden uitgevoerd:

- De tijd waarin de kritieke temperatuur van het element wordt bereikt
- De bereikte temperatuur, bij een zekere, kritieke brandduur
- De kritieke temperatuur van het element en de daarbij behorend brandduur, voor elementen onder trek, druk en een combinatie van buiging en druk.

### 5.7.2 *Evaluatie*

#### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:*
  - De berekeningen zijn gebaseerd op ENV 1993-1-2 (Eurocode 3).
  - Het Belgische NAD (National Application Document), NBN ENV 1993-1-2) kan eveneens worden gebruikt.
- Aannamen: De temperatuur in het profiel wordt geacht gelijkmatig te zijn, met een gemiddelde waarde.
- *Beperkingen:*
  - Slechts toepasbaar op open profielen.
  - Drie- of vierzijdig verhitting.
  - Slechts voor profielen met dubbele symmetrie.
  - Indien tijdens de verhitting het profiel overgaat naar Klasse 4, wordt het programma afgebroken. Het houdt geen rekening met de meer recente opties op dit gebied, zoals weergegeven in EN 1993-1-2.

#### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: niet beschikbaar, maar ook niet nodig
- Technische handleidingen: ENV 1993 1-2 (Eurocode 3)
- Publicaties & validatie; niet beschikbaar

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows
- Input/output: Tekst files en grafische opties beschikbaar.
- Grafische faciliteiten: Grafische weergave temperatuurverloop.

### 5.7.3 *Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Documentatie: ENV 1993-1-2 (EC3)
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: laag.



## 5.8 *H-Fire*

### 5.8.1 *Software identificatie (ID nummer: 78)*

- Naam: H-Fire
- Versie: 04.1
- Jaar: 2004
- Toepassingsgebied: Model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (BWM)
- Land: Duitsland
- Auteur(s): P.Schaumann, S.Hothan
- Organisatie(s) Universiteit van Hannover, Instituut voor Staalconstructies
- Taal: Duits, Engels
- Systeemvereisten: Pentium PC, Microsoft Windows, Microsoft Office
- Omvang: 12.6 MB
- Kosten: geen
- Beschikbaar via: Universiteit van Hannover, Instituut voor Staalconstructies
- Informatie: [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)

### **Omschrijving:**

Berekening van ontwerpwaarden voor de brandwerendheid van staal-betonelementen, blootgesteld aan brand m.b.v. de eenvoudige rekenmodellen volgens EN 1994-1-2.

### 5.8.2 *Evaluatie*

### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* De berekeningen zijn gebaseerd op de eenvoudige rekenmodellen volgens ENV 1994-1-2, m.u.v. van het model voor staalplaat-betonvloeren
- *Aannamen:* zie achtergronden van genoemde eenvoudige rekenmodellen
- *Beperkingen:* zie achtergronden van genoemde eenvoudige rekenmodellen

### **Documentatie:**

Gebruikershandleiding: Korte beschrijving beschikbaar op [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)  
Technische handleidingen: De berekeningen zijn gebaseerd op de eenvoudige rekenmodellen van ENV 1994-1-2 (Eurocode 4), m.u.v. van het model voor staalplaat-betonvloeren  
Beschikbaar via: [www.stahlbau.uni-hannover.de](http://www.stahlbau.uni-hannover.de)  
Publicaties & validatie: geen

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows; Microsoft Excel and Microsoft Access
- Input/Output: de meeste invoergegevens en alle uitvoergegevens
- Grafische faciliteiten: resultaten in grafiekvorm

### 5.8.3 *Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Documentatie: zeer gedetailleerd
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

## 5.9 *Potfire*

### 5.9.1 *Software identification (ID nummer 81):*

- Naam: Potfire
- Versie: 1.11
- Jaar: 2001
- Toepassingsgebied: Model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (BWM)
- Land: Frankrijk
- Auteur(s): Geneviève Fouquet, George Tabet, Bin Zhao, Julien Kruppa
- Organisatie(s) CTICM, TNO, CIDECT
- Systeemvereisten: Pentium 200 Mhz, W95, CD-Rom, and 24 MB RAM
- Computertaal:
- Omvang: 15 MB
- Beschikbaar via: [www.cidect.org](http://www.cidect.org)
- Informatie: [www.cidect.org](http://www.cidect.org)

### **Omschrijving:**

Het computerprogramma POTFIRE is een gebaseerd op annex G van ENV 1994-1-2.

M.b.v. POTFIRE kan zowel de brandwerendheid van een onbeschermd, met beton gevulde buiskolom met bekend veronderstelde belasting, als het draagvermogen van deze kolom voor een gegeven brandwerendheidsklasse worden bepaald.

### 5.9.2 *Evaluatie*

### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* Voor een overzicht van de verschillende uitdrukkingen, gebruikt om het thermische en mechanische gedrag van met beton gevulde buiskolommen bij brand te beschrijven, wordt verwezen naar annex 2 van de "POTFIRE User's Manual", zoals met de software wordt meegeleverd.
- *Aannamen:* De gebruiker van POTFIRE dient zich er van bewust te zijn dat een zorgvuldig ontwerp van de details aan de voet en de kop van de kolom noodzakelijk is voor een goede inleiding van de krachten. Dat geldt ook voor de detaillering van de verbindingen
- *Beperkingen:* EN 1994-1.2, Annex G heeft een beperkt toepassingsgebied, bijv. m.b.t. afmetingen van de kolom (diameter en lengte).

### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: beschikbaar, meegeleverd met de software
- Technische handleidingen: voor detaillering bij brand wordt verwezen naar zowel EN 1994-1-2, als naar CIDECT Design Guide 4 "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire".
- Publicaties & validatie: geen

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows: alle in- en uitvoergegevens zichtbaar op monitor.
- Input/Output: een volledig rapport met in- en uitvoergegevens is beschikbaar.

- Grafische faciliteiten: geen grafische informatie.

#### 5.9.3 Conclusies:

- Betrouwbare rekenmethode
- Zeer betrouwbare documentatie
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: laag

#### 5.10 BoFire

##### 5.10.1 Software identificatie (ID nummer: 89)

- Naam: BoFire
- Versie: 7
- Jaar: 2004
- Toepassingsgebied: Model voor de brandwerendheid m.b.t. bezwijken (BWM)
- Land: Duitsland
- Auteur(s): Peter Schaumann, Jens Upmeyer, Florian Kettner
- Organisatie(s): Universiteit van Hanover, Instituut voor Staalconstructies
- Taal: Duits
- Systeemvereisten: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM
- Omvang: 200 kB
- De software is op dit moment niet beschikbaar.

#### **Omschrijving:**

BoFire een niet-stationair, niet-lineair, incrementeel computerprogramma, gebaseerd op FEM. M.b.t. de thermische en mechanische materiaaleigenschappen zijn gekozen overeenkomstig ENV 1994-1-2. Het gedrag bij brand van staal, beton en samengestelde staal-betonconstructies kan worden geanalyseerd.

##### 5.10.2 Evaluatie

#### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* Een niet-stationair, niet-lineair, incrementeel computerprogramma, gebaseerd op FEM.
- *Aannamen:*
- Dit programma betreft liggers, kolommen of portalen met willekeurige doorsneden. De materiaaleigenschappen zijn overeenkomstig ENV 1994-1-2.
- *Beperkingen:*
  - geen 3D constructies
  - geen platen of panelen, dragend in twee richtingen.
  - geen dwarskrachtvervormingen (Bernoulli-hypothese geldt)

#### **Documentatie:**

Op dit moment is geen documentatie beschikbaar.

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows
- Input/Output: Eenvoudig tekstfiles. Het op windows gebaseerd HaFront kan worden gebruikt om een invoerfile te creëren..
- Grafische faciliteiten: De code bevat een DISLIN bibliotheek, waarmee de mogelijkheid wordt geboden contourplots van de temperatuurverdeling of van 3D spanning- of rek-representaties te leveren.

#### *5.10.3 Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Documentatie is nog niet beschikbaar
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

#### *5.11 Evacnet4:*

##### *5.11.1 Software identificatie (ID nummer 121)*

- Naam: Evacnet4
- Versie: 1.4
- Jaar: 1998
- Toepassingsgebied: Ontruiming
- Land: US
- Auteur(s): T.M. Kisko, R.L. Francis, C.R. Nobel
- Organisatie(s): Universiteit van Florida
- Systeemvereisten: Windows 95 of hoger
- Omvang: minder dan 1 MB
- Beschikbaar via: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>
- Informatie: Thomas Kisko, 352-392-1293, [kisko@ise.ufl.edu](mailto:kisko@ise.ufl.edu)

### **Omschrijving:**

EVACNET4 is een interactief computerprogramma, waarmee de ontruiming van gebouwen wordt gesimuleerd. Het programma beschouwt het gebouw als een netwerk en bevat informatie omtrent de bezetting vlak voor aanvang van de ontruiming. Met behulp van deze informatie simuleert EVACNET4 een optimale ontruiming van het gebouw. Deze ontruiming is optimaal te noemen, omdat het programma een zo kort mogelijke ontruimingtijd berekent ofwel een zo snel mogelijke evacuatie van mensen.

#### *5.11.2 Evaluatie*

### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* EVACNET gaat uit van het netwerk dat door de gebruiker wordt aangegeven en bepaalt een optimaal plan om het gebouw in de “kortst mogelijke” tijd te ontruimen. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een geavanceerd algoritme, dat gebruikt wordt voor het oplossen van lineaire problemen met de netwerkstructuur.
- *Aannamen:* Bij de gebruik van het EVACNET model moeten bepaalde aannamen worden gedaan. Deze aannamen kunnen betekenen dat de resultaten minder goed overeenkomen

met de realiteit. Des te groter het begrip van de gebruiker in de achtergronden van de aannamen des te betrouwbaarder de resultaten. De belangrijkste aannamen zijn:

- EVACNET is een lineair model. Dynamische capaciteiten en looptijden, veranderen niet als functie van de tijd.
- In EVACNET wordt het menselijk gedrag niet gemodelleerd. De enige handelingen die worden gemodelleerd zijn die, welke leiden tot het bereiken van een minimale ontruimingstijd.
- EVACNET bekijkt de ontruiming vanuit een globaal oogpunt en niet vanuit een individueel oogpunt. Dit betekent dat bij het vinden van een optimaal ontruimingsplan, EVACNET in staat is om de gehele ontruiming te overzien. In een werkelijke ontruiming zullen individuen ieder voor zich streven naar een optimale ontruiming. Een belangrijke toepassing van EVACNET is het trainen van potentiële evacués en/of de toezichthouders (bijv. bedrijfshulpverleners) in een optimale ontruiming/ optimaal ontruimingsplan.
  - Beperkingen: -/-

#### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: beschikbaar op <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Technische handleidingen: beschikbaar op <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Publicaties & validatie: zie validatie referentie op <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: MS-DOS
- Input/output: het programma geeft informatie over de knelpunten en de mensen die zich na een zeker kritieke tijdduur nog in het gebouw bevinden.
- Grafische faciliteiten: het programma beschikt niet over grafische faciliteiten.

##### *5.11.3 Conclusies:*

- Minder betrouwbare rekenmethode
- Zeer gedetailleerde documentatie
- Niet gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: laag

##### *5.12 Detact-QS:*

###### *5.12.1 Software identificatie (ID nummer 134)*

- Naam: Detact-QS
- Versie: 1.3
- Jaar: -
- Toepassingsgebied: Responsetijd thermische melders
- Land: US
- Auteur(s): D.D. Evans
- Organisatie(s): NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Systeemvereisten: PC 286
- Omvang: 64K free memory
- Beschikbaar via: kosteloos te downloaden van [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)
- Informatie: [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)

### **Omschrijving:**

DETECT-QA is een programma voor de berekening van de aanspreektijd van thermische detectoren, geplaatst onder een onbegrensd plafond. Het kan worden gebruikt om de activeringstijd te voorspellen van vaste temperatuurmelders en sprinklerkoppen, blootgesteld aan een door de gebruiker gespecificeerde brand. De vereiste invoer betreft de hoogte van het plafond boven de brand, de afstand van de detector tot de hartlijn van de brand, de activeringstemperatuur van de detector en het vermogen van de brand. De uitvoer betreft de gastemperatuur aan het plafond en de temperatuur van de instrument, beide zowel als functie van de tijd als van de activeringstijd.

#### *5.12.2 Evaluatie*

### **Berekeningsmethode:**

- *Formulering:* DETECT-QS is een empirisch model, gebaseerd op gegevenscorrelaties van een aantal grootschalige brandproeven. Het model lost verschillende algebraïsche uitdrukkingen op onder aanname van quasi-stationariteit, om tot voorspellingen te komen. DETECT-QS gaat uit van een algoritme, waarmee de maximale temperatuur en de snelheid van een ongehinderde stroming onder een glad, vlak en horizontaal plafond, als functie van afstand tot de hartlijn van de brandhaard. Ook wordt gebruik gemaakt van een algoritme voor convectie warmtetransport naar een massa met uniforme temperatuur ter voorspelling van de activeringstijd van thermische melders. De correlaties, zoals gebruikt in DETECT-QS werden ontwikkeld door Alpert en gaan uit van een responsetijd index voorgesteld door Heskestad.
- *Aannamen:* In DETECT-QS wordt aangenomen dat de thermische detector zich bevindt onder een relatief groot vlak. Daarom wordt de detector slechts verhit door de stroming langs het plafond, d.w.z. geen verhitting door de hete gassen in de brandruimte. Verder wordt verondersteld dat het beschouwde instrument op een vlak, glad en horizontaal vlak is bevestigd en dat het zich bevindt daar waar de temperatuur en de snelheid van de stroming onder het plafond maximaal zijn. Slechts convectie warmtetransport tussen de vlam en de detector wordt in rekening gebracht. Verliezen ten gevolge van geleiding of straling worden verwaarloosd. De detector wordt beschouwd als een concentreerde massa. Temperaturen en snelheden van de verticale en de horizontale stroming zijn uniform en worden verondersteld maximaal te zijn in de opstijgende rookkolom. Boven het brandstofbed en in de opstijgende rookkolom worden geacht zich geen obstakels te bevinden. Effecten van ventilatie en stratificatie worden buiten beschouwing gelaten. Er is geen vertragingstijd ingebouwd voor het transport van de hete gassen van het brandstofbed naar de detector. Voor iedere stap in toename van het vermogen, wordt het vermogen gemiddeld over het tijdinterval en constant ondersteld.
- *Beperkingen:*
  - DETECT-QS onderwaardeert de temperaturen in de scenario's waarbij lage plafonds zijn betrokken en waarbij de detector zich dicht bij de hartlijn van de brand bevindt. Echter, de voorspellingen verbeteren bij toenemende radiale afstand van de brand tot de detector. Indien de plafondhoogte toeneemt, verbetert de overeenstemming tussen voorspellingen en meetresultaten eveneens
  - Er is een betere overeenstemming tussen voorspellingen en de uitkomsten van experimenten voor detectoren met een hoge RTI dan voor detectoren met een lage RTI.
  - Het gebruik van DETECT-QS is minder geschikt voor kleine ruimten, waarin zich voorafgaand aan de activering een hete gaslaag onder het plafond vormt
  -

### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: No
- Technische handleidingen: "Evaluation of the computer fire model DETACT-QS" Morgan J. Hurley, Daniel Madrzykowski
- Beschikbaar via: NIST Publications op NIST Web Page [www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov).
- Publicaties & validatie Vergelijking met resultaten van proeven is beschikbaar in het Technical Guide Document.

### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: MS-DOS
- Input/output: uitvoer betreft de temperatuur van het gas onder het plafond en de temperatuur van thermisch instrument, beide als functie van de tijd en activeringstijd.
- Grafische faciliteiten: geen

#### *5.12.3 Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Slecht gedetailleerde documentatie
- Niet gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: laag

#### *5.13 Jet:*

##### *5.13.1 Software identificatie (ID nummer 138)*

- Naam: Jet
- Versie: 1.0
- Jaar: 1999
- Toepassingsgebied: Response tijd brandmelders
- Land: USA
- Auteur(s): William D. Davis
- Organisatie(s) NIST (National Institute of Standards and Technology)
- Systeemvereisten: W95/98/2000. Pentium 166 MHz of hoger wordt aanbevolen. 32 MB of RAM.
- Omvang: 4 MB
- Beschikbaar via: kosteloos te downloaden van (<http://fire.nist.gov>). Software en documentatie te vinden in Fire Modelling Software Online.
- Informatie:
  - William D. Davis
  - National Institute of Standards and Technology
  - 100 Bureau Dr. Stop 8642
  - Gaithersburg, Md., 20899-8642
  - 301-975-6884
  - [william.davis@nist.gov](mailto:william.davis@nist.gov)

### **Omschrijving:**

JET is een twee-zone model voor compartiment-branden, waarmee de behoudswetten voor massa en energie worden opgelost om de temperatuur en dikte van de bovenlaag te berekenen. Convectieve warmteverliezen van de plafond-jet en de stralingsverliezen van de brand worden gebruikt om de temperatuur van het plafond te berekenen als functie van de afstand tot de

hartlijn van de brand. Correlaties, die gevoelig zijn voor de temperatuur van de bovenlaag en de dikte daarvan, leveren de temperatuur van het plafond recht boven de brand en de maximale jettemperatuur en jetsnelheid als functie van de radiale afstand tot de brand.

De geometrie van de brandruimte kan worden gerepresenteerd m.b.v een aantal rookschermen en muren. Een ruimte met een deur kan worden gemodelleerd door uit te gaan van een rookscherm, waarvan de lengte gelijk is aan de breedte van de deur. Gasstromen van de bovenlaag kunnen ontstaan, hetzij onder de rookschermen door, hetzij door mechanische ventilatie. De optie van mechanische ventilatie levert de mogelijkheid voor stroming in of uit de brandruimte.

Thermische afsluiters worden toegepast om de rookluiken aan te sturen. De verhitte afsluiters wordt o.a. bepaald door de balans tussen convectieve opwarming van de afsluiter door de jet en de geleiding naar de ondersteuningsconstructie.

Geschikte toepassingsmogelijkheden voor JET betreffen ondermeer:

- a) Bepaling van de activeringstijden van thermische afsluiters van rookluiken en sprinklerkoppen in ruimten begrensd door wanden, rookschermen of een combinatie daarvan, uitgaande van door de gebruiker gedefinieerde branden. Ruimten die aan een of meer zijden niet-besloten zijn, kunnen worden gemodelleerd.
- b) Bepaling van het effect van rookschermen, rookluiken en geforceerde ventilatie op de dikte van de rooklaag en de activering van de thermische afsluitingen.
- c) Bepaling van de temperatuur van het plafond als functie van de dikte en de temperatuur van de bovenlaag en de radiale afstand tot de brand (gemeten langs het plafond), zowel met als zonder rookluiken en geforceerde ventilatie.
- d) Bepaling van de maximale temperatuur en snelheid van de vlam langs het plafond als functie van de dikte van de bovenlaag en de radiale afstand tot de brand (gemeten langs het plafond), met of zonder rookluiken en mechanische ventilatie.

### 5.13.2 Evaluatie

#### **Berekeningsmethode:**

- Formulering: De gebruikte formulering is toegelicht in de Gebruikershandleiding.
- Aannamen:
  - De brandruimte heeft een rechthoekig grondoppervlak
  - JET is een twee-zone model, waarbij de dichtheid en temperatuur per zone uniform wordt verondersteld. De temperatuur en dichtheid van de bovenlaag reageert op een zich ontwikkelende brand, terwijl de in de onderlaag kamertemperaturomstandigheden worden aangehouden. Een horizontale vlam wordt geacht zich langs het plafond uit te breiden.
  - De brand wordt gekarakteriseerd door een tijdsafhankelijk vermogen, een tijdsafhankelijk deel hiervan komt vrij in de vorm van straling, en – naar keuze – een constante of variabele branddiameter.
  - De vlammen van de brandhaard bereiken het plafond niet en de brand is altijd gelokaliseerd nabij het middelpunt van de brandruimte of het door rookschermen bepaalde gebied.
- Beperkingen:
  - Het effect van de rookluiken op de plaatselijke temperatuur en de snelheid van de plafondjet wordt verwaarloosd.
  - Gebaseerd op de vergelijkingen met experimentele gegevens weergegeven in de gebruikershandleiding, komen de voorspellingen van JET in het algemeen overeen met profresultaten voor brandruimten met plafondhoogten tot 22 m. Het is mogelijk dat JET



ook voor grotere hoogten voldoet, maar daarvoor staan geen proefresultaten ter beschikking.

#### **Documentatie:**

- Gebruikershandleiding: “The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer” National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Technische handleidingen: “The Zone Fire Model JET: A Model for the Prediction of Detector Activation and Gas Temperature in the Presence of a Smoke Layer” National Institute of Standards and Technology, NISTIR 6324 (1999).
- Beschikbaar via: het programma is kosteloos te downloaden van (<http://fire.nist.gov>). De software en de documentatie in Fire Modelling Software Online
- Publicaties & validatie: Vergelijking met de resultaten van proeven is beschikbaar in de Technische Handleiding.

#### **Gebruiksaspecten:**

- Interface: Windows
- Input/output: alle uitvoer wordt opgenomen in een tekst file.
- Grafische faciliteiten: geen.

##### *5.13.3 Conclusies:*

- Betrouwbare rekenmethode
- Zeer gedetailleerde documentatie
- Gebruiksvriendelijk
- Vereist niveau gebruiker: gemiddeld

## REFERENCES:

- [1] Olenick S. M. And Carpenter D. J., May 2003, "An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [2] Friedman R., 1992, "An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke", Journal of Fire Engineering Vol. 4
- [3] Janssens M. L., 2002, "Evaluating Computer Fire Models", Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 13
- [4] ASTM E 1355; ASTM E 1472; ASTM E 1591; ASTM E 1895
- [5] EC3 – Eurocode 3 Part 1.2 (ENV 1993-1-2).
- [6] EC4 – Eurocode 4 Part 1.1 (ENV 1994-1-1) and Part 1.2 (ENV 1994-1-2).
- [7] Twilt L., Hass R., Klingsch W., Edwards M. and Dutta D., 1996, "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire", CIDECT Design Guide 4
- [8] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W., Bukowski R. W. And Forney G. P., 2000, "User's Guide for Fast: Engineering Tools for Stimulating Fire Growth and Smoke Transport", NIST-SP-921
- [9] Portier R. W., Reneke P. A., Jones W. W and Peacock R. D, 1992, "User's Guide for Cfast Version 1.6", NISTIR-4985
- [10] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W. and Forney G. P, 2000, "Technical References for Cfast: An Engineering Tool for Stimulating Fire Growth and Smoke Transport", NIST-TON-1431
- [11] Peacock R. D., Jones W. W. and Bukowski R. W., 1993, "Verification of a model of fire and smoke transport", Fire Safety Journal Vol. 21
- [12] Deal S., 1990, "A review of four compartment fires with four compartment fire models", Fire Safety Developments and Safety, Proceedings of the annual meeting of Fire Retardant Chemicals Association
- [13] Duong D. Q., 1990, "The accuracy of Computer Fire models: some comparison with experimental data from Australia", Fire safety Journal Vol. 16
- [14] Davis W. D., Notarianni K. A., and McGrattan K.B., 1996, "Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling", NISTIR-5927
- [15] Cadarin J. F., Franssen J. M., and Pintea D., 2001, "The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On experimental Fire tests", Rapport interne SPEC/2001\_01 University of Liege
- [16] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Aurtinetxe G., Unanua J., Pustorino S., Heise F. J., Salomon R., Twilt L. and Van Oerle J., 2002, "Competitive steel buildings through natural fire safety concepts" Final Report EUR 20360 EN
- [17] Cadarin J. F., 2002, "On the application field of Ozone V2", Rapport interne N° M&S/2002-003 University of Liege
- [18] Cadarin J. F., 2003, "Compartment fire models for structural engineering", Doctoral Thesis of J. F. Cadarin, University of Liege
- [19] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Moore D., Lennon T., Kruppa J., Hüller V., Hosser D., Dobbernack R., Kirchner U., Eger U., Twilt L., Van Oerle J., Kokkala M. And Hostikka S., 2002, "Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Tests, Implementation in the Eurocodes and Development of an user friendly design tool" Final Report EUR 20580 EN
- [20] McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User's Guide", NISTIR-6784
- [21] Forney G. P. and McGrattan K. B., 2003, "User's Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data", NISTIR-6980
- [22] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, "Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide", NISTIR-6783
- [23] Hurlley M. J. and Madrzykowski D., 2002, "Evaluation of the computer fire model DETECT-QS", Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 4th International Conference. Proceedings
- [24] Davis W. D., 1999, "The Zone Fire model JET: A Model for the prediction of detector activation and gas temperature in presence of a smoke layer", NISTIR-6324

## WEB LINKS:

[www.arcelor.com](http://www.arcelor.com)  
[www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software](http://www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software)  
[www.bre.co.uk/frs/software.jsp](http://www.bre.co.uk/frs/software.jsp)  
[www.cidect.org](http://www.cidect.org)  
[www.cticm.com](http://www.cticm.com)  
[www.doctorfire.com](http://www.doctorfire.com)  
[www.euoprofil.lu](http://www.euoprofil.lu)  
[www.fire.nist.gov](http://www.fire.nist.gov)  
[www.fire.org](http://www.fire.org)  
[www.firemodelsurvey.com](http://www.firemodelsurvey.com)  
[www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html](http://www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html)  
[www.framemethod.be/modeling.html](http://www.framemethod.be/modeling.html)  
[www.fseg.gre.ac.uk](http://www.fseg.gre.ac.uk)  
[www.irc.nrc-cnrc.gc.ca](http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca)  
[www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet](http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet)  
[www.labein.es](http://www.labein.es)  
[www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)  
[www.rautaruukii.com](http://www.rautaruukii.com)  
[www.tno.nl](http://www.tno.nl)  
[www.ulg.ac.be](http://www.ulg.ac.be)  
[www.uni-hannover.de](http://www.uni-hannover.de)