

Rapport 61

Oktober 2021

Analyse van experimenten en numerieke simulaties van brandproeven voor de ontwikkeling van een beoordelingskader voor brandveiligheid in zorggebouwen

Onderzoeker: Andrea Lucherini¹

Promotor: Bart Merci¹

¹ Universiteit Gent – Vakgroep Bouwkundige Constructies en Bouwmaterialen

Samenvatting

Moderne infrastructuurconcepten in de zorg hebben vaak een grote graad van ‘openheid’. Dit heeft ingrijpende gevolgen op gebied van brandveiligheid, zowel op gebied van de mogelijke ontwikkeling van brand, als op het vlak van evacuatie. In deze optiek wordt binnen het Steunpunt Welzijn, Volksgezondheid en Gezin onderzocht hoe actieve brandbeveiliging (rookextractie en/of automatisch blussysteem) rookverspreiding kan beperken, met het oog op het verzekeren van de veiligheid van kwetsbare personen. Dit laat de ontwikkeling van een beoordelingskader toe voor de toepassing van alternatieve brandveiligheidsmaatregelen, op basis van betrouwbare input.

Concreet wordt een antwoord geformuleerd op de volgende onderzoeksvragen:

- O1. Wat is het gewenste veiligheidsniveau in zorggebouwen voor verschillende gebruiksgroepen?*
- O2. Wat is een set van representatieve settings als basis voor de structuur van een beoordelingskader?*
- O3. Wat kan geleerd worden van de resultaten van brandproeven op ware grootte?*
- O4. Welke aanvullende computersimulaties moeten worden uitgevoerd om het beoordelingskader te vervolledigen?*
- O5. Wat kan geleerd worden van de resultaten van de bijkomende computersimulaties?*
- O6. Met welke combinaties van brandveiligheidsmaatregelen kan een vooropgesteld veiligheidsniveau gerealiseerd worden voor de set van representatieve cases?*

De studie steunt voornamelijk op grondige analyses van een groot aantal uitgevoerde numerieke simulaties (CFD: Computational Fluid Dynamics), rond het gecombineerd gebruik van actieve brandbeveiliging in de context van zorggebouwen, voor zorgvuldig gekozen representatieve brandscenario's en configuraties. De studie maakt ook gebruik van eerder uitgevoerde VIPA-studies.

Het resultaat van de studie is een technisch-wetenschappelijke onderbouwing die uitmondt in een voorstel tot beoordelingskader voor brandveiligheid in zorggebouwen, in het bijzonder wanneer er actieve brandbeveiliging aanwezig is om rookverspreiding te beperken. Deze onderbouwing is

gebaseerd op de interpretatie en analyse van CFD-berekeningen, die gevalideerd zijn met behulp van gegevens van brandproeven.

Voor diverse settings is nagegaan met welke combinaties van brandveiligheidsmaatregelen en evacuatiestrategieën een gewenst veiligheidsniveau kan bereikt worden, rekening houdend met de specifieke zorgcontext (i.h.b. zelfredzaamheid en kwetsbaarheid van de bewoners en beschikbaarheid van verzorgend personeel).

Dit leidt tot aanbevelingen die door de technische commissie brandveiligheid (TCB) van het departement Welzijn, Volksgezondheid en Gezin (WVG) kunnen worden gebruikt bij de evaluatie van alternatieve voorstellen in afwijkingsdossiers.

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen zijn:

O1. Wat is het gewenste veiligheidsniveau in zorggebouwen voor verschillende gebruiksgroepen?

De criteria van het veiligheidsniveau werden in functie van de twee evacuatiestrategieën bepaald:

- Onmiddellijke horizontale evacuatie uit de kamer (via de evacuatiewegen): Al dan niet met behulp van het aanwezige personeel worden de bewoners uit hun kamer geëvacueerd naar een veilige locatie.
- ‘Defend in place’ (de bewoner blijft in de kamer): De bewoners blijven in hun kamer (die afgesloten is) en wachten op het personeel en/of de brandweer die de evacuatie op een later tijdstip uitvoeren. Er wordt dus verondersteld dat de bewoners in hun kamer blijven totdat een evacuatie door een ‘rookvrije’ evacuatieweg mogelijk is.

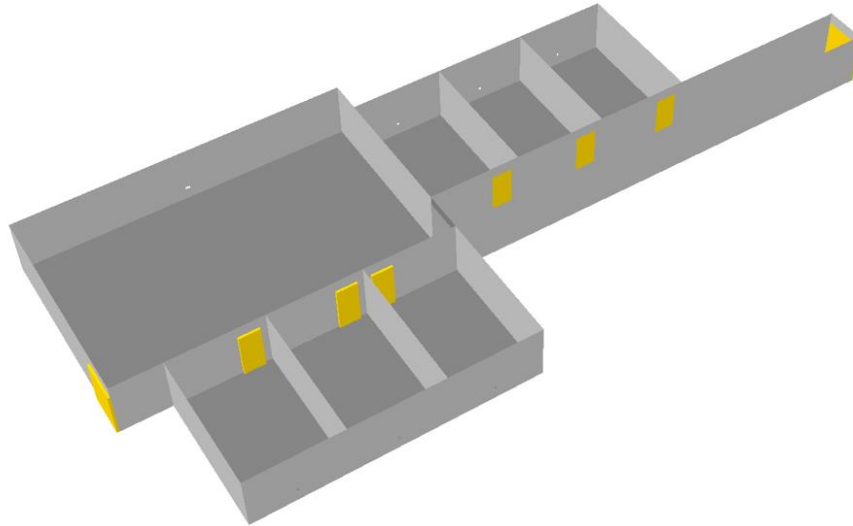
Het vermijden van elke blootstelling aan rook wordt als een te streng criterium ervaren. Blootstelling aan rook dient wel zo veel mogelijk vermeden te worden, m.a.w., een ‘beperkte blootstelling’ aan rook kan worden toegestaan, te definiëren als volgt:

- De beperkte blootstelling is enkel van toepassing op zichtbare rook.
- Fysiek contact van het hoofd met de rook is niet toegestaan. Een rookvrije hoogte van minimaal 2.1 m wordt daarom vastgelegd.

Een ‘rookvrije evacuatieweg’ wordt gedefinieerd als een evacuatieweg met maximaal dergelijke ‘beperkte blootstelling’ tijdens de evacuatie.

O2. Wat is een set van representatieve settings als basis voor de structuur van een beoordelingskader?

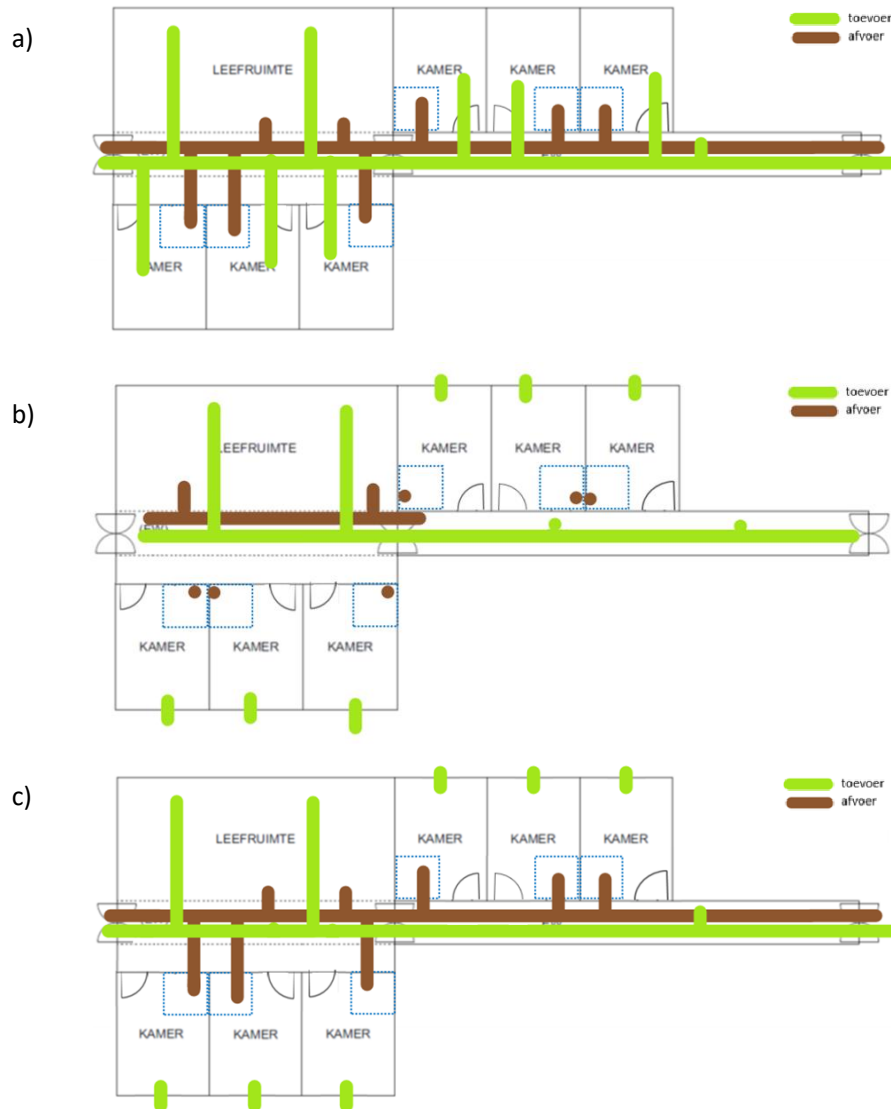
Scenario’s werden gedefinieerd om kwalitatief de invloed van verschillende factoren te bestuderen d.m.v. CFD-berekeningen voor een configuratie, bestaande uit een gemeenschappelijke ruimte van ongeveer 130 m², 3 kamers die hier rechtstreeks op uitgeven met enkele deuren, een evacuatiegang en 3 kamers die hier rechtstreeks op uitgeven met enkele deuren. Elke kamer heeft dezelfde oppervlakte (6 m x 4 m) en de plafondhoogte is 2.5 m. Aan het einde van de gang, en aan 1 zijde van de gemeenschappelijke ruimte, is er een dubbele deur. Deze generieke configuratie werd als representatief beschouwd voor het doel van de studie.



De CFD-berekeningen verschaffen inzicht in de impact van de volgende aspecten:

- Het openen van deuren,
- Openingen/lek in kamerwanden,
- Lek rond deuren,
- Plafondhoogte,
- Grondoppervlakte van de gemeenschappelijke ruimte,
- Brandscenario,
- RWA-systeem (met een constant volumedebiet van 10 luchtverversingen per uur).

Bovendien werden verschillende configuraties van ventilatiesystemen bestudeerd. Voor deze configuraties werd het effect bestudeerd van de afmetingen van de kanalen. Er werd ook bestudeerd wat het effect is op rookverspreiding wanneer de ventilatoren worden afgeschakeld.

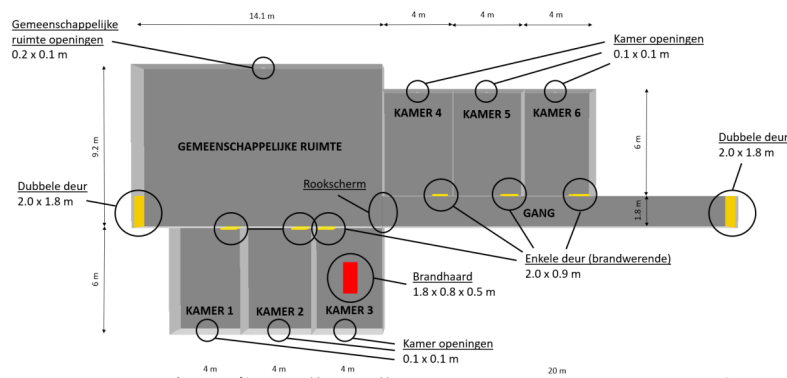


O3: Wat kan geleerd worden van de resultaten van brandproeven op ware grootte?

De analyses van de brandproeven zoals voorgesteld in (1) werden verrijkt met behulp van CFD (Computational Fluid Dynamics). De meetresultaten van de brandproeven werden gebruikt ter validatie van de CFD-berekeningen, terwijl de resultaten van de CFD-berekeningen bijkomende informatie opleverden om de meetgegevens van de brandproeven te interpreteren. Er werd geconcludeerd dat, mits aangepaste instellingen, een goede overeenkomst wordt bereikt van de resultaten van de CFD-berekeningen met de meetresultaten van (1). Deze goede overeenkomst laat toe om met vertrouwen de resultaten van de bijkomende CFD-simulaties (zie O4) als kwalitatief betrouwbaar te analyseren (O5), ter ondersteuning van de ontwikkeling van een beoordelingskader (O6).

O4: Welke aanvullende computersimulaties moeten worden uitgevoerd om het beoordelingskader te vervolledigen?

Uitgebreide besprekingen met de stuurgroep hebben geleid tot een matrix van scenario's voor onderstaande configuratie.



Onderzochte parameter	Positie brandhaard	Deuren	Opening in de kamers	Lekopeningen van de deuren	Plafondhoogte	Oppervlakte van de GR	Brandscenario	Rook-Extractie-debiet	Ventilatiesysteem		Paragraaf in Hoofdstuk 6
									Configuratie	Tijdstip sluiten kleppen	
Openen van deuren	Kamer 3	Dicht	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.1
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	
	Kamer 3	Open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	
Opening in de kamers	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.2
	Kamer 3	30 s open	0.25 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	
Lekopeningen van de deuren	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.3
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Bovenaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	
Plafondhoogte	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.4
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	-	-	
Oppervlakte van de GR	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.5
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	250m ²	Zetel	-	-	-	
Brandscenario	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.6
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Fast at ²	-	-	-	
Rookextractie	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	-	-	-	4.7
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.5m	130m ²	Zetel	1.0m ³ /s	-	-	
Ventilatiesysteem	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	1	-	4.8
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	2	-	
	Kamer 6	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	3	-	
	GR	Dicht	0.25 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	1	-	
	Kamer 3	30 s open	0.25 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	1	-	
	Kamer 3	30 s open	0.01 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	1	120 s	
	GR	Dicht	0.02 m ²	Onderaan	2.7m	130m ²	Zetel	-	1	120 s	

O5: Wat kan geleerd worden van de resultaten van de bijkomende computersimulaties?

Kwalitatieve analyse van de aanvullende CFD-berekeningen laat toe om het volgende te concluderen:

- Het is belangrijk dat de deuren van de kamers gesloten blijven. Wanneer er twee gesloten deuren zijn tussen de ruimte van de brandhaard en de beschouwde ruimte, mag de beschouwde ruimte redelijkerwijs als veilig worden beschouwd zo lang het vermogen van de brandhaard en de drukverschillen de hier in de CFD-berekeningen opgelegde en bekomen waarden niet overschrijden.
- Het vermijden van overdruk in de ruimte met de brandhaard, is een mogelijke manier om rookverspreiding naar de andere ruimten te voorkomen, mits dit gecombineerd wordt met een rookwerende scheiding. Het vermijden van overdruk kan bewerkstelligd worden door middel van een voldoende grote ventilatie-opening (minstens 0.25 m² voor een gemeenschappelijke ruimte, minstens 0.06 m² voor een kamer) wanneer overdruk (door bv. wind) aldaar wordt vermeden. Hoewel dit niet werd gesimuleerd, kan, onder meer op basis van de bevindingen in (2) en (3), redelijkerwijs worden aangenomen dat ook een functionerend automatisch blussysteem in de ruimte met de brandhaard tot een voldoende beperking van de drukopbouw zal leiden in de ruimte met de brandhaard (en in bepaalde omstandigheden zelfs tot een

onderdruk) door beperking van de HRR, zodat ook dit een mogelijke manier is om rookverspreiding naar de gemeenschappelijke ruimte en andere kamers te vermijden, mits dit gecombineerd wordt met een rookwerende scheiding. Een beperking van de drukopbouw of het creëren van een onderdruk in de ruimte met de brandhaard kan ook worden bewerkstelligd d.m.v. rookextractie in de ruimte met de brandhaard.

- De precieze hoogte van het plafond heeft, zo lang er geen hoogteverschillen zijn en zo lang de hoogte beperkt blijft tot een hoogte die kan worden verwacht in een eenlagige bouweenheid, geen noemenswaardige invloed op de rookverspreiding.
- De oppervlakte van de gemeenschappelijke ruimte heeft geen significante invloed op de rookverspreiding in geval van brand in een kamer. *[Impliciet kan meer algemeen de oppervlakte van de gemeenschappelijke ruimte wel een invloed hebben op vlak van brandveiligheid, omdat een grotere oppervlakte meer, en andere, activiteiten toelaat. Dit kan aanleiding geven tot een groter brandvermogen in geval van brand in de gemeenschappelijke ruimte. Dit aspect is evenwel niet opgenomen in deze studie.]*
- Wanneer de brand ondergeventileerd is (hetgeen waarschijnlijk is bij gesloten deur en beperkte ventilatie-opening in geval van brand in een kamer), hangt de rookverspreiding niet sterk af van de precieze brandbelasting en het precieze brandverloop in de kamer. *[Opmerking: voor een brand in de gemeenschappelijke ruimte zal het aanzienlijk langer duren tot de brand ondergeventileerd raakt. Hoe groter het volume van de gemeenschappelijke ruimte en hoe groter de ventilatie-openingen, hoe langer dit zal duren. Mogelijks blijft de brand zelfs brandstofgecontroleerd. Zo lang de brand brandstofgecontroleerd blijft, zullen de HRR, drukopbouw en rookverspreiding afhangen van de aanwezige brandbelasting en eventueel aanwezige actieve brandbeveiligingsmaatregelen.]*
- Rookextractie met een extractiedebiet van de grootteorde van 10 luchtverversingen per uur uit de gemeenschappelijke ruimte, heeft een gunstig effect op de rookverspreiding in geval van brand in een kamer die met een gesloten deur op de gemeenschappelijke ruimte aansluit, maar kan niet verhinderen dat rook zich verspreidt naar de gemeenschappelijke ruimte en een eventuele gang die niet door een gesloten deur wordt afgescheiden van de gemeenschappelijke ruimte.
- Het afscherpende effect van gesloten deuren (die rookverspreiding kunnen tegengaan) kan teniet worden gedaan door ventilatiekanalen, wanneer kamers hierdoor in verbinding staan met de ruimte met de brandhaard. Dergelijke rookverspreiding kan worden vermeden door de rookverspreiding doorheen de kanalen te blokkeren met brandkleppen, of door maatregelen te nemen die een overdruk verhinderen in de ruimte met de brandhaard.
- Er valt geen rookverspreiding te vrezen naar de kamers via de ventilatiekanalen wanneer die een onafhankelijke toevoer en afvoer hebben voor ventilatie (i.e., enkel verticale kanalen, al dan niet gecombineerd met toevoer via ramen) en mits de brandkleppen op de compartimentsgrenzen worden gesloten bij detectie van brand.
- Het gevaar voor rookverspreiding vanuit de ruimte met de brandhaard naar andere ruimten doorheen een extractiekanaal, is veel kleiner dan door een toevoerkanaal (mits de druk in de kamer met de brandhaard niet te hoog oploopt).
- Het sluiten van enkel de brandkleppen op de compartimentsgrenzen, heeft geen significante impact op de rookverspreiding in het compartiment zelf. Het afscherpende effect van gesloten deuren (die rookverspreiding kunnen tegengaan) kan teniet worden gedaan door ventilatiekanalen, wanneer kamers hierdoor in verbinding staan met de ruimte met de brandhaard. Dergelijke rookverspreiding kan worden vermeden door de rookverspreiding doorheen de kanalen te blokkeren met brandkleppen, of door maatregelen te nemen die een overdruk verhinderen in de ruimte met de brandhaard.

06. Met welke combinaties van brandveiligheidsmaatregelen kan een vooropgesteld veiligheidsniveau gerealiseerd worden voor de set van representatieve cases

Op basis van aannames voor de scenario's (zie hieronder), zijn de volgende overzichtstabellen tot stand gekomen voor combinaties van brandveiligheidsmaatregelen, teneinde het vooropgestelde veiligheidsniveau te bekomen:

DEFEND IN PLACE

OPTIE	BRANDVEILIGHEIDSMATREGEL			EISEN VOOR DEUREN		
	AB	RO	OPEN	K-GR	K-EW	GR-EW
AB	GR			BRD	BD	
	TOT			RD		
AB-RO	GR	GR		BD	BD	
	TOT	TOT				
RO		GR		BD	BD	BD
		TOT		BD	BD	BD
OPEN			GR	BRD	BD	BD

ONMIDDELLIJKE EVACUATIE (NIET-ZELFREDZAME PERSONEN)

OPTIE	BRANDVEILIGHEIDSMATREGEL					EISEN VOOR DEUREN		
	AB	RO	OPEN	RS	UIT+	K-GR	K-EW	GR-EW
AB	GR				K-GR	BRD	BRD	RD
	TOT				K-GR	RD	RD	RD
AB-RO	GR	GR			K-GR	BRD	BRD	
	TOT	TOT			K-GR			
RO		GR			K-GR	BRD	BRD	BRD
		TOT			K-GR	BD	BD	BD
OPEN			GR		K-GR	BRD	BRD	BRD
BS				GR		BRD	BRD	BRD

Opmerkingen:

- Voor optie BS hangt een goed ontwerp sterk af van de configuratie (geometrie van het gebouw; positie van brandscherm(en) en het extractiesysteem (extractiedebiet, alsook posities van afzuigpunten en toevoerpunten). Voor de configuratie uit studie (1) (zie ook Figuur 6 van het rapport) wordt dit als valide beschouwd. Voor andere configuraties moet de goede werking worden aangetoond (bv. door CFD-simulaties of warme rookproeven).

- Combinaties van maatregelen zijn mogelijk. Bv. kan RO-TOT worden gecombineerd met BS, en in dat geval vervalt de eis 'UIT+' in K-GR (o.w.v. de aanwezigheid van BS), alsook de eis van rookwerendheid van de deuren (o.w.v. de aanwezigheid van RO-TOT).
- Bij 'OPEN' moet er worden over gewaakt dat de opening niet in overdruk kan staan (bv. ten gevolge van wind). Dit is niet altijd eenvoudig. Een technische oplossing is bijvoorbeeld minstens twee openingen te voorzien (met elk een oppervlakte van minstens 0.25 m²) in twee tegenoverstaande wanden en op het moment van de brand te controleren bij welke opening er geen overdruk is.

Legende:

AB	Automatisch blussysteem (residentiële sprinklernorm of gelijkwaardig)
RO	Rookbeheersingssysteem om een onderdruk te creëren
OPEN	Een opening (met een oppervlakte van minstens 0.25 m ²) aanbrengen in de gemeenschappelijke ruimte
UIT+	Bijkomende uitgang (de kamer wordt voorzien van een bijkomende volwaardige uitgang die niet uitgeeft op de gemeenschappelijke ruimte)
BS	Brandscherm (creëren van een rookvrije evacuatiweg in combinatie met een rookbeheersingssysteem)
BRD	Brand- en rookwerende deur
BD	Brandwerende deur
RD	Rookwerende deur
TOT	Totaal van gemeenschappelijke ruimte en de kamers
GR	Gemeenschappelijke ruimte
EW	Evacuatiweg
K-GR	Kamer uitgevend op de gemeenschappelijke ruimte
K-EW	Kamer uitgevend op de evacuatiweg
GR-EW	Deur tussen de gemeenschappelijke ruimte en de evacuatiweg

De volgende eisen worden geformuleerd voor kleppen in eventueel aanwezige ventilatiekanalen:

- Indien de eis voor de deur enkel een brandwerende eis is (BD), dan mag een klep van het type A (klep die sluit op basis van temperatuur) toegepast worden, behalve wanneer de klep zich op een compartimentsgrens bevindt.
- Indien de eis voor de deur van het betreffende compartiment minstens een rookwerende eis is (RD of BRD), dan dient een klep van het type B (klep die sluit op basis van branddetectie) toegepast te worden.

De aannames voor de scenario's, op basis waarvan bovenstaande tabellen zijn ontwikkeld, zijn als volgt:

- De ruimte met de brandhaard ('brandruimte') bestrijkt 1 bouwlaag. Duplexen of atriumconfiguraties worden dus niet beschouwd.
- De brand ontstaat in de gemeenschappelijke ruimte of in een kamer.
- Elke deur wordt verondersteld bij brand zelfsluitend te zijn. Dit kunnen deuren zijn die sluiten d.m.v. een automatisch ontgrendelingsmechanisme, of deuren uitgerust met deursluiters met vrijloop. Het eerste type wordt eerder toegepast bij deuren tussen verschillende ruimtes die in de meeste gevallen open zijn, terwijl het andere type vooral gebruikt wordt bij de deuren van de kamers. Tijdens de volledige brandduur wordt verondersteld dat deze deur gesloten is, met uitzondering van kortstondig openen van de deur (bv. om een kamer

of een compartiment te verlaten, zie volgend puntje). Eventuele rookverspreiding hierdoor wordt verwaarloosd bij de bespreking van de combinaties van brandveiligheidsmaatregelen.

- Enkel tijdens de evacuatie worden de deuren ter plaatse van de compartimentsgrens verondersteld kortstondig open te zijn.
- Het vermogen van de brand neemt niet uitzonderlijk snel toe. Er wordt verondersteld dat de brandlast dusdanig is dat de brand zich ontwikkelt als een αt^2 -curve met 'medium' groei. Dit komt overeen met een gelijkmatige horizontale branduitbreiding, waarbij na 5 minuten een vermogen van 1 MW wordt bereikt. Er wordt bovendien verondersteld dat de brandhaard in geen geval groter wordt dan 1.5 MW. Hiertoe moeten de nodige maatregelen worden genomen. Dit kan op verschillende manieren [enkele voorbeelden zijn: de beperking van de brandlast; de aanwezigheid van een goed ontworpen automatisch blussysteem; het creëren van een situatie van ondergeventileerde brand (bv. brand in een kamer met gesloten deuren en ramen); het gebruik van meubilair met dusdanig verbeterd brandgedrag dat het brandvermogen voldoende traag toeneemt].
- Enkel de rookverspreiding tussen de verschillende ruimtes via de deuren en de ventilatiekanalen wordt beschouwd. Er wordt verondersteld dat elke andere rookverspreiding (bv. via doorvoeringen zoals stopcontacten) verwaarloosbaar is, in de veronderstelling dat deze voldoende kwaliteitsvol uitgevoerd zijn.
- In geval van 'Defend in Place' (DIP) dient de evacuatieweg rookvrij gemaakt te kunnen worden tijdens de interventie van de brandweer.
- Het ventilatiesysteem wordt uitgeschakeld bij sturing door branddetectie (los van de eventuele toepassing in het kader van rookbeheersing). Dit gebeurt ten laatste 60 seconden na detectie.
- Er wordt geen rekening gehouden met de mogelijke invloed van wind.
- Er wordt geen rekening gehouden met de mogelijke invloed van een schoorsteeneffect (dat aanwezig zal zijn in geval van meerdere bouwlagen, bv. in een trappenhuis).
- Het personeel is opgeleid om te kunnen assisteren in het geval van evacuatie en is voorbereid op eventuele brandsituaties.
- De zorgvoorziening is voorzien van een algemeen automatisch detectiesysteem.
- Brandwerende kleppen type B (klep die sluit op basis van branddetectie) worden toegepast in de ventilatiesystemen op de compartimentsgrenzen, terwijl brandwerende kleppen type A (klep die sluit op basis van temperatuur) mogen worden toegepast in de ventilatiesystemen op scheidingen tussen ruimten binnen de compartimentsgrenzen.

Belangrijke opmerking: de opties zoals beschreven in de overzichtstabellen zijn gebaseerd op deze aannames. Het is mogelijk dat deze aannames niet helemaal zullen kloppen in de realiteit, bv. een deur zou gedurende langere tijd open kunnen zijn. De kans dat aan bepaalde aannames niet voldaan is in de realiteit neemt over het algemeen toe naarmate een ruimte groter wordt (bv. het risico neemt toe op een grotere brandhaard) en naarmate het aantal kamers toeneemt (bv. als er meer deuren zijn, kan er meer fout lopen met het gesloten zijn van deze deuren). Bepaalde opties voor combinaties van brandbeveiligingsmaatregelen kunnen hier gevoeliger aan zijn.