
HANDLEIDING BRANDVEILIG DETAILLEREN UTILITEITSBOUW



CAUBERG-HUYGEN
RAADGEVENDE INGENIEURS BV
RAADGEVENDE INGENIEURS BV



 **TU Delft**
Delft

ing. K.N.T. Truijens

d.d. 24 juni 2009

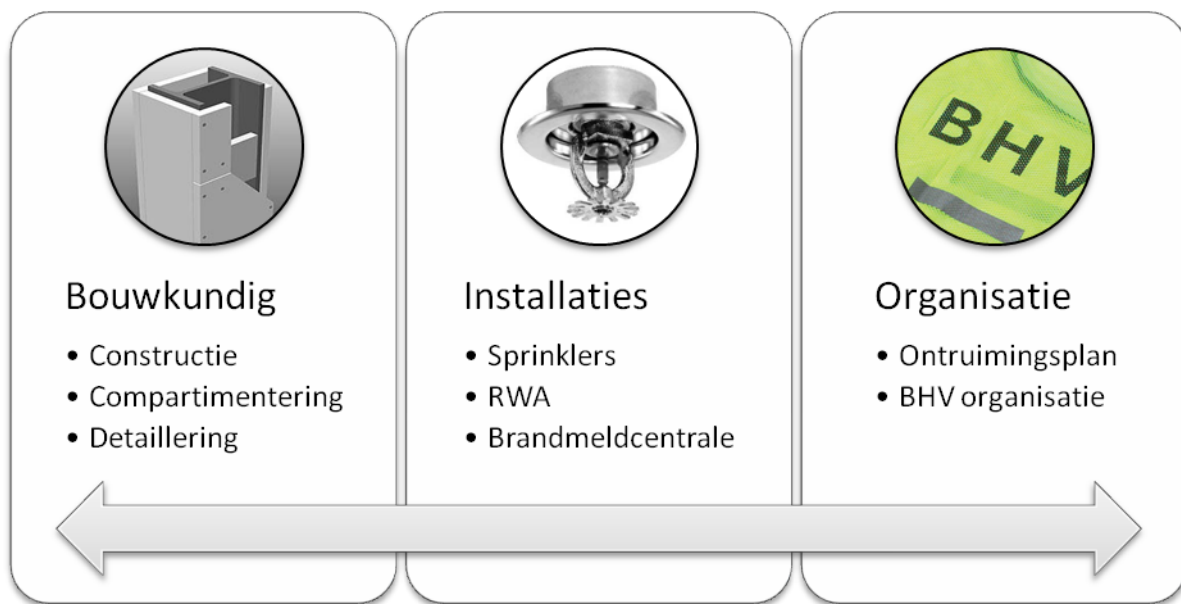
INHOUDSOPGAVE

Inleiding.....	3
Wet- en regelgeving	4
Effecten van brand op de detaillering.....	8
Brandgedrag materialen	10
Beton	11
Staal.....	12
Hout.....	13
Glas.....	14
Aluminium	15
Gips (vezel) plaat	16
Isolatie	17
Afdichtingmaterialen.....	18
Branduitbreidingstrajecten	19
Brandoverslag:	19
Branddoorslag	22
Beoordeling van de detaillering	24
Stappenplan detailbeoordeling.....	25
Referentiedetails.....	28
Bibliografie	37
Figuurlijst.....	38
Tabellenlijst	38

INLEIDING

Brand is de schrik van elke gebouweigenaar en niemand hoopt het in zijn leven mee te maken. Brand verwoest alles wat het tegen komt met enorme economische en ook emotionele schade tot gevolg. Zodra de mens is gaan bouwen is er een risico ontstaan dat er mogelijk een brand ontstaat waardoor de mens gevaar kan lopen. Bij brandveiligheid moeten we altijd een afweging maken welke mate van risico we acceptabel vinden. Om het risico te verminderen kunnen er een aantal niveaus worden onderscheiden waarin dit risico tot een aanvaardbaar niveau teruggedrongen kan worden.

- Niveau 1: passieve maatregelen (ruimte indeling, compartimentering, brandscheidingen en detaillering)
- Niveau 2: actieve maatregelen (installaties zoals detectiesystemen, blusinstallaties, rook- en warmte afvoer)
- Niveau 3: organisatorische maatregelen (BHV organisatie, ontruimingsplannen)



Deze handleiding richt zich voornamelijk op de passieve brandveiligheid en dan met name op de detailleringen. Bij brandveiligheid is er sprake van ketenveiligheid en bepaald de zwakste schakel de sterkte van de keten. Brandcompartimenten zijn een belangrijk onderdeel in het beheersbaar houden van brand. Het voorkomt de uitbreiding van brand en moet er mede voor zorgen dat de gebruikers de tijd krijgen om een gebouw veilig te verlaten. In grote lijnen is het maken van een compartiment geen probleem. De industrie biedt voldoende materialen die voldoende weerstand bieden tegen brand. De aansluiting is echter niet zo vanzelfsprekend. De aansluiting moet in principe aan dezelfde eisen voldoen als de brandwerende wand en dit vraagt aandacht bij de detaillering.

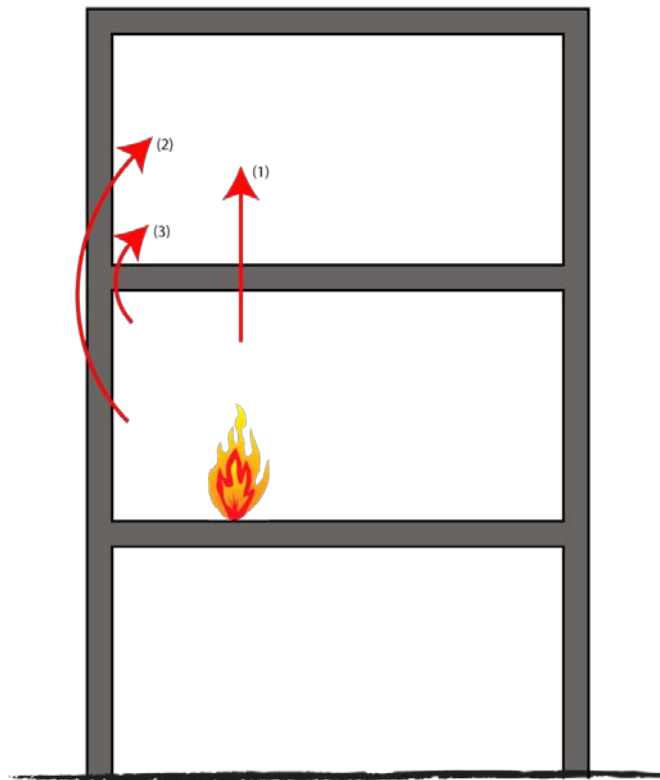
In deze handleiding wordt aan de hand van aandachtspunten, een handreiking geboden waarmee details beoordeeld kunnen worden. Deze beoordeling biedt architecten en ontwerpers de mogelijkheid om kritisch te kijken naar de getekende aansluitingen en ze een tool te bieden die ervoor moet zorgen dat er bewuster met brandveiligheid wordt omgegaan.

WET- EN REGELGEVING

In Nederland worden de eisen met betrekking tot de brandveiligheid van gebouwen omschreven in het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit heeft als primair uitgangspunt, het voorkomen van (dodelijke) slachtoffers. Om dit te bereiken hanteert het Bouwbesluit de volgende pijlers:

- Zorgen dat de mensen die zich in een brandend gebouw bevinden, tijdig een veilige plaats kunnen bereiken.
- De kans beperken dat een brand kan ontstaan of zich kan uitbreiden.
- Een eventuele brand, met behulp van de brandweer, zoveel mogelijk beperken tot het eigen perceel.

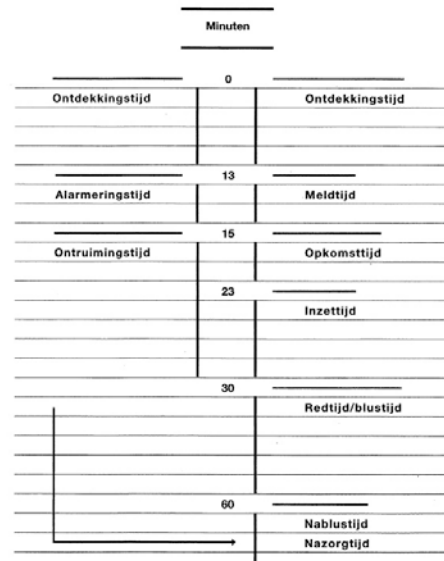
Ten behoeve van de beperking van de uitbreiding van brand en de detaillering die daarmee gemoeid is hebben we te maken met verschillende uitbreidingstrajecten. In Figuur 1 zijn de drie basis uitbreidingstrajecten weergegeven.



FIGUUR 1: BRANDUITBREIDINGSTRAJECTEN

Hierbij is (1) de branddoorslag door een materiaal (WBD: weerstand branddoorslag), (2) staat voor de brandoverslag via de buitenzijde van de gevel (WBO: weerstand brandoverslag) en (3) is de branddoorslag via de aansluiting tussen de gevel en de vloer. De weerstandseis, uitgedrukt in minuten, is daarbij afhankelijk van de situatie. De achtergrond van deze minuten eis vindt zijn oorsprong in het volgende schema:

- Binnen 13 minuten na het ontstaan van een brand is die brand ontdekt, en vindt alarmering van de door de brand bedreigde personen en de brandweer plaats;
- Binnen 2 minuten na alarmering van de door de brand bedreigde personen moeten die personen zonder hulp van de brandweer kunnen vluchten;
- Binnen 8 minuten na het melden van de brand is de brandweer aanwezig en operationeel;
- Binnen 7 minuten na aankomst, moet de brandweer operationeel zijn;
- Binnen 30 minuten heeft de brandweer “water op het vuur”
- Binnen 60 minuten na het ontstaan van de brand moet de brandweer de brand onder controle hebben of, anders gezegd, de brandmeester zijn. Op dat moment moeten ook alle door de brand bedreigde personen gered zijn.



FIGUUR 2: BEREDENERING TIJDVERLOOP BIJ BRAND

De focus zal in deze handleiding liggen op traject 3 en die kan verschillende vormen hebben zoals leiding doorvoeren, gevel/dak aansluitingen en gevel/vloer aansluitingen. Al deze aansluitingen vormen samen een brandveiligheidsketen waarbij elke schakel bepalend is voor de totale sterkte van de keten.

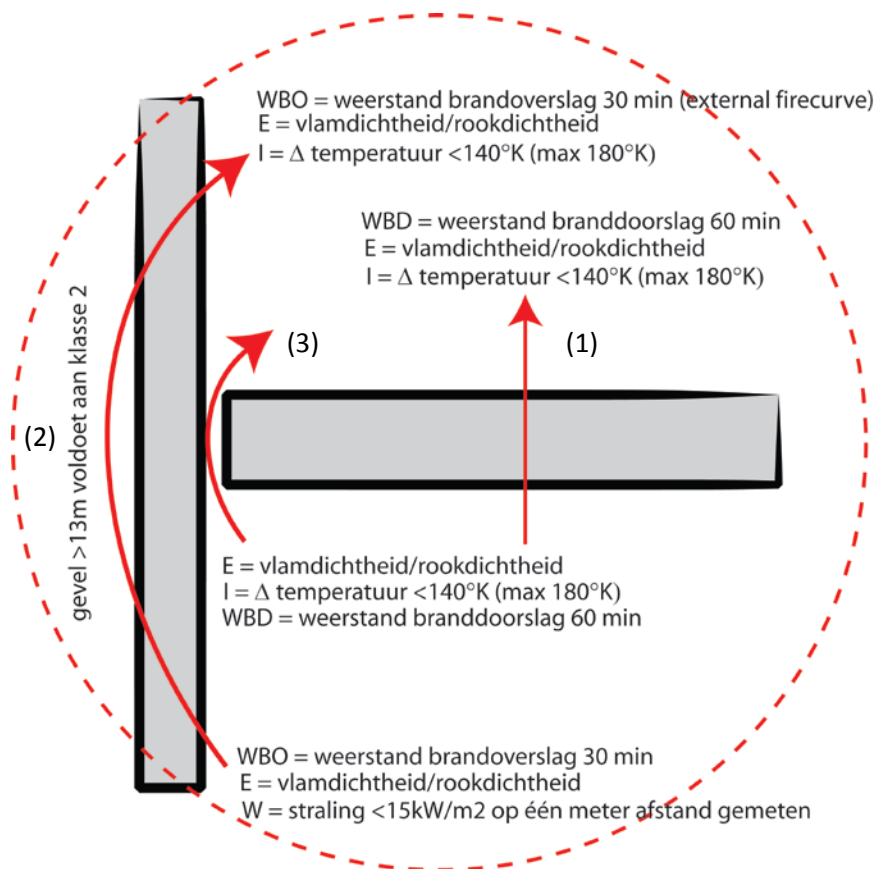
Van deze drie onderwerpen zijn er twee de laatste jaren opgepakt door verschillende organisaties en vervolgens gepubliceerd om de kennis te verspreiden binnen de branche. Het gaat hierbij om de leiding doorvoeren waar de SBR (Stichting Bouw Research) in samenwerking met ISSO een publicatie (Brand- en rookwerende oplossingen voor installatietechnische doorvoeringen) over heeft uitgebracht en de dakaansluitingen, waar het NIFV (Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid) een publicatie (Uitvoering brandveiligheid dakconstructies van stalen damwandprofiel¹) van heeft uitgebracht.

Voor de eisen met betrekking tot uitbreidingstraject moeten we zijn bij het Bouwbesluit. Het onderstaande figuur (Figuur 3) laat de eisen zien, die het Bouwbesluit stelt ten aanzien van de WBDBO (weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag). Een scheidingsconstructie moet voldoen aan een eis van 60 minuten weerstand tegen brand. Deze 60 minuten wordt verder uitgesplitst in specifieke prestaties in de NEN 6069, die per type scheidingsconstructie aangeeft of dit geldt voor vlamdichtheid (E), thermische isolatie op temperatuur (I) of thermische isolatie op straling (W).

¹ NIFV Projectnummer: 411N5028, datum: 30 juni 2006

- R Het bezwijken van de scheidingsconstructie
 - o De constructie moet gedurende de test zijn stabiliteit en dragende functie behouden
- E Vlamdichtheid met betrekking op de afdichting
 - o Er mogen geen te grote openingen ontstaan ($\varnothing$ 25 mm of 6 mm breed en 150 mm lang);
 - o Er mogen aan de niet-verhitte zijde, gedurende tenminste 10 seconden, geen onafgebroken vlammen zichtbaar zijn;
 - o Gedroogde watten, aan niet-verhitte zijde, mogen niet ontvlammen.
- I Thermische isolatie met betrekking tot de temperatuur
 - o Om spontane ontbranding tegen te gaan van materialen, die grenzen aan de niet-verhitte zijde van de scheidingsconstructie, mag de temperatuur aan de niet-verhitte zijde niet hoger zijn dan 140 °C gemiddeld voor het gehele proefstuk en plaatselijk 180 °C.
- W Thermische isolatie met betrekking tot de warmtestraling
 - o De warmtestraling mag niet meer zijn dan 15 kW/m² gemeten op één meter afstand van het proefstuk, om ervoor te zorgen dat aangestraalde objecten hun ontstekings temperatuur niet bereiken

In Figuur 3 zijn de eisen voor de gevel/vloer aansluiting schematisch weergegeven.



FIGUUR 3: EISEN T.B.V. DETAILLERING GEVEL/VLOER AANSLUITING

Afgaande op dit figuur kunnen we concreet zeggen dat de eis met betrekking tot de aansluiting gelijk is aan de eis die geldt voor de vloer, oftewel 60 minuten brandwerend (vlamdicht en op temperatuurstijging). Voor de gevel geldt deze eis ook maar hebben we te maken met branduitbreiding via de buitenlucht (brandoverslag). Dit heeft consequenties voor de manier waarop de brand zich ontwikkelt. Zo zal er een deel van de warmte vervliegen doordat er meer ventilatie aanwezig is en dus is de warmteopbouw kleiner dan een brand in een compartiment. Daarnaast wordt ervan uitgegaan in de regelgeving dat binnen een half uur de brandweer ter plaatse is en water op het vuur heeft. Bij uitslaande vlammen zou men in staat moeten zijn om binnen 30 minuten de gevel te koelen met water. Vandaar dat de eis met betrekking tot brandoverslag is opgebouwd uit een eis van 30 minuten van binnen naar buiten op vlamdichtheid en warmtestraling en een eis van 30 minuten, volgens de externe brandcurve, op vlamdichtheid en temperatuurstijging. Dit laatste is om te voorkomen dat door hoge temperaturen materialen tot hun ontbrandingstemperatuur komen en vervolgens het bovengelegen compartiment ook in brand komt te staan.

Om te bepalen of een aansluiting voldoet aan de gestelde eis is het slechts mogelijk deze door middel van een proefopstelling te testen. De normen bieden slechts materiaal specifieke rekenmethodes die gericht zijn op het constructieve gedrag van de materialen. De Nederlandse norm voor experimentele beproeving, de NEN 6069, kent geen testmethode om de aansluiting te testen, maar verwijst wel naar een Europese norm, namelijk de EN 1364. Deze norm is specifiek geschreven om de brandwerendheid van niet dragende elementen te testen en deel 3 en 4 gaan daarbij specifiek in op vliesgevels. Daarbij wordt niet alleen gekeken naar de brandwerendheid van de gevel maar ook naar de brandwerendheid van de aansluitingen ter plaatsen van de wand (horizontale branddoorslag) en ter plaatse van de vloer (verticale branddoorslag).

EFFECTEN VAN BRAND OP DE DETAILLERING

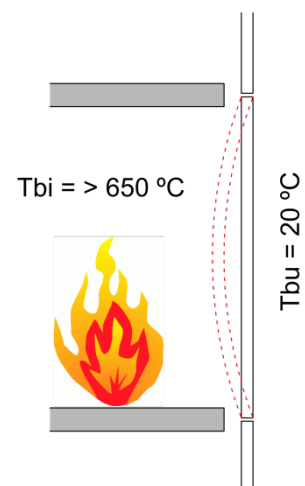
Om een detail goed te kunnen ontwerpen, is het nodig te weten wat er bij brand gebeurt op materiaalniveau. Hoe reageert de detaillering op brand en met welke factoren hebben we te maken. In dit deel zal worden ingegaan op de effecten van brand op de detaillering en het gedrag van de betrokken materialen.

In het geval van de detaillering hebben we te maken met verschillende materialen die allemaal een eigen bijdrage aan de brand leveren. Van de hoofdelementen zijn in veel gevallen testrapporten verkrijgbaar, waarin is aangetoond hoe lang een bepaald onderdeel weerstand kan bieden aan een brand tot dat dit element bezwijkt. Maar bij de detaillering speelt vooral de samenhang van de verschillende materialen een belangrijke rol. Hiermee wordt bedoeld dat de verschillende onderdelen, ondanks de blootstelling aan hoge temperaturen, op de plaats blijven zitten en niet stuk voor stuk hun functie verliezen en hiermee de brand de kans te geven zich verder uit te breiden. De eis die hiervoor geldt, is 60 minuten vlamdicht. Dit houdt in dat de brand een uur lang tegengehouden wordt voordat die zich een weg door de detaillering heeft weten te vinden.

Alle materialen reageren echter anders op brand, of de hoge temperaturen waaraan ze blootgesteld worden. Materialen als beton en steen worden in principe als onbrandbaar aangemerkt, maar hebben uiteraard wel te lijden van de hoge temperaturen. Maar niet alle materialen hebben zulke gunstige eigenschappen. Zo kan er bij bepaalde materialen desintegratie plaatsvinden, waarbij het materiaal zijn samenhang verliest. Voorbeelden hiervan zijn kunststoffen, gipsproducten en een aantal isolatiematerialen. Er zijn ook materialen, zoals hout, die bij brand inbranden en langzamerhand compleet opbranden. Deze twee vormen van brandgedrag hebben tot gevolg dat onderdelen van de detaillering na verloop van tijd bezwijken door de brand. Bij de toepassing van voldoende materiaal (overdimensionering) is een goede brandweerstand mogelijk.

De reactie van metalen uit zich voornamelijk in ongewenste vervormingen, doordat het materiaal geen ruimte heeft om uit te zetten. Het vervormen wordt veroorzaakt door de eenzijdige verhitting die ervoor zorgt dat de materialen uitzetten en er lengteverandering optreedt. Deze lengteverandering treedt echter niet gelijkmatig op waardoor de materialen kromtrekken. Dit kromtrekken, zorgt ervoor dat er openingen ontstaan en er extra spanningen optreden. Als de constructie deze bewegingen niet kan opvangen zal dit ervoor zorgen dat onderdelen bezwijken, waardoor de brand zich zou kunnen uitbreiden.

Er treden echter vervormingen in verschillende richtingen op. Als we kijken naar bijvoorbeeld een vliesgevel opgebouwd uit stijlen en regels zal door het temperatuurverschil de stijlen aan de brandzijde langer worden waardoor deze hol gaan staan (van buiten gezien). De horizontale regels gaan daarbij juist bol staan omdat deze vast zitten aan de stijlen en minder uitzetten doordat ze in de meeste gevallen korter zijn en dus ook een kleinere uitzetting doormaken. Ook de vloer zal naarmate de brand langer duurt vervormen. Bij verschillende brandtesten is te zien dat na verloop van tijd de vloer gaat doorbuigen als gevolg van de lengteverandering door het verschil in temperatuur. Deze drie vervormingen laten zien dat er vervormingen in drie richtingen optreden en de aansluiting wordt geacht dit op te kunnen nemen. Flexibele aansluitingen lijken dus onmisbaar om dergelijke vervormingen te kunnen opvangen.



FIGUUR 4: VERFORMING DOOR TEMPERATUURVERSCHIL

Opsomming effecten op details:

- Vervorming door temperatuurverschil
 - o Stijlen buigen naar binnen
 - o Dorpels buigen naar buiten
 - o Vloer buigt ook door
- Afname mechanische eigenschappen
 - o Afname sterkte
 - o Verandering van elasticiteit
 - o Bereiken smelttemperatuur
- Warmtegeleiding via materiaal
 - o Vooral probleem metalen



FIGUUR 5: VERVORMING BIJ BRAND

Als we deze effecten naast de gestelde eisen leggen, vlamdichtheid en thermische isolatie, kunnen we al een aantal aandachtspunten vaststellen. Om te voldoen aan de vlamdichtheid, moet voorkomen worden dat er onderdelen bezwijken, desintegreren of vervormen. Wat betreft de thermische isolatie is het zaak de thermische geleiding te onderbreken, zodat er in boven of onder gelegen compartimenten geen materialen worden aangestraald.

BRANDGEDRAG MATERIALEN

De brandveiligheid van de detaillering wordt bepaald door de samenstelling van verschillende materialen, hoe deze geordend zijn en hoe het geheel zich gedraagt bij hoge temperaturen. Om een detail te kunnen beoordelen heb je dus kennis nodig van hoe materialen zich gedragen bij brand. Om de overzichtelijkheid van deze uitgave te behouden, zal ik niet al te diep op de materialen ingaan, maar slechts de basis behandelen.

Materialen kunnen ingedeeld worden in de categorieën onbrandbaar, ontvlambaar en brandbaar. Om de uitbreiding van brand te voorkomen gaat de voorkeur uit naar materialen die onbrandbaar zijn. Binnen het Europese classificatiesysteem, worden alle materialen getest op eigenschappen bij brand. Vanuit de resultaten van deze tests, wordt het materiaal ingedeeld in een bepaalde klasse. Deze klassen geven aan of een materiaal bij zal dragen aan de branduitbreiding of niet. In Tabel 1 zijn de verschillende klassen aangegeven. Alle materialen die niet getest zijn, vallen automatisch in klasse F totdat ze getest zijn.

TABEL 1: EUROPESE MATERIAAL CLASSIFICERING

Bijdrage aan brand		
	Bijdrage	Praktijk
Klasse A1	Geen enkele bijdrage	Niet-brandbaar
Klasse A2	Nauwelijks bijdrage	Praktisch niet-brandbaar
Klasse B	Erg beperkte bijdrage	Heel moeilijk brandbaar
Klasse C	Grote bijdrage	Brandbaar
Klasse D	Hoge bijdrage	Goed brandbaar
Klasse E	Zeer hoge bijdrage	Zeer brandbaar
Klasse F	Gevaarlijke bijdrage	Uiterst brandbaar

De materialen waar het bij de gevel/vloer detaillering in de meeste gevallen om gaat, zijn beton, staal, aluminium, hout, isolatie, glas en gipsproducten. In de alinea's hieronder zal kort op de eigenschappen van de materialen worden ingegaan. Afhankelijk van de brandbaarheid van de materialen kunnen er gedurende een brand kunnen er twee schadeniveaus ontstaan².

- Schadeniveau 1:
 - het branden van aan warmtestraling blootgestelde oppervlakken, dan wel het breken of bezwijken van constructieonderdelen.
- Schadeniveau 2:
 - het optreden van schade zoals ernstige verkleuring van het materiaaloppervlak, afbladderen van verf of het vervormen van constructieonderdelen.

De mate waarin schade optreedt, ofwel het schadeniveau, is afhankelijk van de stralingsintensiteit. Er wordt gesproken van een kritische stralingsintensiteit om aan te geven wanneer een oppervlak zal ontbranden. Blijft de straling onder deze kritische stralingsintensiteit kan er wel verkleuring of vervormingen optreden, maar zal het materiaal zijn mechanische eigenschappen behouden.

² Omschreven in PGS 1 (Publicatie Gevaarlijke Stoffen) van het ministerie van VROM

BETON

In de publicatie Gevaarlijke Stoffen (PGS) wordt beton als onbrandbaar aangemerkt en om die reden niet behandeld. Daarnaast is het brandgedrag van beton sterk afhankelijk van de betondekking, waardoor een globale benadering van de kritische stralingsintensiteit niet mogelijk is.

Wanneer beton wordt blootgesteld aan een brand, dring er warmte via het buitenoppervlak van het beton in het beton. Deze warmte bereikt het beton via straling en stroming op het oppervlak, waarna het beton middels geleiding verder opwarmt. Dit proces zal aan de gang blijven zolang als er een temperatuurverschil is tussen de omgeving en het beton. Dit kan in het geval van beton heel lang duren, want beton is een slechte geleider. Dit heeft als gevolg dat het een tijdje duurt voordat de warmte schade als gevolg heeft.

Net als vele andere materialen loopt beton schade op door blootstelling aan hoge temperaturen. Dit is het gevolg van veranderingen in de moleculaire structuur van materialen door de enorme hitte die vrijkomt bij een brand. Bij beton zijn er voornamelijk twee oorzaken te noemen waardoor er schade ontstaat. De eerste is temperatuurverschillen en de tweede is de afname van sterkte en stijfheid. Bij een brand worden, in de meeste gevallen, niet alle zijden evenredig aangestraald. Hierdoor ontstaan er inwendige temperatuurverschillen die kunnen leiden tot grote spanningen in het materiaal. Daarnaast heeft het materiaal ook ruimte nodig om uit te zetten. Wanneer deze uitzetting wordt beperkt zal er scheurvorming optreden.

De afname van sterkte en stijfheid hebben te maken met interne scheurvorming in het materiaal en de degradatie van cementsteen. Door de temperatuurverhoging vinden er verschillende chemische omzettingen plaats in het cementsteen die zorgen voor verlies van samenhang.

TABEL 2: EIGENSCHAPPEN BETON (BRON: TABELLENBOEK & PGS, DEEL 1B)

	Symbol	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	$12 \times 10^{-6}/K$
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	1,7 W/mK
Smelt temperatuur	T _{sm}	- K
Kritische temperatuur schadeniveau 1		- K
Kritische temperatuur schadeniveau 2		- K
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 1		- kW/m ²
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 2		- kW/m ²

STAAL

Net als beton brandt staal niet en geeft het ook geen rook af. Wel neemt de sterkte van het materiaal af bij hogere temperaturen. Deze afname van sterkte is het gevolg van het veranderen van de structuur van staal op microscopisch niveau. Daarnaast zet staal uit door de warmte en deze beweging heeft ruimte nodig. In de meeste gevallen is deze ruimte er niet, wat spanningen tot gevolg heeft.

In tegenstelling tot beton is staal wel een goede geleider van warmte. De snelheid waarmee een profiel opwarmt heeft dus alles te maken met de blootgestelde oppervlakte aan de warmte. Vandaar dat de brandveiligheid van stalen profiel wordt gekeken naar de profielfactor. De profielfactor staat voor het relatieve oppervlak dat verhit zal worden bij een brand. De profielfactor wordt bepaald door omtrek, in m^1 , te delen door de doorsnede van het staalprofiel in m^2 .

Staal wordt veel toegepast en er zijn vele manieren om het staal te beschermen tegen brand. Voorbeelden zijn bekleden met gips(vezel)plaat, brandwerende coating toepassen of een profiel vullen met beton of water. Bij het afdichten van de detaillering zal er in de meeste gevallen onbehandeld staal worden toegepast. Hierbij moet bij de bevestiging rekening worden gehouden dat het staal de ruimte krijgt om te werken. Door de warmte zal het profiel uitzetten en als een bepaald profiel volledig is vastgezet zullen de optredende spanningen ervoor kunnen zorgen dat het profiel alsnog zijn functie verliest.

TABEL 3: EIGENSCHAPPEN STAAL (BRON: TABELLENBOEK & PGS, DEEL 1B)

	Symbool	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	$12,7 \cdot 10^{-6}/K$
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	45 W/mK
Smelt temperatuur	T_{sm}	1630 K
Kritische temperatuur schadeniveau 1		773 K
Kritische temperatuur schadeniveau 2		473 K
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 1		100 kW/m ²
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 2		25 kW/m ²

HOUT

Hout is, in tegenstelling tot staal en beton, wel brandbaar. Bij temperaturen boven de 450°C, bij verhitting en/of open vuur zal er ontgassing plaatsvinden, die verbranding van het materiaal tot gevolg heeft. Hierbij vormt hout een isolerende koollaag om zichzelf heen die de temperatuurstijging van het niet brandende hout vertraagd. In de NEN 6073 wordt aan de hand van een tabel aangegeven met welke snelheid verschillende soorten hout inbranden.

TABEL 4: INBRANDSNELHEDEN VAN HOUT (BRON: KENNISCENTRUM HOUT)

Type	Massa	Inbrandsnelheid
Naaldhout	300 kg/m ³	0,8 mm/min
Naaldhout	600 kg/m ³	0,55 mm/min
Loofhout	300 kg/m ³	0,8 mm/min
Loofhout	600 kg/m ³	0,45 mm/min

TABEL 5: EIGENSCHAPPEN HOUT (BRON: TABELLENBOEK & PGS, DEEL 1B)

	Symbool	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	5·10 ⁻⁶ /K
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	0,3 - 0,5 W/m K
Smelt temperatuur	T _{sm}	- K
Kritische temperatuur schadeniveau 1		683 K
Kritische temperatuur schadeniveau 2		373 K
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 1		15 kW/m ²
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 2		2 kW/m ²

TABEL 6: BRANDGEDRAG PLAATMATERIALEN (BRON: KENNISCENTRUM HOUT)

Brandgedrag plaatmaterialen conform NEN-EN 13501-1 (Euroklassen)				
Materiaal	Minimale volumieke massa	Minimumdikte (mm)	Brand- en rookklasse (excl. vloeren)	Brand- en rookklasse vloeren
OSB	600	9	D-s2	Dfl-s1
Spaanplaat	600	9	D-s2	Dfl-s1
Hardboard	900	6	D-s2	Dfl-s1
Zachtboard	250	9	E	Efl
MDF	600	9	D-s2	Dfl-s1
Cementgebonden spaanplaat	1000	10	B-s1	Bfl-s1
Triplex	400	9	D-s2	Dfl-s1
Massieve houtplaten	400	12	D-s2	Dfl-s1

GLAS

Glas, zoals bedoeld in de NEN 6068, kan ingedeeld worden in drie typen ten aanzien van de brandwerende eigenschappen. Bij deze typering wordt er gekeken naar de verwachte tijd dat een glasplaat in stand blijft bij een eventuele brand.

- 5 minuten of korter:
 - Standaard floatglas, dubbel glas, gelaagd glas met hars of met maximaal twee lagen PVB folies, dubbel glas met één laag gelaagd glas en glas met maximaal twee lagen PVB folies.
- 5 tot 20 minuten
 - (half) gehard glas, gelaagd glas met hars of minimaal 3 lagen PVB folies, dubbel glas waarvan één van de vlakken gelaagd glas met hars of minimaal 3 lagen PVB folies.
- 30 minuten of langer
 - Specifiek getest brandwerend glas.

Daarnaast wordt de brandwerend van glas bepaald door verschillende factoren in relatie met de brand. Enkele factoren staan zijn de intensiteit van de brand, de locatie van de brand t.o.v. het glas, de afmetingen van het glas, dikte van het glas, bevestiging/montage van het glas in het kozijn en de randkwaliteit van het glas. Voor de beoordeling van details kunnen we een aantal van deze factoren moeilijk bepalen. We zullen voornamelijk kijken naar het type glas, waarbij we er van uitgaan dat de bevestiging en montage volgens de voorgeschreven eisen is uitgevoerd.

In de wereld van brandwerende beglazingen zijn er een aantal, dat onder verschillende productnamen op de markt verkrijgbaar zijn. Deze typen zijn:

- (spiegel) Draadglas
- Voorgespannen ongecoat glas
- Voorgespannen gecoat glas
- Epoxy giethars glas
- Opschuimend silicaat glas

Hoewel de eigenschappen van glas per soort sterk verschillen, zijn in de onderstaande tabel globale waarden voor glas weergegeven. Het bezwijken van glas in een constructie onder invloed van warmtestraling wordt veroorzaakt door de niet-homogene temperatuurverdeling in het glas. Doordat de vervormingen van het glas worden verhinderd door het kader (kozijn), zullen er spanningen in het glas ontstaan. Hierbij kan worden opgemerkt dat de trekspanningen ter plaatse van de sponningen het meest kritiek zijn. Doordat deze randen worden afgeschermd van de straling en achter blijven in temperatuur zullen hier extra spanningen optreden.

TABEL 7: EIGENSCHAPPEN GLAS (BRON: TABELLENBOEK & PGS 1, DEEL 1B)

	Symbol	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	$8 \cdot 10^{-6} / \text{K}$
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	0,93 W/mK
Smelt temperatuur	T_{sm}	- K
Kritische temperatuur schadeniveau 1		393 K
Kritische temperatuur schadeniveau 2		- K
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 1		4 kW/m ²
Kritische stralingsintensiteit schadeniveau 2		- kW/m ²

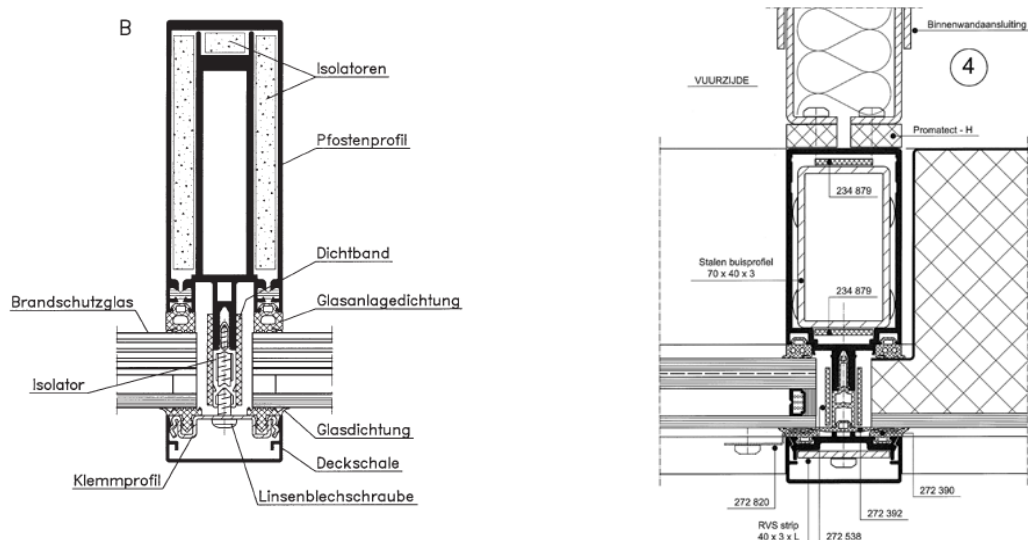
ALUMINIUM

Aluminium heeft net als staal de eigenschap dat het niet bijdraagt aan de brand. Het is een onbrandbaar materiaal en geeft geen rook af bij verhitting. Temperaturen tussen de 420 en 525K hebben geen schadelijke gevolgen op de eigenschappen van aluminium, maar bij temperaturen daarboven neemt de sterkte snel af. Aluminium smelt zelfs al bij een temperatuur van 932K. Deze temperatuur wordt volgens de standaard brandcurve al binnen 15 minuten bereikt in de ruimte. De profielen zullen, door de goede geleidingseigenschappen van aluminium, deze temperatuur dan ook snel overnemen.

Bij het toepassen van aluminium kozijnen of vliesgevels is het van belang dat de afmetingen en materialen van de geteste constructie worden toegepast. Alleen deze combinatie geeft het juiste niveau van brandveiligheid. Door de lage smelttemperatuur van aluminium wordt er in veel gevallen een stalen binnenkoker toegepast of worden er stukken brandwerend materiaal aangebracht om aan de brandwerendheids eisen te voldoen. Door het toepassen van glastypen die voorzien zijn van een opschuimende laag kan de opwarming van de profielen wel afremmen, omdat die de warmte absorberen.

TABEL 8: EIGENSCHAPPEN ALUMINIUM (BRON: TABELLENBOEK)

	Symbol	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	$24 \cdot 10^{-6}/K$
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	220 W/mK
Smelt temperatuur	T_{sm}	932 K



FIGUUR 6: VOORBEELDEN BRANDWERENDE ALUMINIUM PROFIELEN: LINKS EEN PROFIEL GEVULD MET CALCIUM SILICAATPLAAT (SCHÜCO), RECHTS EEN ALUMINIUM PROFIEL VERSTERKT MET EEN STAAL KOKER (ALCOA)

GIPS (VEZEL) PLAAT

Gipsproducten worden in de bouw in verschillende vormen toegepast. Platen, blokken of in de vorm van stucwerk, gips is voor vele doeleinden geschikt. In veel gevallen wordt gips ook toegepast vanwege het brandgedrag van het materiaal. Met geringe diktes kunnen relatief hoge brandwerendheden bereikt worden. Deze hoge brandwerendheid wordt bereikt doordat in de kern van het materiaal kristalwater zit opgesloten, dit is ongeveer 20%. Dit water verdampt gedurende een brand waardoor een groot deel van de warmte in de verdamping van het water gaat zitten. Daarnaast wordt er gedurende een brand een verkoolde laag gips gevormd die een hoge isolerende werking heeft. Als, na verloop van tijd, er een groot deel van dit water verdampt is, verliest het materiaal zijn samenhang en kan de plaat uiteen vallen. Om de brandwerendheid te verbeteren worden er in speciale brandwerende gipsproducten vezels toegepast die de structuur van het materiaal gedurende een langere tijd in stand kunnen houden.

Voor brandwerende toepassingen worden in de regel altijd gipsvezelplaten toegepast. Veel voorkomende toepassingen van gipsvezelplaten zijn o.a. het brandwerend bekleden van stalen constructie onderdelen. Ook in de detaillering wordt het materiaal vaak toegepast om aansluitingen brandwerend te maken en daarmee de branddoorslag te voorkomen.

Calciumsilicaat wordt net als gipsvezelplaten veel toegepast voor brandwerende toepassingen. Ten opzichte van gipsvezel heeft calciumsilicaat een lagere dichtheid (600 kg/m^3 i.p.v. 800 kg/m^3) en een iets lagere warmtegeleidingcoëfficiënt ($0,15 \text{ W/mK}$ i.p.v. $0,20 \text{ W/mK}$)

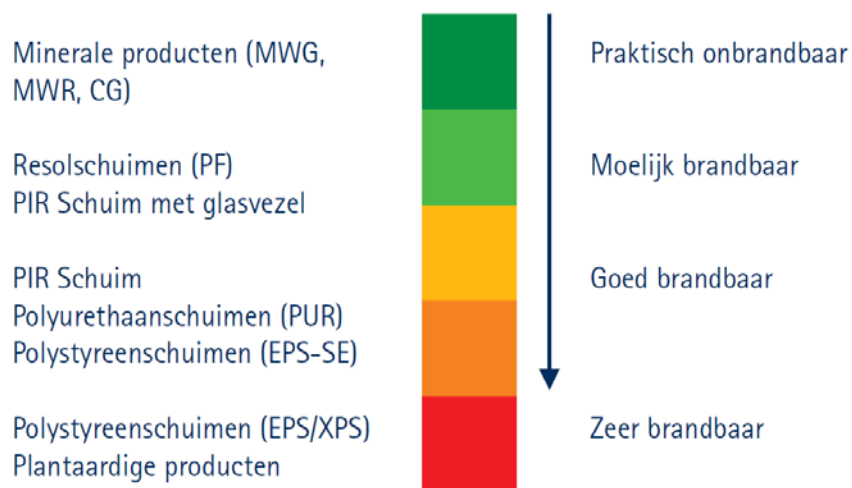
Bij het toepassen van plaatmaterialen moet men er rekening mee houden dat de materialen niet in staat zijn bewegingen en vervormingen op te nemen. Om die reden worden de platen vaak in combinatie met een flexibele brandwerende kit uitgevoerd. Deze kunnen echter ook maar een beperkte beweging compenseren.

TABEL 9: EIGENSCHAPPEN GIPS (BRON: TABELLENBOEK)

	Symbool	Waarde
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α	$16,7 \cdot 10^{-6} / \text{K}$
Warmte geleidingscoëfficiënt	λ	$0,25 \text{ W/mK}$
Smelt temperatuur	T_{sm}	- K

ISOLATIE

Voor de aansluiting van de gevel op de vloer wordt er naast een eis op vlamdichtheid ook een thermische eis gesteld. Om aan deze thermische eis te voldoen is het nodig isolatie toe te passen. De keuze van isolatiemateriaal is hierbij van belang, want het materiaal mag niet bijdragen aan de voortplanting of uitbreiding van de brand. In de volgende figuur is een onderverdeling te zien van verschillende typen isolatiematerialen en het daarbij behorende brandgedrag. Het staat voorop dat de praktisch onbrandbare isolatiematerialen de voorkeur genieten bij de toepassing ter plaatse van de gevel/vloer aansluiting om uitbreiding via dit traject te voorkomen.



FIGUUR 7: BRANDBAARHEID ISOLATIEMATERIALEN (BRON: FEDERATIE ONDERLINGE VERZEKERINGSMAATSCHAPPIJEN)

Minerale isolatiematerialen hebben dus de voorkeur vanwege hun eigenschappen met betrekking tot brand. Hoge smelttemperaturen en praktisch onbrandbaar zorgen ervoor dat deze materialen gedurende een lange tijd hun functie behouden en daarmee dus voldoen aan de eisen die gesteld worden.

Vanwege de toleranties die nodig zijn tussen de vloer en de gevel is het niet te verwachten dat er met een harde persing van een bepaalde dikte voldoende afdichting biedt voor de alle verdiepingen. Een zachte persing biedt hierin meer mogelijkheden en heeft de voorkeur. Hiermee vallen dus ook de PIR en PUR platen af die naast een mindere prestatie ten aanzien van het brandgedrag ook niet leverbaar zijn als zachte persing. De toepassing van een opschuimend materiaal zoals PUR zijn zeer onwenselijk ten aanzien van de brandveiligheid en biedt ook geen garantie op een adequate afdichting.

AFDICHTINGMATERIALEN

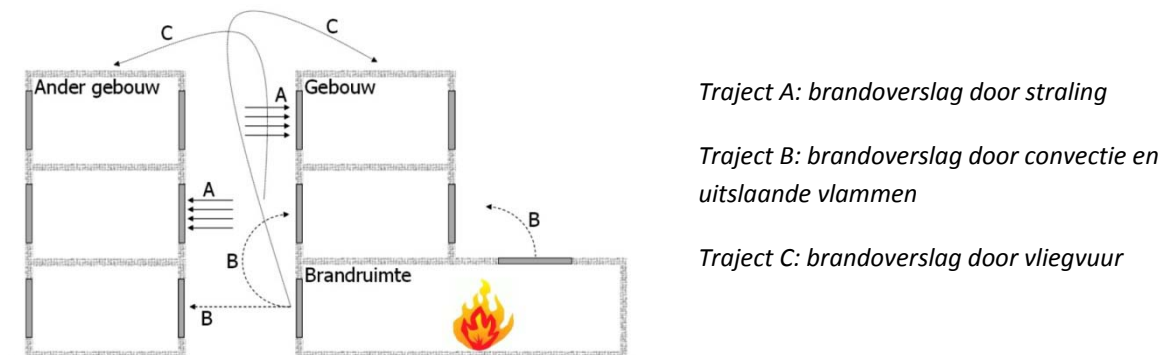
In een detail komen verschillende materialen samen die gezamenlijk aan een bepaalde eis moeten voldoen. Het aansluiten van het ene materiaal op het andere is niet altijd even gemakkelijk vanwege toleranties, oppervlakte structuren en de werking van bepaalde materialen. Om de aansluiting tussen materialen dicht te zetten wordt er veelvuldig gebruik gemaakt van kit, pur-schuim en afdichtingband.

Bij het toepassen van het bovengenoemde type afdichtingen is het per situatie belangrijk om na te gaan of er eisen worden gesteld ten aanzien van de brandwerendheid. Dit is namelijk van belang bij de keuze voor een product met brandwerende eigenschappen of een “standaard” product. Bij de aansluiting van de gevel op de vloer speelt dit een belangrijke rol als deze aansluiting een scheiding tussen twee compartimenten vormt. In de markt zijn verschillende bedrijven die producten leveren met brandwerende eigenschappen als KLF, Hilti en Promat.

BRANDUITBREIDINGSTRAJECTEN

In het Bouwbesluit wordt gesteld dat compartimenten moeten voldoen aan de WBDBO eis. Om hieraan te voldoen moeten alle mogelijke branduitbreidingstrajecten, voldoende weerstand bieden tegen branddoorslag en brandoverslag. Zowel branddoorslag als brandoverslag kunnen via diverse trajecten plaatsvinden. Hierbij geldt dat de kleinste waarde voor een bepaald traject bepalend is voor de brandwerendheid van de gehele constructie.

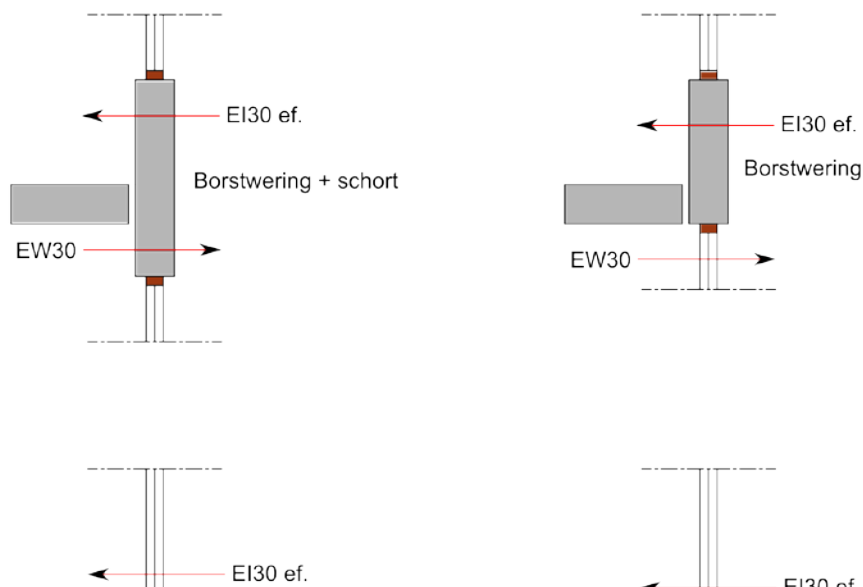
BRANDOVERSLAG:



FIGUUR 8: BRANDOVERSLAG TRAJECTEN (BRON: SBR)

Ondanks het feit dat brandoverslag niet het doel van het onderzoek vormde, laat ik aan de hand van het onderstaande figuur de eisen zien, zoals die gesteld worden door het Bouwbesluit en de NEN 6068. Brandoverslag is mogelijk door openingen in de gevel. Openingen moeten hierbij gezien worden als onderdelen van een gevel, die geen of weinig weerstand bieden tegen brand. Bij gebouwen hebben we het dan, in de meeste gevallen, over ramen. In de meeste ramen wordt standaard float glas toegepast, wat bij brand, binnen 5 minuten zal bezwijken ten gevolge van het temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Hierdoor ontstaat er een mogelijkheid voor vlammen om via de buitenlucht te verspreiden naar bovengelige compartimenten.

Een aantal jaar geleden werd, voor de bepaling van de hoogte van de borstwering, de vuistregel gehanteerd van 80cm. Deze hoogte was de gangbare maat om de vlamoverslag te voorkomen. Tegenwoordig biedt de NEN 6068 een rekenmethode om de benodigde borstwering te bepalen. Om te voldoen aan de eisen voor brandoverslag zijn verschillende configuraties mogelijk. In de basis zijn er een aantal typen aansluitingen die toegepast worden bij gevel/vloer aansluitingen. Bij de aanduiding van de eisen wordt ervan uitgegaan dat de elementen als niet-opening worden beschouwd (toepassing van brandwerend glas).



FIGUUR 9: TYPEN BORSTWERING CONSTRUCTIES MET EISEN T.O.V. BRANDOVERSLAG

BORSTWERING + SCHORT: Bij een dergelijke detaillering moet één element voldoen aan zowel de eis van EW30 als EI30 ef. Dit houdt eigenlijk in dat het gehele element 60 minuten weerstand moet bieden aan een brand, want volgens de NEN 6068 mogen de brandweerstand niet bij elkaar opgeteld worden als het één element betreft. Als het element zijn vlamdichtheid van binnen naar buiten verliest is de kans groot dat het element dusdanig beschadigd is dat het niet meer in staat is om weerstand te bieden aan de vlammen die van buiten naar binnen willen. Bij een traditionele detaillering met beton en metselwerk is het voldoen aan de eis in de meeste gevallen goed haalbaar. Wanneer een dergelijke verdeling in een vliesgevel wordt toegepast, vraagt deze meer aandacht voor de invulling van het dichte paneel.

BORSTWERING: Wanneer er alleen een borstwering wordt toegepast, hoeft dit element slechts te voldoen aan de eis EI30 ef. Doordat er gerekend mag worden met de “externe brand curve” worden er geen hoge eisen aan het element gesteld. De hoogte van de borstwering moet berekend worden met behulp van de NEN 6068. De ruit die onder de borstwering zit kan in principe beschouwd worden als opening. Levert dit echter een te hoge borstwering op kan ervoor gekozen worden glas toe te passen die voldoet aan de eis EW30. Deze brandwerende ruit zal fungeren als een brandschort en de opening, zoals die berekend wordt in de NEN 6068, kleiner maken.

SCHORT: Hoewel de toepassing van een schort vanuit een architectonisch en praktisch oogpunt (belemmert uitzicht) weinig toegepast zal worden, is het ook brandtechnisch gezien geen optimale oplossing om brandoverslag te voorkomen. Zodra het schort zijn vlamdichtheid verliest, wordt het bovenliggende glas direct belast met vlammen. Aangezien er een maximale temperatuurstijging van 140°C geëist wordt stelt dit hoge eisen aan het glas, ondanks dat er gerekend mag worden met de “externe brand curve”. Ten opzichte van glas met een EW classificatie is glas met een EI classificatie een factor 4 duurder.

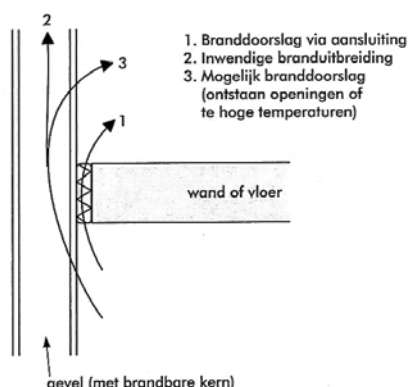
GEEN: Bij het niet toepassen van een borstwering of schort zijn er twee opties. Bij de eerste optie dient het toegepaste glas te voldoen aan de eis van EW30 bi→bu of EI30 ef bu→bi en bij de tweede optie dient de vlamhoogte dusdanig beperkt te blijven dat de 300 mm van de vloer voldoende weerstand biedt dat er geen brandoverslag kan optreden. Om dit te bepalen kan er gerekend worden volgens de NEN 6068. Van invloed zijn dan de grootte van de openingen en de indeling van het compartiment. Kleine openingen zullen hogere vlamlengtes geven ten opzichte van grote openingen vanwege de toegevoerde zuurstof.

Bij het rekenen met de NEN 6068 (of de beschikbare software) is het ook mogelijk te rekenen met gereduceerde waarden. De achtergrond hiervan heeft te maken met de inzet van de brandweer. Er wordt geredeneerd dat de brandweer binnen 30 minuten operationeel is en uitbreiding via de gevel kan bestrijden. De gereduceerde berekening gaat dus uit van een niet volledig ontwikkelde brand en dit wordt gesimuleerd door met een gereduceerde oppervlakte te rekenen, wat dus een lagere vuurlast inhoudt. Deze gereduceerde berekening mag alleen worden toegepast bij gebouwen lager dan 20 meter of bij gebouwen waarbij, om de 20 meter, 2 verdiepingen 20 minuten van buiten naar binnen brandwerend zijn uitgevoerd. Bij gebouwen boven de 20 meter moet er gerekend worden met de volledige oppervlakte vanwege het bereik van de brandweer. Het advies is ook om met de volledige oppervlakte te rekenen in het geval van bijvoorbeeld plintbebouwing of een gebouw omringd door water in verband met het bereik van de brandweer.



FIGUUR 10: REIKWIJDTE VAN BLUSMIDDELEN SPEELT EEN BELANGRIJKE ROL

BRANDDOORSLAG



Traject 1: doorslag door de aansluiting tussen de gevel en de vloer

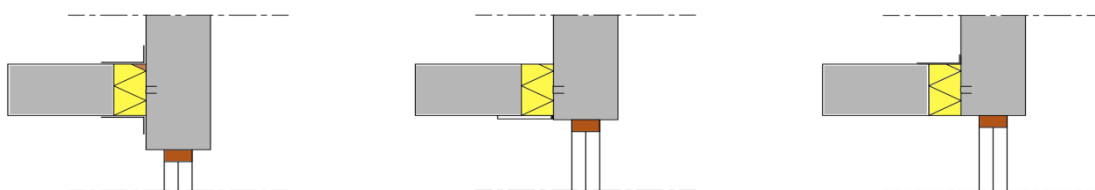
Traject 2: uitbreiding via de inwendige constructie (levert onbeheersbaar en oncontroleerbaar uitbreidingstraject op)

Traject 3: branddoorslag door straling ten gevolge van hoge temperaturen (doorlopende profielen)

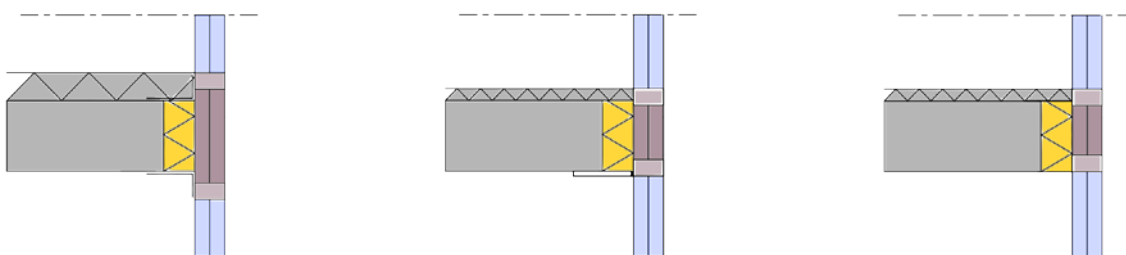
FIGUUR 11: BRANDDOORSLAG TRAJECTEN (BRON: SBR)

Branddoorslag kan plaats vinden ter hoogte van de aansluiting tussen de gevel en de vloer. Deze aansluiting moet voldoen aan de WBDBO eis en is dus 60 min EI. Dit houdt in dat de aansluiting voor 60 minuten vlamdicht moet zijn en moet voldoen aan het temperatuurcriterium $\Delta t = 140^\circ$ met een lokaal maximum van 180° . Bij de traditionele detaillering wordt deze aansluiting afgesloten met stalen strippen om de vlamdichtheid te garanderen, volgestopt met isolatie en thermisch onderbroken om te voldoen aan de eis met betrekking tot thermische isolatie. Naast deze oplossing, die ook wordt omschreven in de SBR publicaties, zijn er nog twee mogelijkheden om de aansluiting af te sluiten, wat inhoudt dat er drie basisprincipes (materialen) zijn om de aansluiting voldoende weerstand tegen branddoorslag mee te geven.

- Staal
- Calcium-silicaatplaat
- Flexibele afdichting



FIGUUR 12: PRINCIPE AANSLUITINGEN GEVEL/VLOER (BETON)



FIGUUR 13: PRINCIPE AANSLUITINGEN GEVEL/VLOER (VLIESGEVEL)

In bovenstaande figuren is aangegeven hoe de detaillering in principe in elkaar steekt. Hierbij valt op dat de traditionele afdichting met stalen strippen problemen kan geven bij de toepassing op vliesgevels. De stalen strippen dienen bevestigd te worden aan de stalen of aluminium stijlen, die bij brand thermisch belast worden, en daardoor wordt de afdichting in een eerder stadium ook thermisch belast. Vanuit architectonisch oogpunt zijn de stalen strippen ook niet altijd verenigbaar met de gewenste detaillering, waar bijvoorbeeld verdiepingshoge puien toegepast worden.

De aansluiting met de calcium silicaatplaat is daarom een veel toegepaste oplossing die ook terug te vinden is in veel standaard detailleringen van vliesgevel fabrikanten. Bij deze aansluiting wordt de ruimte tussen de gevel en de vloer gevuld met minerale wol en aan de onderzijde voorzien van een calcium silicaatplaat. Vanwege de vaste structuur van de platen wordt er tussen de gevel en de plaat een flexibele vulling gebruikt in de vorm van brandwerende kit. Deze elastische kit moet de beweging van de gevel door bijvoorbeeld windbelasting opnemen en ervoor zorgen dat de calcium silicaatplaat niet kapot gaat en daarmee zijn functie verliest. Bij deze oplossing speelt de bevestiging van de plaat een belangrijke rol, omdat deze aan de brandzijde zit. Wanneer de verkeerde bevestigingsmiddelen worden toegepast, zoals kunststof pluggen, kan het zijn dat de plaat in een te vroeg stadium los komt en daarmee branddoorslag mogelijk maakt.

Bij de flexibele afdichting wordt de ruimte tussen de gevel en de vloer gevuld met minerale wol. Door te kiezen voor een zachte persing kan anderhalf maal de benodigde dikte aan minerale wol in de open ruimte worden verwerkt. Dit heeft als voordeel dat de minerale wol er in principe niet tussen uit kan vallen, door bijvoorbeeld ongewenste vervormingen. Aan de bovenzijde wordt er een soort spuitpleister aangebracht die na het drogen flexibel blijft. Deze strook elastisch materiaal hecht aan de betonvloer, de minerale wol en de gevel. Doordat het materiaal aan de niet-brandzijde is aangebracht, zal het langer duren voordat het materiaal thermisch wordt belast en is een langere weerstand tegen bezwijken haalbaar.

Voor vliesgevels zijn de aansluitingen met calcium silicaatplaat en de flexibele afdichting geschikter dan de aansluiting met doorlopende stalen strippen. Vooral de geleidende eigenschappen van staal spelen bij vliesgevels extra mee. Dit geldt ook voor de stijlen die in veel gevallen over meerdere verdiepingen doorlopen. Om brandoverslag door thermische geleiding aan te pakken dienen de stijlen ter hoogte van compartimentscheidingen dus thermisch onderbroken te zijn. Als dit niet het geval is zal het haast onhaalbaar zijn om aan de thermische eisen ($\Delta t = 140^\circ$ met een lokaal maximum van 180°) te voldoen.

Om de thermische belasting op de stijlen verder te beperken worden er ook vaak calcium silicaatplaten toegepast tussen gevel en de isolatie die de ruimte tussen de gevel en vloer opvult. Hiermee wordt als het ware een vlamschild aangebracht die de directe aanstraling van de stijlen en de paneelvulling ter hoogte van de vloer opneemt. In diverse standaard detailleringen van vliesgevel leveranciers wordt deze oplossing toegepast.

BEOORDELING VAN DE DETAILLERING

Bij het beoordelen van de detaillering zijn er een aantal die mogelijke problemen kunnen geven of zwakke plekken aanduiden. De genoemde punten hebben betrekking op het voorkomen van branddoorslag ter plaatse van de gevel/vloer aansluiting. Voor de bepaling van de brandoverslag wordt verwezen naar de beschikbare berekeningsmethoden uit de NEN 6068. Door details te beoordelen op de aan- of afwezigheid van de volgende punten, is het mogelijk om uitspraken te doen over de kwaliteit van de detaillering.

- De aansluiting dient vlam- en rookdicht te zijn
 - Door middel van toepassing van de genoemde oplossingen als stalen strippen, calcium silicaatplaat of een flexibele afdichting moet de aansluiting voldoende weerstand bieden aan een eventuele brand. Het tegenhouden van vlammen is daarin een belangrijke taak. De toegepaste oplossing moet een minimale weerstand van 60 minuten bieden. Speciale aandacht gaat hierbij naar de afdichting van eventuele naden.
- De aansluiting moet voldoen aan de temperatuur eis
 - Naast de eis dat de aansluiting gedurende 60 minuten vlamdicht moet zijn, moet de aansluiting ook voldoen aan een thermische eis. Dit houdt in dat de ruimte tussen de gevel en de vloer voorzien moet worden van een materiaal dat isolerende eigenschappen heeft. Deze isolatie moet in principe onbrandbaar zijn, om branduitbreiding te voorkomen.
- De aansluiting moet in staat zijn beweging en/of vervorming op te nemen
 - Door de hoge temperaturen, waar de aansluiting aan blootgesteld wordt gedurende een brand, zullen er vervormingen optreden. De aansluiting moet hierbij in staat zijn deze beweging op te nemen, anders zal er schade ontstaan. Bij onvoldoende bewegingsruimte kan het zijn dat er naden ontstaan waardoor de vlamdichtheid niet meer gegarandeerd kan worden. Een veel gebruikte oplossing is het toepassen van slobgaten, die ervoor zorgen dat eventuele beweging plaats kan vinden.
- Ongewenste temperatuurgeleiding moet worden voorkomen
 - Dit aspect speelt vooral een rol bij geleidende materialen als staal en aluminium. Als stijlen over meerdere verdiepingen doorlopen, betekent dit dat de temperatuur ook wordt doorgegeven, wat ongewenste branduitbreiding kan betekenen, als de temperatuur voldoende hoog is. Door de doorgaande stijlen, thermisch te onderbreken ter hoogte van de gevel/vloer aansluiting kan dit voorkomen worden.
- Plaatsing van de bevestigingsankers
 - De gevel is afhankelijk van de gevelankers. De plaatsing van deze ankers is dus een belangrijk aandachtspunt. Door de ankers aan de bovenrand van de vloer te bevestigen en op te nemen tussen de thermische isolatie, worden de ankers voldoende beschermd tegen een eventuele brand. Hierbij vormt de isolatie niet alleen een thermische buffer, maar vormt het ook een barrière tussen de vlammen en de ankers.

STAPPENPLAN DETAILBEOORDELING

Voor de beoordeling van details op brandveiligheid is enige kennis over brand en materiaalgedrag onmisbaar. In het eerste deel van deze handleiding is deze kennis aan de lezer overgedragen. Om een detail te beoordelen is gekozen voor een stappenplan. Aan de hand van zes stappen wordt een detail zorgvuldig bekeken op zwakke punten en beoordeeld of deze voldoet aan de gestelde criteria. Hierbij wordt gekeken naar de verticale details, ter plaatse van de gevel/vloer aansluiting. Het stappenplan is deels toe te passen op horizontale details, maar is hier niet voor geschreven.

Om deze criteria nog eens te benadrukken, staan die hieronder nogmaals weergegeven:

- Gedurende 60 minuten mogen er geen vlammen, langer dan 10 sec, zichtbaar zijn aan de niet brandzijde (E).
- Gedurende 60 minuten mag de temperatuur, aan de niet brandzijde, niet meer dan 140° en lokaal 180° stijgen (I).

Kort gezegd kunnen we stellen, dat de aansluiting dus vlamdicht moet zijn en een thermische scheiding moet hebben en dat aan deze criteria 60 minuten voldaan moet worden.

Stap 1: In de eerste stap wordt er gekeken naar de richting van het brandverloop. Bij de beoordeling van zowel details als andere constructieonderdelen wordt er altijd van uitgegaan dat de brand zich van beneden naar boven uitbreidt. Voor de beoordeling van de details, gaan we er dus ook van uit dat dit het verloop van de brand is.

Stap 2: In de tweede stap wordt er gekeken of er bepaalde materialen zijn toegepast in het detail die een negatieve invloed kunnen hebben op een eventuele brandsituatie. Hierbij wordt gedacht aan:

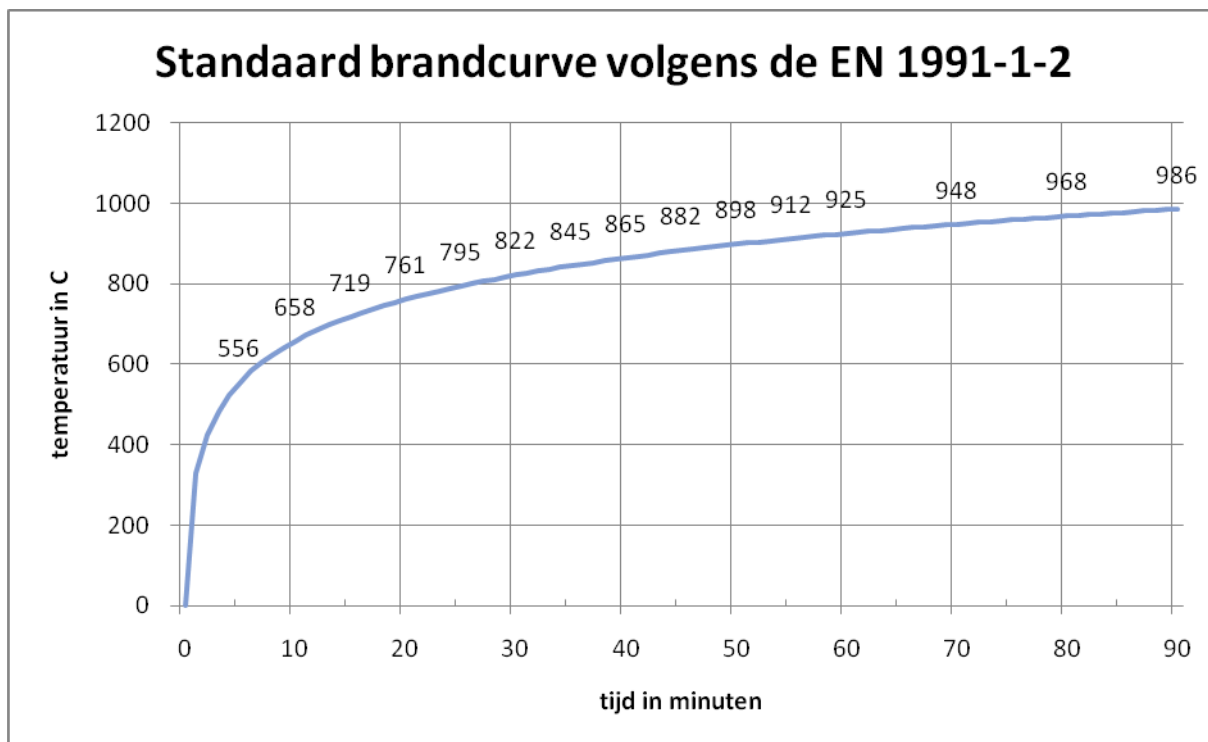
- brandbare materialen (deze voeden de brand),
- smeltende materialen (veroorzaken brandende of hete druppels en er kunnen openingen ontstaan),
- naden en/of afdichtingen (bieden vlammen de mogelijkheid om in het detail te dringen) en
- thermische geleidende materialen (geven warmte door en zorgt voor ongewenste aanstraling van andere materialen)

Stap 3: Door deze zwakke plekken aan te wijzen is het mogelijk om verschillende scenario's te bedenken, wat er kan gebeuren als er brand ontstaat. Hierbij kan men denken aan isolatieschuimen die wegsmelten, aluminium strips die wegsmelten, het loslaten van verbindingen, wegvallen van raam/kozijn delen, inbranden van hout en aluminium stijlen die over meerdere verdiepingen de warmte doorgeven. Ook het kromtrekken van de stijlen en het optreden van vervormingen behoren tot de mogelijkheden.

Stap 4: Aan de hand van de zwakke plekken en de mogelijke scenario's, is het mogelijk om brandtrajecten in het detail aan te geven. Als er meerdere trajecten mogelijk zijn, kunnen deze ook ingetekend worden. Door het traject in te tekenen wordt inzichtelijk gemaakt waar de zwakke punten zich bevinden.

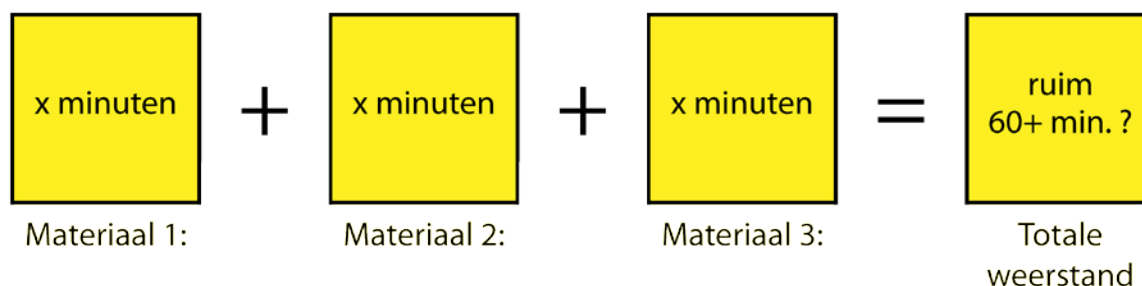
Stap 5: Met de gegevens uit deze handleiding kan bepaald worden of en hoe snel bepaalde materialen inbranden en/of smelten. Aan de hand van de brandcurve kan men zien binnen hoeveel minuten een bepaalde temperatuur bereikt wordt. Er wordt hier uitgegaan van de standaard brandcurve die ook voor de berekeningen en experimentele testen wordt gebruikt. Deze brandcurve laat het temperatuurverloop na een flashover zien, waarbij het gehele compartiment in brand staat.

Bij de bepaling van de weerstanden van de materialen, moet wel rekening gehouden worden dat als het ene materiaal bezwijkt, het materiaal dat er achter zit ook al deels aangetast zal zijn door de brand. Hiervoor zullen veiligheidsmarges in acht genomen moeten worden.



FIGUUR 14: GRAFIEK VAN STANDAARD BRANDCURVE VOLGENS DE NEN-EN-1991-1-2

Stap 6: Als bepaald is hoe lang bepaalde elementen weerstand bieden aan de hoge temperaturen, kunnen de weerstanden van de materialen langs het getekende brandtraject bij elkaar opgeteld worden. Hierdoor wordt duidelijk hoeveel weerstand het detail bij brand kan bieden.



FIGUUR 15: PRINCIPE VASTSTELLING BRANDWERENDHEID

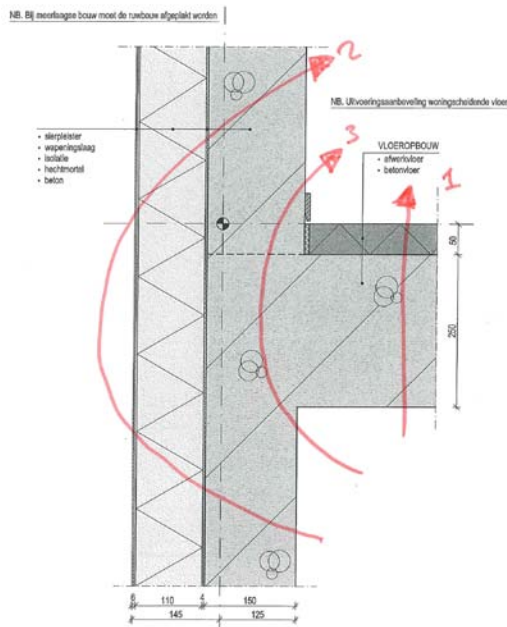
Stap 7: Tot slot moet er vastgesteld worden of het detail voldoet aan de gestelde eis. Hierbij is het zo dat de opgetelde weerstanden ruim over de 60 minuten moeten gaan. Als bij de optelsom het resultaat net 60 minuten is, kan men ervan uitgaan dat het detail niet voldoet. Wat betreft de thermische eis is het moeilijk te bepalen of het detail zal voldoen. Extra aandacht gaat daarom uit naar thermische onderbrekingen en het toepassen van voldoende isolatie. Met het oog op de vlamdichtheid, kunnen op basis van deze gegevens een goede inschatting gemaakt worden, van hoe het detail zich gedurende een brand zal gedragen.



FIGUUR 16: STAPPENPLAN DETAIL BEOORDELING

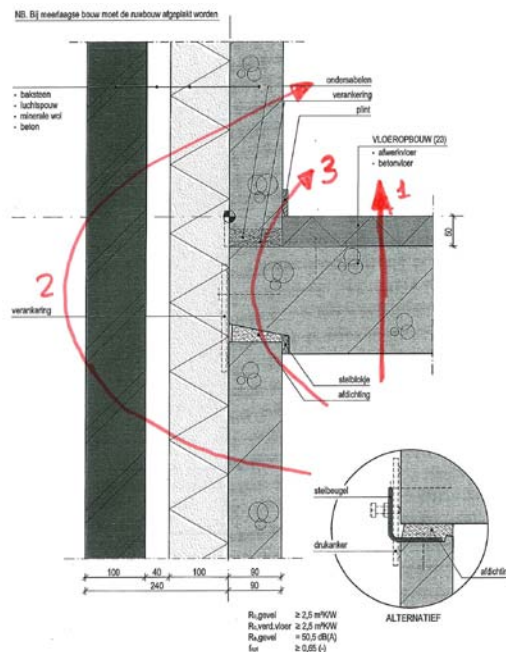
REFERENTIEDETAILS

Om een idee te geven hoe een dergelijke beoordeling in elkaar steek zijn hieronder een aantal voorbeelden gegeven. De eerste twee details laten zien dat in geval van traditionele aansluitingen zoals bij gietbouw of prefab de aansluiting weinig risico lopen op branddoorslag. Vanwege de hoge massa warmt het materiaal langzaam op en zijn er geen openingen waardoor de vlammen het bovengelegen compartiment kunnen bereiken.



FIGUR 17:
GIETBOUW
GEVEL/VLOER
AANSLUITING
(BRON: NBD)

FIGUR 18:
TRA



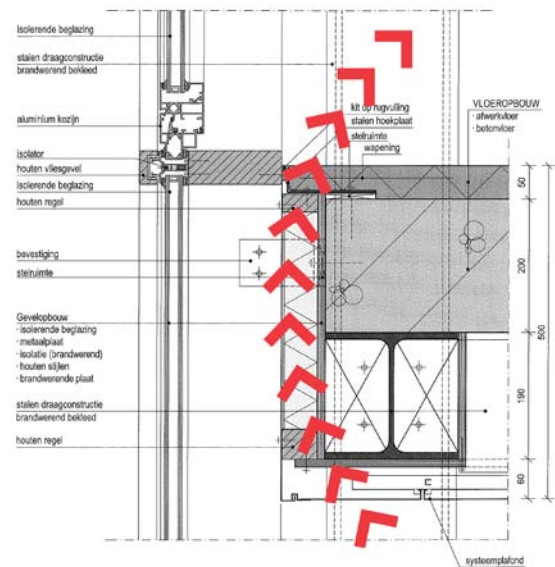
DITONELE GEVEL/VLOER AANSLUITING (BRON: NBD)

De behandelde details zijn referentiedetails van de NBD (Nederlandse Bouw Documentatie) en de SBR (Stichting Bouw Research). Op basis van de beschikbare gegevens kan niet worden bepaald of de detaillering ter plaatse van een compartimentscheiding is ontworpen. Het doel is van de afbeeldingen is inzicht verwerven in de bepalingsmethode en niet het aanwijzen van fouten in beschikbaar gesteld beeldmateriaal.

Op de volgende pagina's zullen een aantal details aan de hand van het stappenplan beoordeeld worden. Hierbij is aan de hand van afbeeldingen de stappen inzichtelijk te maken.

VOORBEELD DETAIL 1

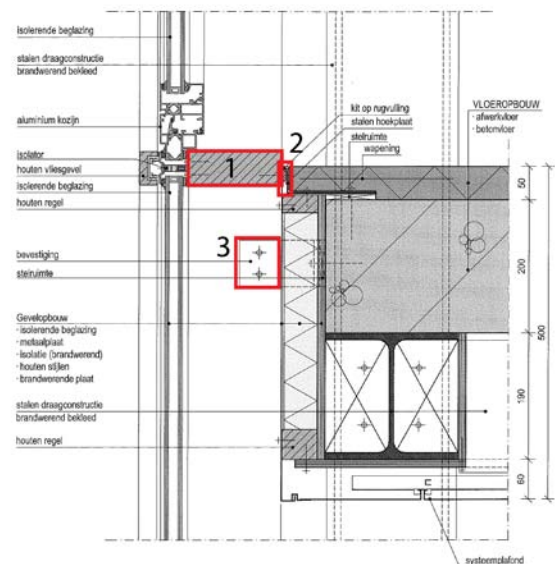
Stap 1: de brand gaat van onder naar boven.



Stap 2: Materiaalcheck

Door het detail kritisch te analyseren kunnen de kwetsbare onderdelen van het detail gemarkeerd worden.

1. Houten vliesgevel: aan de hand van inbrandsnelheid kan de weerstand bepaald worden. Afstand tot opening is ± 30 mm.
2. Kit op rugvulling: in geval van brand is dit binnen de kortste keren weg en is er een open verbinding met het bovengelegen compartiment.
3. De bevestigingsbeugel is onbeschermd en zal volledig blootgesteld worden aan de vlammen en bijbehorende hitte. Daarnaast zijn er geen slobgaten opgenomen t.b.v. beweging/vervorming van de gevel.



Stap 3: Mogelijke scenario's vaststellen

- A. Glas breekt: brand zal zich via buitenlucht uitbreiden.
- B. Glas blijft intact: houten vliesgevel zal inbranden

Stap 4: mogelijke brandtrajecten intekenen

Afgaande op de scenario's zijn er in dit geval twee trajecten die logisch te redeneren zijn. Als het glas in een vroeg stadium breekt, dan zal de branduitbreiding via de buitenlucht verder gaan. In dit geval kunnen de gevolgen berekend worden volgens de NEN 6068.

Als het glas intact blijft, komt de nadruk op de verbinding te liggen. Het hout zal inbranden met ongeveer 0,8 mm per minuut en de aangebrachte kit op rugvulling zal binnen de kortste keren weg zijn.

Stap 5: Bepaling weerstand

Uit de gegevens is af te lezen dat er geen brandwerend glas is toegepast. Binnen 5 minuten zal dit glas bezwijken.

De dikte van houten dorpel tot de vloer is ongeveer 30 mm. $30 \text{ mm} / 0,8 \text{ mm/min}$ is een weerstand van ongeveer 35 min. Dit is in het gunstigste geval dat de vlammen al niet eerder door de met kit gevulde naad komen.

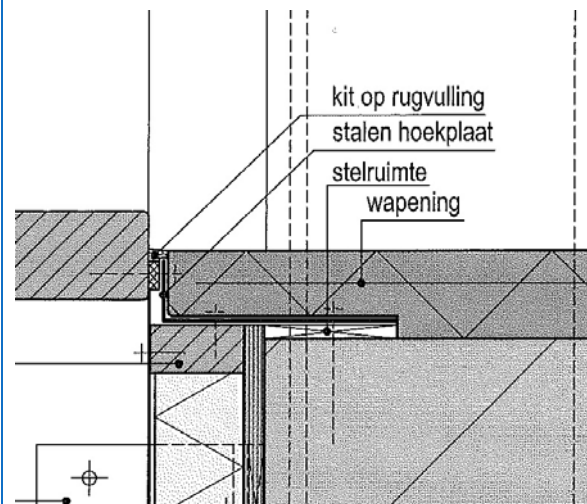
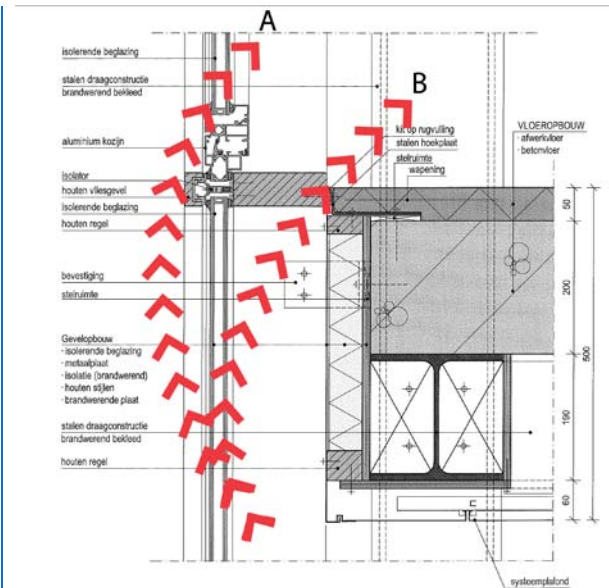
Stap 6: Analyse

Traject A: 5 minuten bij gewoon glas of 30 minuten in geval van brandwerend glas

Traject B: hooguit 30 minuten

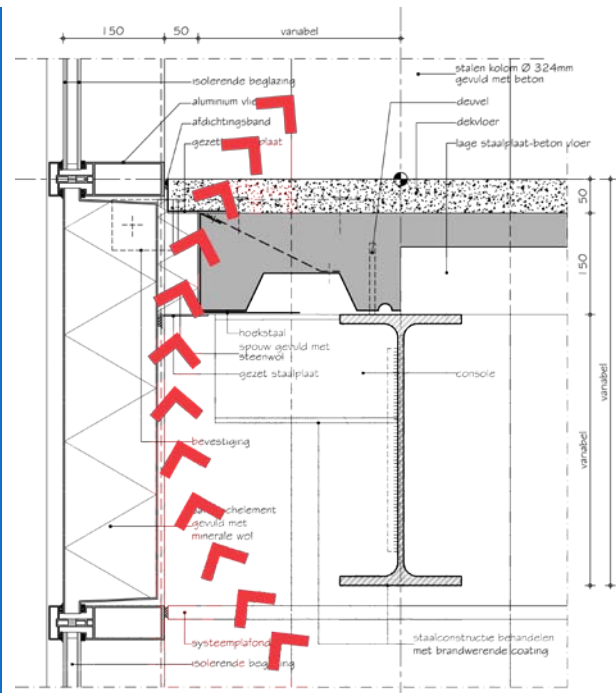
Stap 7: Conclusie

Zoals het huidige detail getekend is, zal het geen 60 minuten in een brandsituatie weerstand bieden op het gebied van vlamdichtheid en thermische analyse.



VOORBEELD DETAIL 2

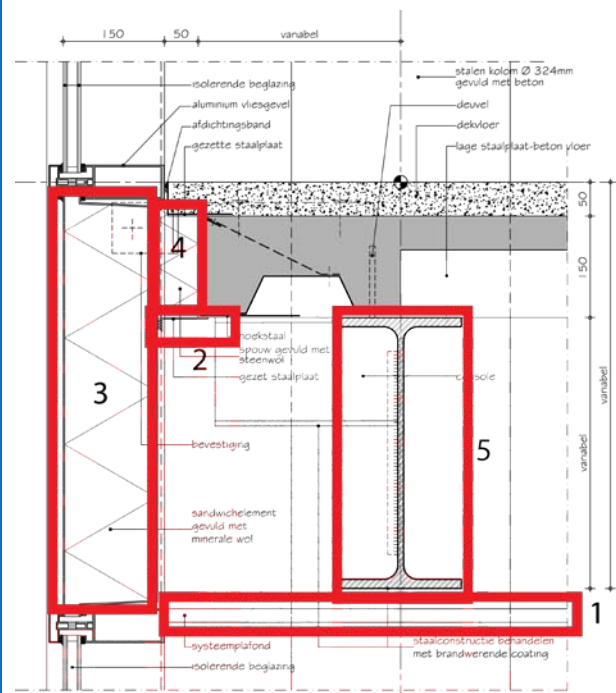
Stap 1: de brand gaat van onder naar boven.



Stap 2: Materiaalcheck

Door het detail kritisch te analyseren kunnen de kwetsbare onderdelen van het detail gemarkeerd worden.

1. Systeemplafond: aan een systeemplafond kunnen geen eigenschappen ten aanzien van brand worden toegekend. De plafondplaten liggen op dunne aluminium strippen die bij brand smelten, waardoor het aan te nemen is dat het plafond eruit valt.
2. Gezette staalplaat: Ten behoeve van de vlamdichtheid is een dergelijke strip van onvoldoende dikte. Zoals de strip hier is aangebracht, dient het ter ondersteuning van de isolatie en heeft geen brandwerende functie. Ter verbetering zou er een hoeklijn met meer dikte toegepast kunnen worden of de gezette staalplaat behandelen met brandwerende coating.
3. Sandwich paneel: De weerstand van een dergelijk paneel is sterk afhankelijk van de gebruikte materialen. In dit detail is niet aangegeven wat de opbouw er van is. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van kunststof schuim zal het element vrij snel



bezwijken, terwijl er bij minerale wol juist een hoge weerstand mogelijk is.

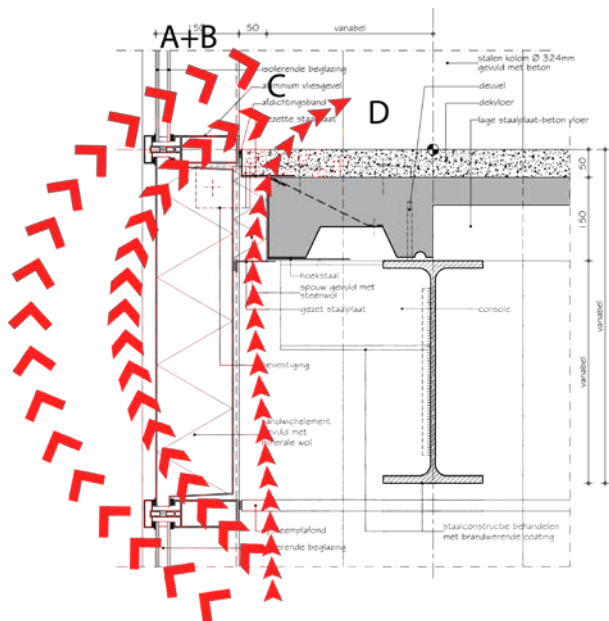
4. Thermische scheiding: ter ondersteuning van de isolatie is een gezette staalplaat toegepast (2). Mocht er door vervorming van de vliesgevel meer ruimte ontstaan en de staalplaat bezwijken zou dit ervoor kunnen zorgen dat de isolatie eruit valt en dus zijn functie verliest.
5. Draagconstructie: De draagconstructie is voorzien van brandwerende coating.

Stap 3: Mogelijke scenario's vaststellen

- A. Glas breekt door hitte: brand zal zich via buitenlucht uitbreiden.
- B. Aluminium dorpel bezwijkt: glas breekt en de brand zal zich via buitenlucht uitbreiden.
- C. Aluminium dorpel bezwijkt: het glas en het aluminium sandwichpaneel vallen weg, de brand zal zich zowel via de aansluiting als via de buitenlucht uitbreiden.
- D. Gevel en ruit bezwijken niet: aansluiting bezwijkt en breidt zich uit via de aansluitingen.

Stap 4: mogelijke brandtrajecten intekenen

Voor scenario A, B en C kunnen brandoverslag berekeningen uitgevoerd worden volgens de NEN 6068. Aan de hand van deze berekeningen kan bepaald worden wat de belasting op de gevel zal zijn bij het wegvallen van één of meerdere onderdelen.



Stap 5: Bepaling weerstand

Voor traject A en B wordt verwezen naar

brandoverslag berekeningen volgens de NEN 6068.

Voor traject C zijn meer gegevens nodig ten aanzien van de opbouw van het sandwich element.

Daarnaast hangt het ook van de bevestiging van het sandwich paneel aan de vliesgevel af of het element eruit valt als de onderdorpel bezwijkt. Gegevens zouden te vinden moeten zijn in testen uitgevoerd volgens de NEN-EN 1364

Wat betreft traject D zal de gezette staalplaat geschat worden op ongeveer 30 minuten.

Vervolgens hangt het van het type isolatie af (harde of zachte persing) of deze op zijn plaats blijft zitten.

Bij alle trajecten moet opgemerkt worden dat de opwarming van de stijlen voor een te hoge temperatuurstijging kan zorgen in het bovengelegen compartiment.

Stap 6: Analyse

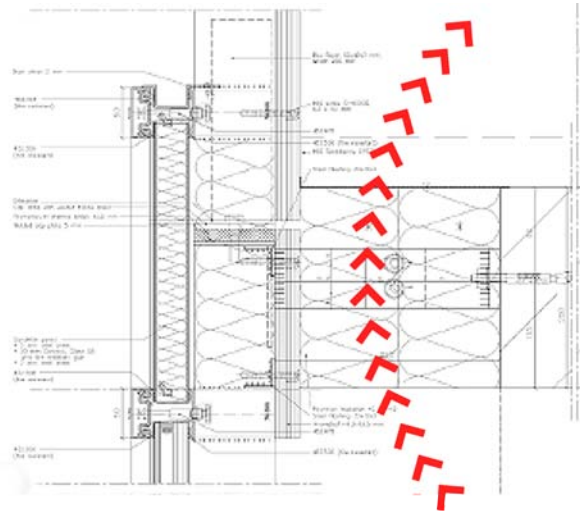
De aansluiting is redelijk uitgevoerd op het gebied van brandveiligheid. De gezette staalplaat is erg minimaal uitgevoerd wat voor ongewenste branddoorslag kan zorgen. Bij de scenario's is aangegeven dat bij het bezwijken van de vliesgevel verschillende opties mogelijk zijn. Daar zijn uiteraard geen concrete uitspraken over te doen, maar in de detaillering moet er wel rekening mee gehouden worden.

Stap 7: Conclusie

Dit details zou met een paar kleine aanpassingen een stuk verbeterd kunnen worden. Door de gezette staalplaat te vervangen door een dikkere hoeklijn of te behandelen met brandwerende coating, wordt op traject D een goede weerstand geboden. Daarnaast zouden de stijlen thermisch onderbroken moeten zijn en de bevestigingsbeugel worden voorzien van slobgaten.

VOORBEELD DETAIL 3

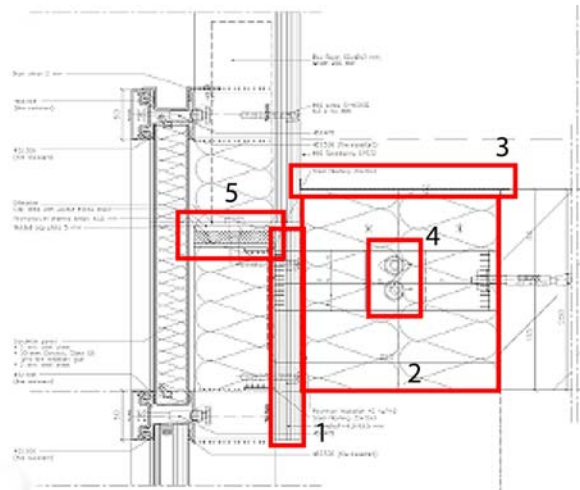
Stap 1: de brand gaat van onder naar boven.



Stap 2: Materiaalcheck

Door het detail kritisch te analyseren kunnen de kwetsbare onderdelen van het detail gemarkeerd worden.

1. Dubbellaags calcium silicaatplaat: in dit detail is vliesgevel en de thermische buffer afgeschermd door een dubbellaagse calcium silicaatplaat. Net als in gipsproducten zit in dit materiaal vocht opgesloten, dat eerst moet verdampen, voordat het bezwijkt. Door de dubbele plaat heeft dit een hoge weerstand.
2. Minerale wol: Om te voldoen aan de temperatuur stijgingseis is er minerale wol toegepast. Hier is gebruik gemaakt van een zachte persing. Dit maakt het mogelijk om anderhalf keer de benodigde dikte toe te passen die zich kan aanpassen aan eventuele vervormingen die plaats kunnen vinden.
3. Elastische afdichting: om de minerale wol op zijn plaats te houden is er aan de bovenzijde een zogenaamde flexibele afdichting toegepast. Dit is een soort spuitpleister die flexibele eigenschappen heeft en een verbinding vormt tussen de gevel en de vloer.
4. Bevestiging: de bevestiging van de vliesgevel is opgenomen in de minerale wol. Hierdoor blijft de bevestiging afgeschermd



van hitte. Bij dit detail is ook rekening gehouden met eventuele beweging van de gevel door bijvoorbeeld vervorming. Door de toepassing van slobgaten kan de vliesgevel deze beweging compenseren, zonder te destructief te vervormen.

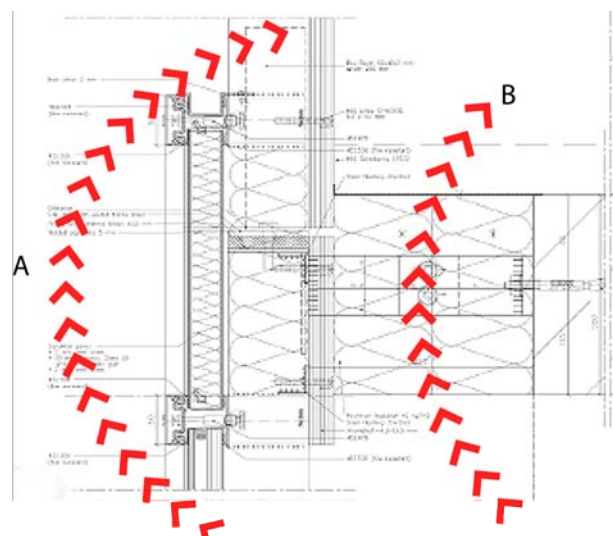
5. Thermische onderbreking: ter hoogte van de vloer zijn de doorgaande stijlen van de vliesgevel thermisch onderbroken. Hiermee wordt voorkomen dat door een hoge temperatuur materialen in het andere compartiment worden aangestraald en uiteindelijk ontbranden.

Stap 3: Mogelijke scenario's vaststellen

- A. Glas breekt: brand breidt zich via de buitenlucht uit
- B. Glas blijft intact: nadruk komt op de aansluiting te liggen

Stap 4: mogelijke brandtrajecten intekenen

Bij het detail is aangegeven dat er brandwerend glas is toegepast. Dit houdt in dat deze minimaal 30 minuten weerstand zal bieden aan de brand. Hierdoor zal er meer druk op de aansluiting komen te liggen.



Stap 5: Bepaling weerstand

Voor traject A wordt er verwezen naar brandoverslag berekeningen volgens de NEN 6068. Wat betreft traject B is dit detail goed uitgevoerd. Er is zowel rekening gehouden met de vlamdichtheid als de thermische eis. De minerale wol zal aan de onderzijde wel iets inbranden, maar voldoende weerstand blijven bieden voor de 60 minuten eis. De flexibele afdichting voorkomt dat de minerale wol eruit valt bij vervorming en een gapend gat overlaat.

Wat betreft de thermische eis is alles thermisch

ontkoppeld en waar mogelijk zijn isolerende materialen toegepast.

Stap 6: Analyse

De weerstanden voldoen aan de gestelde eisen. De minerale wol in combinatie met de flexibele afdichting haalt ruim 60 minuten en door de toepassing van de calcium silicaatplaat wordt de vliesgevel voor een groot deel afgeschermd ter plaatse van de aansluiting.

Stap 7: Conclusie

Dit detail voldoet.

BIBLIOGRAFIE

BBN. (2008). *De essentiële controlepunten*. BBN.

CEN. (2006, September). EN 1364-3. *Fire resistance for non-loadbearing elements - Part 3 Curtain walling - Full configuration*. CEN.

Efectis Nederland B.V. (2007). *Brandveiligheidsindex 2008/1*. SDU Uitgevers.

Kenniscentrum Glas. (2007). *Brandwerend glas*. KCG.

Ministerie van VROM. (2009). *Integrale tekst van het Bouwbesluit 2003*. Den Haag: VROM.

Ministerie van VROM. (2009). *Integrale toelichting op het Bouwbesluit 2003*. Den Haag: VROM.

Ministerie van VROM. (2003). *Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen deel 1*. Den Haag: VROM.

NIBRA. (2006). *Uitvoering brandveiligheid dakconstructies van stalen damwandprofiel*. Arnhem: NIBRA.

NNI. (2004). *NEN 6068 Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten*. NNI.

NNI. (2005). *NEN 6069 Experimentele bepaling van de brandwerendheid van bouwdelen en bouwproducten en het classificeren ervan*. NNI.

NNI. (2007). *NEN-EN 1364-4 Bepaling van de brandwerendheid van niet-dragende bouwdelen - deel 4: Vliesgevels*. NNI.

NNI. (2008). *NPR 6091 Praktijkrichtlijn weerstand tegen brandoverslag (WBDBO)*. NNI.

Promat. (2008). *Handboek Bouwkundige Brandpreventie*. Promat.

SBR. (2002). *Brandveiligheid: Ontwerpen en Toetsen, Deel A Brandveiligheid en Gebouwontwerp*. Rotterdam: SBR.

SBR. (2002). *Brandveiligheid: Ontwerpen en Toetsen, Deel D Bouwdeel en Materiaalgedrag*. Rotterdam: SBR.

FIGUURLIJST

Figuur 1: branduitbreidingstrajecten	4
Figuur 2: beredenering tijdverloop bij brand	5
Figuur 3: eisen t.b.v. detaillering gevel/vloer aansluiting	6
Figuur 4: Vervorming door temperatuurverschil	8
Figuur 5: vervorming bij brand.....	9
Figuur 6: voorbeelden brandwerende aluminium profielen: Links een profiel gevuld met calcium silicaatplaat (schüco), rechts een aluminium profiel versterkt met een stalen koker (ALcoa)	15
Figuur 7: brandbaarheid isolatiematerialen (bron: federatie onderlinge verzekeringsmaatschappijen)	17
Figuur 8: brandoverslag trajecten (bron: SBR)	19
Figuur 9: TYPEN BORSTWERING CONSTRUCTIES MET EISEN T.O.V. BRANDOVERSLAG	20
Figuur 10: reikwijdte van blusmiddelen speelt een belangrijke rol	21
Figuur 12: Principe aansluitingen gevel/vloer (beton)	22
Figuur 13: principe aansluitingen gevel/vloer (Vliesgevel)	22
Figuur 11: branddoorslag trajecten (bron: SBR)	22
Figuur 14: grafiek van standaard brandcurve volgens de NEN-EN-1991-1-2.....	26
Figuur 15: PRINCIPE vaststelling brandwerendheid.....	26
Figuur 16: stappenplan detail beoordeling	27
Figuur 17: Gietbouw gevel/vloer aansluiting (bron: NBD)	28
Figuur 18: traditonele gevel/vloer aansluiting (bron: NBD)	28

TABELLENLIJST

Tabel 1: europese materiaal classificering	10
Tabel 2: eigenschappen beton (bron: tabellenboek & PGS, deel 1B)	11
Tabel 3: Eigenschappen staal (bron: tabellenboek & PGS, deel 1B)	12
Tabel 4: inbrandsnelheden van hout (bron: Kenniscentrum Hout)	13
Tabel 5: eigenschappen hout (bron: tabellenboek & PGS, deel 1B)	13
Tabel 6: Brandgedrag plaatmaterialen (bron: kenniscentrum hout)	13
Tabel 7: eigenschappen glas (bron: tabellenboek & PGS 1, Deel 1B)	14
Tabel 8: Eigenschappen Aluminium (bron: tabellenboek)	15
Tabel 9: eigenschappen gips (bron: tabellenboek)	16