



Brandveilige hallenbouw met staal



Inhoud

Vooraf	3
Hallen en brandveiligheidseisen	4
Indeling in brandcompartimenten	5
Constructieve opties	5
Afstand tot de perceelgrens	7
Brandwerende gevel	8
Vluchtafstanden	9
Bepaling vluchtafstanden	10
Materiaalgedrag bij brand en rook	11
Methode Beheersbaarheid van brand	12
Methode Brandveiligheid opslagloodsen	13
Onbeklede staalconstructies	14
Dimensioneren bij brand	14
Sprinklers	14
Literatuur	15

Projecten

Bedrijfscomplex Vogelenzang-Votex, Heteren	16
Bedrijfshal Ravenswade, Nieuwegein	18
Fabriekshallen Holec, Hengelo	20
Bedrijfsgebouw Transeuro Nijman, Rotterdam	22
Bedrijfsgebouw Scholtens, Sittard	24
Bedrijfshallen Lukkien Digital Studios, Ede	26

Deze brochure informeert architecten, constructeurs en inspecteurs van brandweer en bouwtoezicht over de brandveiligheid van hallen met een stalen (hoofd)draagconstructie.

Colofon

Uitgave: Bouwen met Staal, Zoetermeer, tweede gewijzigde druk april 2005, ISBN 90-7280-55-5, (eerste druk maart 2003).

Samenstelling: dr.ir Ralph Hamerlinck, Marco Pauw en Arend Dolsma, Bouwen met Staal, Rotterdam.

Fotografie: Hans Moolenaar, Den Haag.

Aanvullende fotografie: Tom de Rooij, Moordrecht (Transeuro Nijman), Cees Landstra, Enschede (Holec), Hebel cellenbeton, Zoeterwoude (Vogelenzang-Votex), en Lukkien Digital Studios, Ede (Lukkien).

Vormgeving en grafische productie: Schelkers communicatie, Rotterdam.



Boerhaavelaan 40
2713 HX Zoetermeer
Postbus 190
2700 AD Zoetermeer
tel. +31(0) 79 353 12 77
fax +31(0) 79 353 12 78
e-mail info@bouwenmetstaal.nl
internet www.bouwenmetstaal.nl en www.halleninfo.nl

Vooraf

Snel en economisch, licht en prefab, industrieel, flexibel en demontabel, én herbruikbaar op materiaal-, bouwdeel- en gebouwniveau. Dat zijn onderscheidende voordelen van staal voor de constructie van gebouwen. De Nederlandse hallenbouw is bekend met deze voordelen. Al decennia lang is staal het favoriete materiaal voor de draagconstructie én dak- en gevelbeplating van een diversiteit aan hallen: van loodsen en hallen tot en met bedrijfsgebouwen, winkelcentra en sportcomplexen.



Staal. Een logische bouwmaterial voor loodsen (1), bedrijfsgebouwen (2), bedrijfsgebouwen met kantoor (3) en hallen met openbare functies zoals winkelcentra (4), sporthallen (5) en expo-hallen (6).

Tóch stuit de toepassing van staal bij hallen soms (onverwacht) op problemen, als er eisen gelden voor de brandveiligheid. Vaak ligt dat aan onduidelijkheid bij ontwerpers, bouwers én inspecteurs van bouwtoezicht en brandweer over de eisen én over de mogelijkheden om aan die eisen te voldoen; de zogeheten 'oplossingen'. Deze brochure wil duidelijkheid bieden over de brandveiligheid van stalen hallen. De publicatie gaat eerst in op brandveiligheidseisen voor hallen volgens het Bouwbesluit 2003, met aparte aandacht voor brandcompartimentering, afstanden tot perceelgrenzen, vluchtafstanden, en het gedrag van het materiaal staal bij brand en rook. Daarna volgen beschrijvingen van methoden voor het bepalen van de brandveiligheid van hallen. Afsluitend worden de diverse bouwkundige, constructieve en installatie-technische oplossingen voor brandveilige hallenbouw met staal belicht aan de hand van zes projecten.

Hallen en brandveiligheid

Het benaderen van het gedrag van staalconstructies bij brand gebeurt – tot op de dag van vandaag – niet geheel vrij emoties. Dat is verklaarbaar. Iedereen heeft wel eens een afgebrande hal gezien: rokende puinhopen, met stalen profielen verwrongen tot spaghetti-slierten. Meestal vallen er geen slachtoffers. Dat lijkt toeval, maar dat is 't niet: bij brand in dergelijke gebouwen kunnen de aanwezige personen gemakkelijk en snel vluchten. Iedereen heeft de brandende hal al verlaten, ruim vóórdát er temperaturen ontstaan die bedreigend zijn voor de (draag)constructie. En de brandweer kan lang genoeg in de hal verblijven voor red- en bluswerkzaamheden. Als er tóch slachtoffers vallen, komt dat vaak door rook of explosie; vrijwel nooit door het instorten van de constructie. Daarom heeft 't weinig zin om eisen te stellen aan de constructieve veiligheid van hallen bij brand. Hiermee wordt de veiligheid van mensen niet groter en de schade aan gebouw en inboedel niet kleiner. De brandschade is grotendeels afhankelijk van de brandbaarheid van de gebouwinhoud en vrijwel onafhankelijk van de brandwerendheid van de constructie. Na de brand volgt vrijwel altijd sloop, ongeacht de gebruikte bouwmaterialen en de constructieve brandwerendheid. Investeringsen voor het verhogen van die brandwerendheid, zijn dus eigenlijk 'weggegooid geld'. Het is efficiënter én effectiever om een hal toe te rusten met brandcompartimenten of een sprinklerinstallatie. Hierdoor blijft de brand in omvang beperkt en beter beheersbaar. Een rook- en warmteafvoerinstallatie vergroot de mogelijkheden van ontvluchten en – bij grote hallen – van een noodzakelijke binnenaanval door de brandweer.

HALLEN EN BRANDVEILIGHEIDSEISEN

In het Bouwbesluit 2003 staan uniforme prestatie-eisen voor de brandveiligheid van hallen. Deze eisen betreffen de maximale grootte van brand- en rookcompartimenten, de maximale vluchtafstanden, en de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (wbdb). Het Bouwbesluit 1992 bevatte al uniforme eisen voor de brandwerendheid van constructies (op bezwijken). Voor 'utiliteitsbouw tot en met vier bouwlagen' – waaronder hallen – zijn deze eisen ongewijzigd opgenomen in het Bouwbesluit 2003.

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de brandwerendheid van de hoofddraagconstructie omdat het bezwijken van déze constructie resulteert in het voortschrijdend bezwijken van het gehele gebouw: het 'kaartenhuiseffect'. De eisen voor de hoofddraagconstructie zijn afhankelijk van de gebouwhoogte en van de gebouwfunctie. Voor 'slaapgebouwen' (zoals hotels, ziekenhuizen en gevangenissen) gelden hogere eisen dan voor 'niet-slaapgebouwen' (bedrijfshallen, kantoren, scholen, winkels).

Hoe hoger het gebouw, hoe hoger de eisen. Bij hallen zijn er geen eisen voor de brandwerendheid van de hoofddraagconstructie als het hoogteverschil (h) tussen de hoogste vloer van een verblijfsgebied en het aansluitende terrein kleiner is dan 5 m. Dit geldt meestal ook voor hallen met één verdiepingvloer (voor bijvoorbeeld kantoorruimten of kantine). Indien de verdiepingvloer hoger ligt dan 5 m, geldt een brandwerendheidseis van 60 minuten.



Oók als er geen eisen voor de hóófdraagconstructie zijn, zijn er soms toch eisen voor de dráágconstructie. Bijvoorbeeld vanwege het instandhouden van een rookvrije vluchtroute, brandcompartimentering óf brandoverslag naar andere gebouwen. Constructiedelen die hierbij een functie vervullen, moeten in het algemeen 30 minuten brandwerend zijn. Een brandwerendheidseis van 60 minuten geldt alleen voor constructies die een functie hebben bij een brandscheiding in een gebouw met drie of meer bouwlagen (met de hoogste verdiepingvloer boven 5 m).

Of een brandwerendheidseis van 30 minuten opgaat voor (een deel van) de draagconstructie van een hal, hangt af van drie zaken: de indeling in brandcompartimenten, de afstand tot de perceelsgrens, en de vluchtafstanden.

INDELING IN BRANDCOMPARTIMENTEN

Vanaf 2003 geldt óók voor hallen – of ‘industriefuncties’ in Bouwbesluit-terminologie – dat een brandcompartiment niet groter mag zijn dan 1000 m². Uitzondering vormt de ‘lichte industriefunctie voor het telen of opslaan van gewassen of daarmee vergelijkbare producten’ (bijvoorbeeld een tuinbouwkas), waarbij de permanente vuurbelasting van het gebouw zelf maximaal 150 MJ/m² bedraagt. De permanente vuurbelasting is de verbrandingswaarde van alle vergunningplichtige brandbare bouw delen. De waarde 150 MJ komt overeen met 7,5 kg vuren hout.

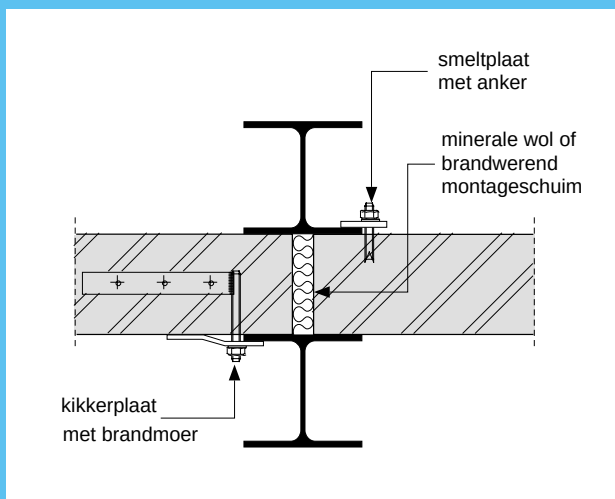


Tussen de brandcompartimenten (kleiner dan 1000 m²) geldt een wbdbo-eis van 30 minuten, indien er géén verdiepingvloer boven 5 m aanwezig is. Grotere compartimenten zijn mogelijk via een gelijkwaardige methode voor het bepalen van de brandveiligheid; bijvoorbeeld de methode ‘beheersbaarheid van brand’ of de richtlijn ‘brandveiligheid opslagloodsen’.

Als de hal een kantoorstrook bevat, hoeft de functiescheiding niet perse ook brandscheiding te zijn. Wel moet de som van deze twee functies voldoen aan de compartimenteringseis: maximaal 1000 m² per compartiment óf groter in geval van gelijkwaardigheid).

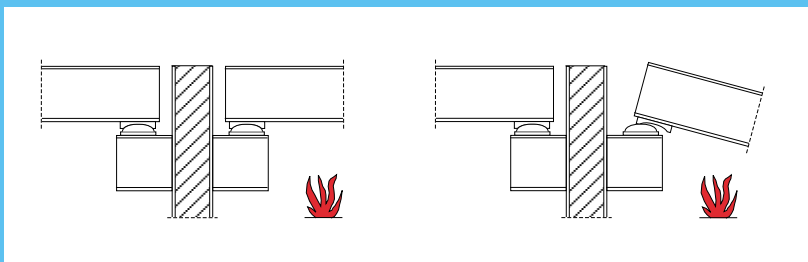
CONSTRUCTIEVE OPTIES Het opdelen van een hal in compartimenten heeft consequenties voor ontwerp en uitvoering van de draagconstructie. De brandwand tussen de compartimenten moet voldoen aan de wbdbo-eis van 30 minuten (volgens het Bouwbesluit) óf hoger uit het oogpunt van schadebeperking of brandbeheersing. Als het ene compartiment bij brand instort, moeten het andere compartiment én de brandwand in tact blijven. Die voorwaarde vormt het vertrekpunt voor het constructief ontwerp. Hierbij is een brandveilige stalen draagconstructie zónder (volledige) brandwerende bekleding prima mogelijk. De constructieve opties zijn:

- ▶ dubbele constructies bij de brandwand, met smeltankers gekoppeld aan de wand. Bij brand bezwijkt de smeltverankering aan de verhitte zijde. De constructie aan deze zijde kan dan instorten zónder de wand mee te trekken. De wand blijft vastzitten aan de constructie aan de koele zijde;



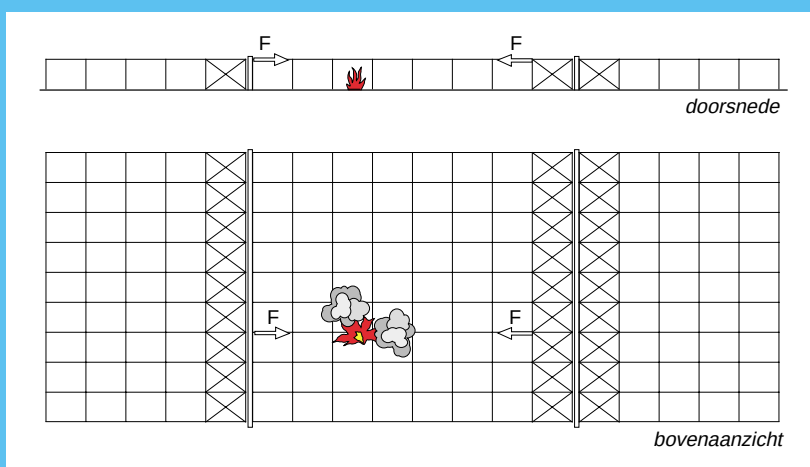
Horizontale doorsnede over een brandwand, waarbij de constructie dubbel is uitgevoerd. Aan beide zijden van de wand staan stalen kolommen, waaraan de wand gekoppeld is via smeltankers.

- ▶ extra stabiliteitsverbanden in de staalconstructie bij de brandwand. Bij het instorten van een compartiment, moet de stabiliteit van het gebouw natuurlijk gewaarborgd blijven. Hiertoe dienen extra stabiliteitsverbanden óf het benutten van portaalwerking in geval van brand;
- ▶ een kantelnok, die er voor zorgt dat de vervormde staalconstructie van de brandwand af kantelt; en



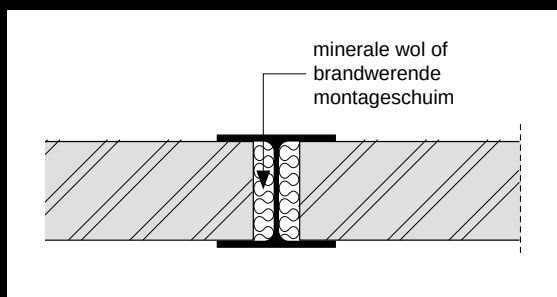
Principedetail van een kantelnok. Bij brand vervormt de ligger en kantelt van de console af. Hierdoor wordt omtrekken van de wand voorkomen.

- ▶ zorgen voor doorvoer van de horizontale krachten vanuit de bezwijkende staalconstructie via de brandwand naar de 'koele' compartimenten. Vandaaruit worden de krachten met acceptabele vervormingen afgevoerd naar de fundering.



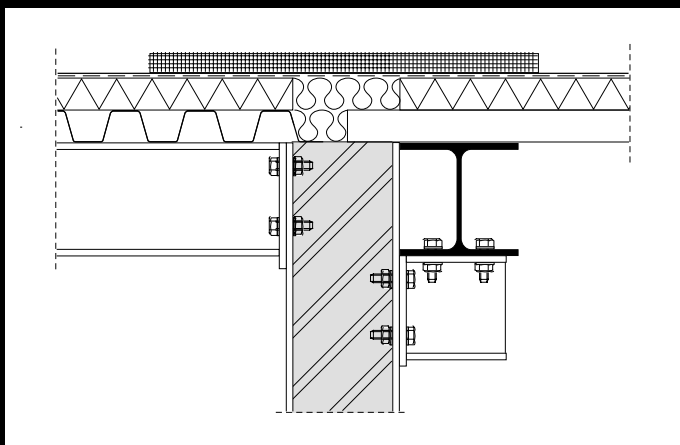
Krachten van een instortende staalconstructie zijn af te voeren via het dakvlak en de brandwand naar de verbanden in het 'koele' compartiment, indien daar voldoende windverbanden en -bokken staan. Deze oplossing voldoet ook in combinatie met brandwanden, verbonden met smeltankers aan de staalconstructie.

Bij een wbdbo-eis van 30 minuten kan zelfs de staalconstructie in de brandwand onbekleed blijven. In dit geval zit de wand (van bijvoorbeeld kalkzandsteen, cellenbeton of gipsbeton) tussen de flenzen van de staalkolommen. Wel moet de detaillering nauwkeurig zijn, zoals keuze en toepassing van vulmateriaal.



Horizontale doorsnede van een brandwand tussen de flenzen van de stalen kolommen. Bij een juiste detaillering is deze wand 30 minuten brandwerendheid zonder brandwerende bescherming van de kolommen.

- ▶ Als de wbdbo-eis 60 minuten of meer bedraagt, moet de staalconstructie in de wand een brandwerende bekleding of brandwerende verf krijgen. Alleen dubbele constructies mogen onbeschermd blijven.



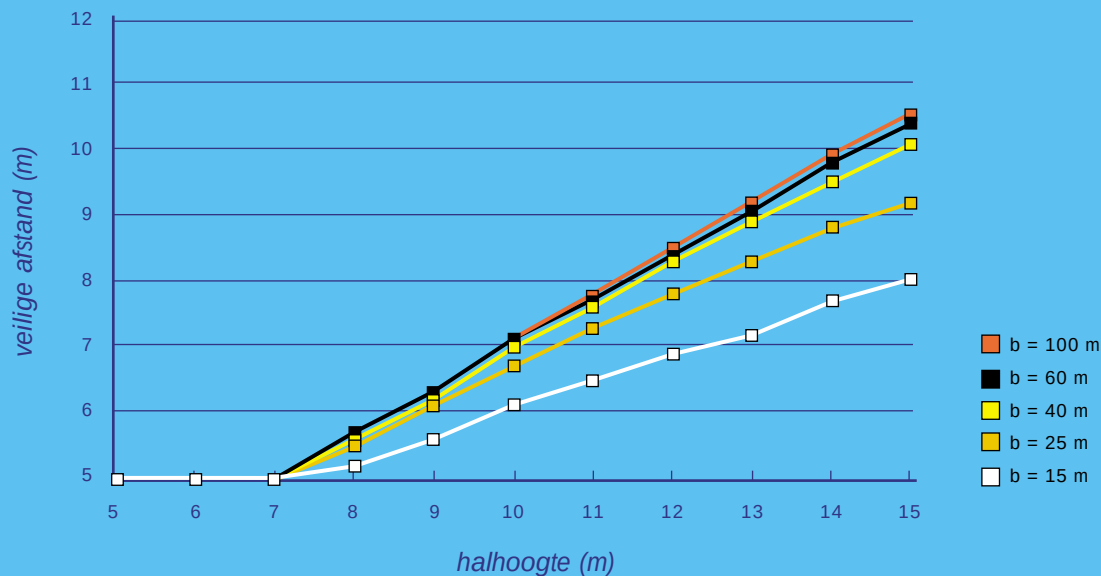
Een alternatief voor de brandwerende wand bovendaks, is het aansluiten van de wand tegen het dak. Een zorgvuldige detaillering en materiaalkeuze is vereist: het vullen van de golven van de dakplaat met steenwol, onderbreken van de brandbare dakisolatie en afdekken van brandbare dakbedekking. Daarnaast is

isolatie van de onderzijde van het dak bij de wand nodig indien de dakplaten ter plaatse van de wand niet zijn onderbroken.

AFSTAND TOT DE PERCEELGRENS Tussen de hal en een belendend perceel geldt een wbdbo-eis van 60 minuten. Hierbij wordt niet gekeken naar de werkelijk aanwezige bebouwing op het belendend perceel. Beschouwd wordt een fictieve, identieke bebouwing, die spiegelsymmetrisch ten opzichte van de perceelgrens ligt. Afhankelijk van de afmetingen van het gevelvlak bij de perceelgrens is een minimale afstand van



2,5 tot circa 5 m tot de perceelgrens vereist voor 60 minuten wbdbo. Deze afstanden zijn bepaald met NEN 6068:2004.



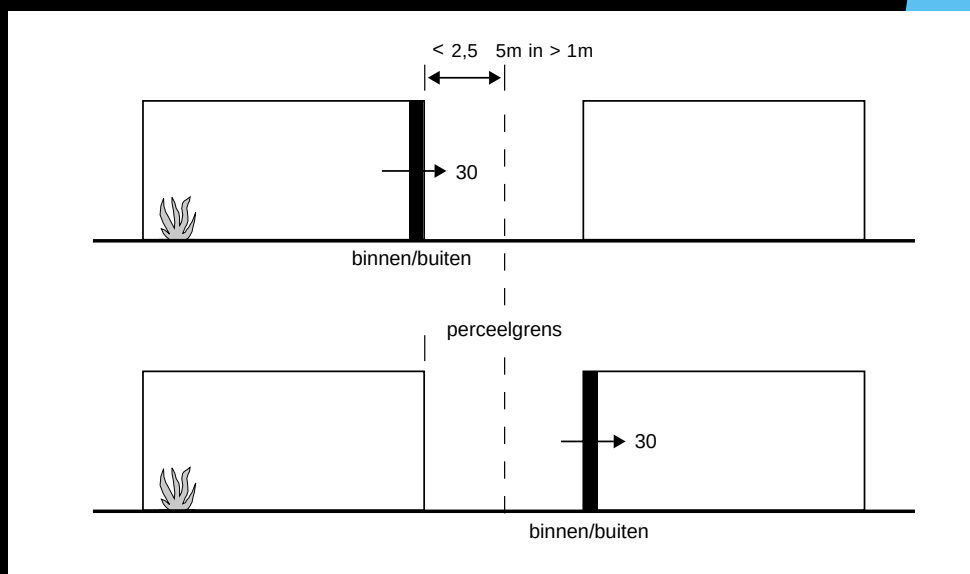
Benodigde veilige afstand tussen gevels van hallen om brandoverslag te voorkomen, als functie van de halhoogte, voor verschillende halbreedten b (op basis van NEN 6068:2004).

BRANDWERENDE GEVEL Wanneer de gevel op kleinere afstand van de perceelsgrens staat, moet de gevel zélf brandwerend zijn om te voldoen aan de wdbbo-eis van 60 minuten. De gevel biedt de vereiste 60 minuten weerstand tegen brandoverslag, als de gehele gevel van het straling zendende gebouw 30 minuten brandwerend is óf als de gehele gevel van het straling ontvangende gebouw 30 minuten brandwerend is. In verband met het beoordelingsprincipe van spiegelsymmetrie moet de gevel van de hal 30 minuten brandwerend zijn: óf van binnen naar buiten óf van buiten naar binnen. In het eerste geval moet de staalconstructie die de gevel ondersteunt eveneens 30 minuten brandwerend zijn. In het laatste geval gelden voor de ondersteunende constructie geen eisen. Immers, bij brand buiten de hal zit de staalconstructie binnen in de hal, aan de koele zijde.



Het beoordelen van de weerstand tegen branddoorslag van buiten naar binnen en die van binnen naar buiten gebeurt overigens verschillend. Zowel de beschouwde brand als de beoordelingscriteria zijn anders. De brandwerendheid van de gevels is dan ook afhankelijk van de beschouwde richting. Alleen als het gebouw hoger is dan 12 m òf als de afstand tot de perceelsgrens kleiner is dan 1 m, moet de totale brandwerendheid van de gevel altijd uitkomen op 60 minuten. Dat betekent: óf 60 minuten van buiten naar binnen, óf 60 minuten van binnen naar buiten, óf 30 minuten van buiten naar binnen plus 30 minuten van binnen naar buiten.

Dichte gevels voldoen aan de wbdbo-eis van 60 minuten als de te spiegelen gevel 30 minuten brandwerend is van binnen naar buiten óf 30 minuten van buiten naar binnen. In het laatste geval is er geen eis voor de gevel-ondersteunende staalconstructie.



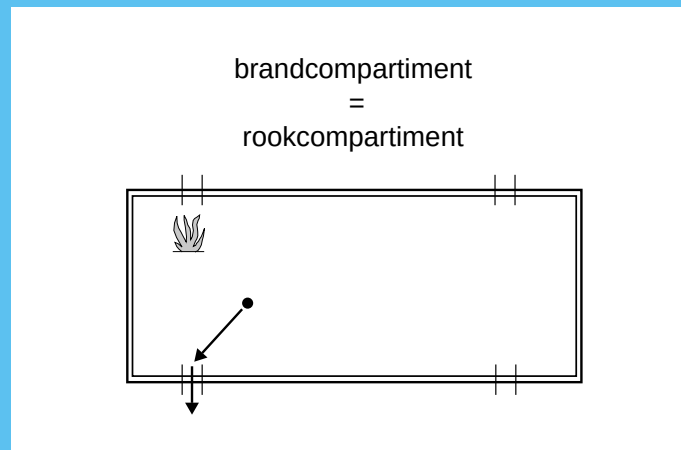
VLUCHTAFSTANDEN

Als bij brand, vanwege rookontwikkeling en -verspreiding, de vluchtafstanden te groot worden, moet een hal of een brandcompartiment in die hal worden opgedeeld in rookcompartimenten. De rookscheiding tussen twee rookcompartimenten moet voldoen aan 30 minuten weerstand tegen rookdoorgang. Deze eis staat gelijk aan 20 minuten wbdbo. Vanaf de rookscheiding verloopt het vluchten naar buiten via een rookvrije route.



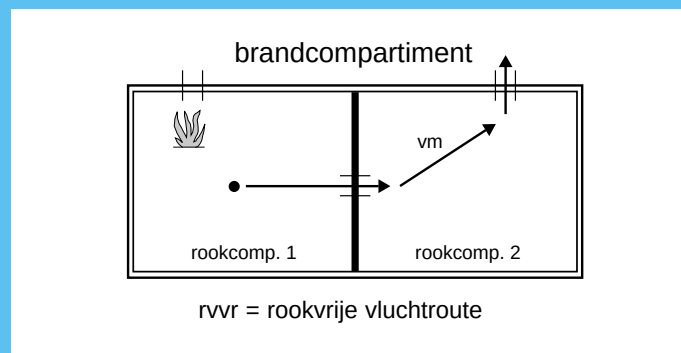
Door voldoende uitgangen is het bij hallen vaak mogelijk rechtstreeks naar buiten te vluchten; binnen de afstand van 40 m. Rookvrije vluchtroutes zijn niet dan vereist en rookcompartimenten en -scheidingen overbodig. En de draagconstructie hoeft niet 30 minuten brandwerend te zijn, vanwege het instandhouden van de rookvrije vluchtroute.

Breng in een hal voldoende uitgangen aan, zodat de vluchtafstand vanaf elk punt kleiner is dan 40 m. Hierdoor is het mogelijk om direct naar buiten te vluchten. Rookcompartimenten, rookscheidingen en rookvrije vluchtroutes blijven dan achterwege. Zo ook de brandwerendheidseis van 30 minuten voor de draagconstructie vanwege het instandhouden van de rookvrije vluchtroutes.



Bij vluchtafstanden van meer dan 40 m, zijn rookcompartimenten wél nodig. Bij instorten van een rookcompartiment moet de rookvrije vluchtroute in het andere compartiment bruikbaar blijven. Dit kan door de constructies van de twee rookcompartimenten onafhankelijk van elkaar te maken óf door beide constructies 30 minuten brandwerend uit te voeren.

Bij vluchtafstanden groter dan 40 m ('vogelvlucht') moet een hal of halcompartimenten zijn opgedeeld in rookcompartimenten. Hierbij vormt rookcompartiment 2 de rookvrije vluchtroute voor rookcompartiment 1. De rookscheiding moet 20 minuten brandwerend zijn. Het bezwijken van de constructie in 1 mag niet leiden tot een onbruikbare rookvrije vluchtroute in 2.



BEPALING VLUCHTAFSTANDEN De maximaal toegestane vluchtafstand is afhankelijk van de maximale bezettingsgraad van gebouwen. Hallen vallen doorgaans in de lichtste klasse B5: meer dan 30 m² per persoon. Indien een hal geen verblijfsfunctie heeft (bijvoorbeeld een opslagloods), dan is de maximale vluchtafstand 60 m. Als een hal tevens een verblijfsfunctie vervult (bijvoorbeeld een productiehal), moet de vluchtafstand in het verblijfsgebied worden vermenigvuldigd met 1,5. Hierbij hoeft niet te worden gelet op de indeling van het verblijfsgebied en eventuele lichte (verplaatsbare) scheidingswanden. De vermenigvuldiging resulteert in een afstand (in rechte lijn) van maximaal 40 m. De consequentie is dat een rookcompartiment – bij voldoende uitgangen aan beide zijden – maximaal zo'n 70 m diep kan zijn. Als een hal kantoorruimten bevat, bijvoorbeeld op de verdieping, gelden voor die ruimten kleinere vluchtafstanden. Kantoren hebben een bezetting van 12–30 m² per persoon en vallen in bezettingsgraad-klasse B4. In deze klasse gelden vluchtafstanden van 30 m. Rookvrije vluchtroutes zijn niet vereist, indien het vluchten naar buiten mogelijk is vanuit elk punt en binnen de vereiste afstand van 30 m, eventueel via noodtrappen. Dit is natuurlijk afhankelijk van aantal en plaats van trappen en buitendeuren. In dit geval geldt geen brandwerendheidseis van 30 minuten voor de draagconstructie, in het kader van ontvluchting.

Bij hoge en grote compartimenten zijn – in bepaalde gevallen – langere vluchtafstanden toegestaan. Dan moet wel de gelijkwaardigheid worden aangetoond, bijvoorbeeld met de methode 'vluchten uit grote compartimenten'. Grotere of soms onbeperkte vluchtafstanden zijn mogelijk bij het toepassen van een rook- en warmteafvoerinstallatie (rookluiken). Vaak zijn gemeenten bereid zo'n 50% grotere vluchtafstanden te accepteren zónder gelijkwaardigheidsberekening. Met zo'n berekening zijn afhankelijk van het aantal rookluiken en het type brand zelfs onbeperkte vluchtafstanden mogelijk.

MATERIAALGEDRAG BIJ BRAND EN ROOK De eisen aan het brand- en rookgedrag van bouwproducten staan – samengevat – in de tabel. De tabel geeft de eisen voor het Nederlandse systeem van beproeving (volgens de Nederlandse normen) én voor het Europese. Het Europese systeem is al bruikbaar, maar wordt pas over enkele jaren wettelijk voorgeschreven. Hierbij worden de Europese normen van kracht en de Nederlandse normen ingetrokken. Het Nederlandse systeem kent de brandklassen 'onbrandbaar' en 1 tot en met 4. Het Europese systeem hanteert de brandklassen A1, A2, en B tot en met F. Hierbij zijn materialen die in de klasse F vallen, het meest brandbaar.

	Nederlandse normen	Europese normen
Brandgedrag		
Algemene eis binnen en gevels	4	D
Brand- en rookvrije vluchtroutes	2	B
Stookplaatsen	onbrandbaar	A1
Gevel > 13 m	2	B
Gevel ≤ 2,5 m (als er verdiepingvloeren > 5 m zijn)	1	A2
Rookgedrag		
Algemene eis binnen	10 m ¹	s2
Brand- en rookvrije vluchtroutes	5,4/2,2 m ¹	s2

De eisen aan brand- en rookgedrag van bouwmaterialen: indeling in brandklassen. Conversietabel bij de implementatie van de Euroklassen volgens de Ministeriële Regeling Bouwbesluit 2003, mei 2003.

Het bouw materiaal staal is zelf onbrandbaar. Als zodanig hoort het thuis in de klasse 'onbrandbaar' of in de klasse A1. Bovendien produceert staal geen rook. De werkelijke klassering volgt echter uit de beoordeling van het complete bouwproduct staal: klaar voor de toepassing. Een eventuele coating en isolatiemateriaal hebben hun invloed op de klassering.

Een voorbeeld. Een stalen gevel met een dunne (polyester) coating en isolatie van minerale wol voldoet aan de (Europese) brandklasse A2 en rookklasse s1 of s2. Bij gebruik van een brandbaar isolatiemateriaal (zoals PS en PUR) en/of een dikkere PVC coating, valt de stalen gevel in brandklasse B of C en rookklasse s2 of zelfs s3. Verder is de klassering afhankelijk van de naaddichting en de detailering van de kopse zijden van de gevelpanelen.



METHODE 'BEHEERSBAARHEID VAN BRAND'

Met het brandbeveiligingsconcept Beheersbaarheid van brand – een uitgave van het Ministerie van Binnenlandse Zaken uit 1995 – is het mogelijk de maximale grootte van compartimenten te bepalen. Die bepaling gebeurt afhankelijk van de vuurbelasting, de aanwezigheid van sprinklers en de mogelijkheid van een binnenaanval door de brandweer. De maximale compartimentsgrootte A volgt uit: $A = 300.000 / (q \cdot M)$, waarbij:

q = gemiddelde vuurbelasting (van alle brandbare materialen van en in het gebouw), uitgedrukt in kg vurenhout per m^2 vloeroppervlakte; M = de massafactor (≤ 1) om brandveiligheidsmaatregelen in rekening te brengen. Normaal is de massafactor $M=1$, maar bij toepassing van een sprinklerinstallatie geldt: $M=0,1$ (10 x zo grote compartimenten zijn toegestaan) en bij een 'binnenaanval' geldt: $M=0,5$ (2 x zo grote compartimenten toegestaan). De optie 'binnenaanval' is alleen mogelijk als de brand zich niet snel

kan uitbreiden. Dit vereist een automatische brandmeldinstallatie met doormelding naar de brandweer en een rook- en warmteafvoerinstallatie. Hierdoor ontstaan de volgende maximale compartimentsgrootten:

Maximale oppervlakte A [m^2]	$M=1$	$M=0,5$	$M=0,1$
$q \leq 8$ kg vurenhout / m^2	onbeperkt	onbeperkt	onbeperkt
$q = 30$ kg vurenhout / m^2	10.000	20.000	100.000
$q = 60$ kg vurenhout / m^2	5.000	10.000	50.000
$q = 120$ kg vurenhout / m^2	2.500	5.000	25.000
$q = 240$ kg vurenhout / m^2	1.250	2.500	12.500

Maximale compartimentsgrootte A als functie van de gemiddelde vuurbelasting q bij 'geen maatregelen' ($M=1$), de mogelijkheid van een binnenaanval ($M=0,5$) en de toepassing van een sprinklerinstallatie ($M=0,1$).

De vuurbelasting bepaalt niet alleen de toegestane compartimentsgrootte, maar ook de wbdbo-eis tussen brandcompartimenten. Niet de gemiddelde vuurbelasting is hierbij het uitgangspunt, maar de piekvuurbelasting (over 1000 m^2). Hierbij is een toeslag mogelijk van 0, 30 of 60 minuten, afhankelijk van de omvang van het gebouw. Soms leidt dit tot een zeer hoge wbdbo-eis (120, 180 of zelfs 240 minuten); met name voor sommige opslaggebouwen of voor gebouwen die voor de markt zijn ontwikkeld en waarvan de bedrijfsactiviteit nog niet bekend is. Deze hoge eis hoeft geen consequenties te hebben voor de draagconstructie. Een brandcompartiment mag in principe instorten zolang de brand maar niet overslaat naar andere compartimenten (of gebouwen). De gevel ondervindt evenmin nadelige gevolgen, indien de hal op voldoende afstand van de perceelsgrens staat.



METHODE 'BRANDVEILIGHEID OPSLAGLOODSEN'

De methode 'Brandveiligheid opslagloodsen' is een richtlijn van de gemeente Rotterdam, die wordt gebruikt naast de methode 'beheersbaarheid van brand'. Met de richtlijn zijn compartimentsgrootten te bepalen binnen gebouwen voor opslag van handelsgoederen, met uitzondering van gevaarlijke stoffen, bestrijdingsmiddelen en afvalstoffen. De richtlijn staat de volgende compartimentsgrootten toe:

- ▶ tot 2500 m², onder de volgende algemene voorwaarden:
 - het gebouw is rondom bereikbaar voor brandweervoertuigen;
 - de afstand tot de perceelsgrens is groter dan de hoogte van de hal óf de gevels zijn 30 minuten brandwerend;
 - de afstand tussen gebouwen is groter dan de som van de hoogten van de hallen óf de gevels zijn 30 minuten brandwerend;
 - er zijn voldoende brandweeringangen, brandslanghaspels binnen en brandkranen buiten het gebouw aangebracht;
 - de maximale vluchtafstand vanuit elk punt in de hal bedraagt 40 m ('vogelvlucht');
 - de hal is over de smalste zijde maximaal 40 m diep (in verband met brandbestrijding vanbuitenaf);
 - hallen worden uitsluitend aan de korte gebouwzijde (met een wbdbo van 60 minuten) aan elkaar gebouwd.
- ▶ 2500 tot 5000 m² onder de eerdergenoemde algemene voorwaarden én indien er een brandmeldinstallatie wordt toegepast.
Een rook- en warmteafvoerinstallatie is alleen vereist als een bluspoging van de brandweer wordt verlangd. Indien de afstand tot de erfgrans onvoldoende is, moeten gevels 90 minuten en de brandscheidingen 120 minuten brandwerend zijn.
- ▶ 5000 tot 10000 m² onder de algemene voorwaarden én door het toepassen van een sprinklerinstallatie. Afwijkend van algemene voorwaarden mogen hallen ook aan de lange zijde worden geschakeld (60 minuten wbdbo) en op 4,5 m van de erfgrans worden gebouwd.

ONBEKLEDE STAALCONSTRUCTIES

Natuurlijk kunnen staalconstructies in hallen onbekleed blijven als er geen brandveiligheidseisen gelden. Als er wél eisen zijn, kan dat ook. Twee belangrijke mogelijkheden voor een onbeklede, brandveilige staalconstructie zijn:



OVERDIMENSIONEREN

Een brandwerendheid van 30 minuten is mogelijk door 'overdimensioneren': door de relatief lage belastingen bij brand in verhouding tot de opneembare belastingen bij normale temperaturen. Overdimensioneren doet zich automatisch voor bij stabiliteitsverbanden. Stabiliteitsverbanden zijn gedimensioneerd op extreme windbelastingen. Hiervan wordt bij brand slechts 13% in rekening gebracht volgens NEN 6702. Bovendien wordt bij brand geen sneeuw- en waterbelasting in rekening gebracht en gelden er lagere belastingfactoren. Na 30 minuten brand is het staal nog sterk genoeg om de inmiddels gereduceerde krachten op te nemen.

Stabiliteitsverbanden zijn voor het belastinggeval brand automatisch overgedimensioneerd. Daarom blijven ze doorgaans onbeschermd bij een brandwerendheidseis van 30 minuten.

Ook dakliggers en -kolommen van hallen blijken soms zodanig 'overgedimensioneerd', dat ze 30 minuten brandwerendheid zijn. Als dit niet zo is, kan het toepassen van staal met een hogere sterkte en (zo mogelijk) van doorgaande liggers en kolommen uitkomst bieden. Met deze maatregelen komt de kritieke staaltemperatuur namelijk hoger te liggen. Een alternatieve maatregel is het gebruik van meer massieve profielen, die minder snel opwarmen. Een handzame methode (met grafieken) voor deze constructieve oplossingen is te vinden in het vaktijdschrift *Bouwen met Staal* 146 (p.51 en 52).

SPRINKLERS Sprinklers maken grote brandcompartimenten mogelijk. Een sprinklerinstallatie blust de brand namelijk in een vroeg stadium. Hierdoor blijven de uitbreiding van brand en de brandschade beperkt. De brandtemperaturen zijn relatief laag; de staaltemperatuur wordt niet hoger dan 200 °C. Bezwijken van de (hoofd)draagconstructie is dan niet aan de orde en eventuele brandschade is snel en tegen betrekkelijk geringe kosten te herstellen. Daarom blijven staalconstructies doorgaans onbekleed bij een sprinklerinstallatie.



LITERATUUR

- ▶ *Bouwbesluit 1992*: Besluit houdende technische voorschriften omtrent het bouwen van bouwwerken en de staat van bestaande bouwwerken (Bouwbesluit) (Stb. 1991, 680), inclusief wijzigingen, gepubliceerd in Staatsblad 1994, 829, Staatsblad 1995, 295, Staatsblad 1996, 444 en Staatsblad 1997, 34.
- ▶ *Bouwbesluit 2002*: Besluit van 7 augustus 2001, houdende vaststelling van voorschriften met betrekking tot het bouwen van bouwwerken uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu (Bouwbesluit) (Stb. 2001, 410).
- ▶ *Bouwbesluit 2003*: Besluit van 7 augustus 2001, houdende vaststelling van voorschriften met betrekking tot het bouwen van bouwwerken uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu (Bouwbesluit). (Stb. 2001, 410 met wijzigingen in Stb. 2002, 203, Stb. 2002, 516, Stb. 2002, 518. De actuele versie is te vinden op de internetsite www.vrom.nl
- ▶ *NEN 6068*, Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten, 2004
- ▶ *NEN 6072*, Rekenkundige bepaling van de brandwerendheid van bouwdeelen - Staalconstructies, 1991; met aanvullingsblad A2, 2004
- ▶ *NEN 6702*, TGB 1990 - Belastingen en vervormingen), 2005
- ▶ C.D.J. Cieraad, *Brandbeveiligingsconcept Beheersbaarheid van brand*, Ministerie van Binnenlandse Zaken, Den Haag 1995.
- ▶ *Richtlijn brandpreventie van loodsen voor de opslag van koopmansgoederen*, Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, 2001.
- ▶ R. Hamerlinck, N.P.M. Scholten, L. Twilt en T. Nicolai, *(ON)Begrippen Bouwbesluit. Vragen en antwoorden over brandveiligheid van staalconstructies*, Sbl-rapport 97.005, Staalbouw Instituut, Rotterdam 1997.
- ▶ A.F. Hamerlinck, N.P.M. Scholten en L. Twilt, *Bouwbesluit staat meer toe dan men denkt*, Bouwen met Staal 134, p. 16-23.
- ▶ A.F. Hamerlinck, N.P.M. Scholten en L. Twilt, *Bouwbesluit staat meer toe dan men denkt (2)*, Bouwen met Staal 135, p. 27.
- ▶ A.F. Hamerlinck, *Hallen 30 minuten brandwerend met onbeschermd staal*, Bouwen met Staal 146, p. 46-52.
- ▶ A.F. Hamerlinck, F.P.H. Jakobs en J.T. Koudijs, *Beheersbaarheid van brand bij hallen*, Bouwen met Staal 150, p. 66-73.
- ▶ V.M.J.M. van Gorp en H.J.P. van Stipdonk, *Slimme nok*, Bouwen met Staal 139, p. 40-41.
- ▶ L.M.H. Vaessen, *Slimme nok (2)*, Bouwen met Staal 150, p. 20-21.
- ▶ A.F. Hamerlinck en F.G. van Wagenveld, *Slimme nok (3)*, Bouwen met Staal 153, p. 54-56.
- ▶ E.W. Janse, P.H.E. van de Leur en G. van den Berg, *Brandoverslag bij industriehallen*, TNO Bouw rapport 1999-CVB-R1919, Rijswijk 2000.
- ▶ F.T.M. van Dam, A.F. Hamerlinck, J.G. Kraus en J. Sterk, *Compartimenteren met brandwanden! Maar hoe?*, Bouwen met Staal 158, p. 34-39.
- ▶ N.J. van Oerle en A.F. Hamerlinck, *Nieuwe NEN 6068 geeft meer ruimte*, Bouwen met Staal 181, p. 14-17.
- ▶ A.F. Hamerlinck, *Brandveiligheid van Staalconstructies*, hoofdstuk 4.2, *Handboek Staalbouw in de Praktijk*, Weka, 1999.
- ▶ A.F. Hamerlinck en L. Twilt, hoofdstukken brandveiligheid in *(Over)Spannend staal*, Bouwen met Staal, Zoetermeer.
- ▶ *Brandveiligheid van Staalconstructies*, bundel artikelen uit Bouwen met Staal, Bouwen met Staal, Zoetermeer 2005.

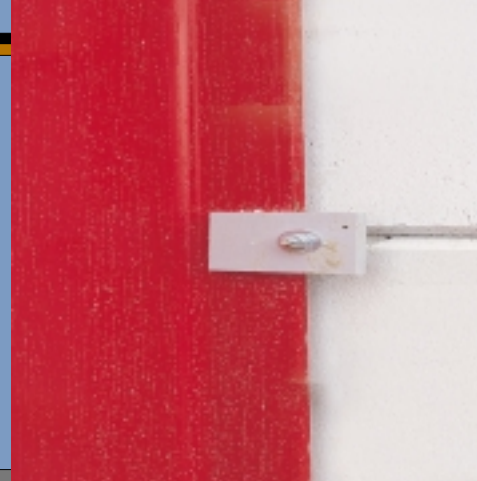
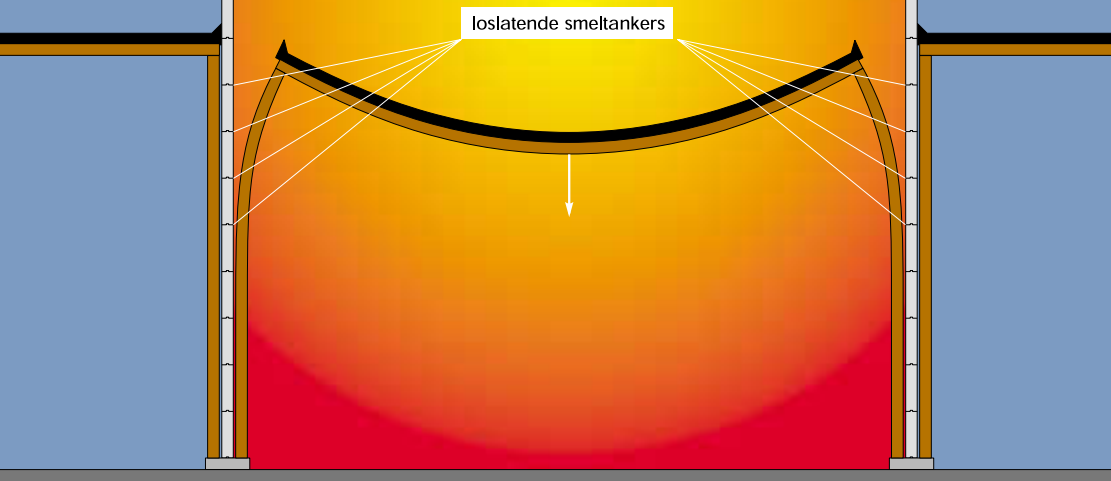


Bedrijfscomplex Vogelenzang-Votex, Heteren

Dit bedrijfscomplex beantwoordt niet alleen aan de functionele verwachtingen van Vogelenzang-Votex, producent van onder meer landbouwmachines en heftrucks. Ook aan strenge esthetische voorwaarden van de gemeente Heteren wordt voldaan.

Ondanks de enorme afmetingen vormt het complex een luchtige, open verschijning die past bij zijn locatie op de hoek van de toegangsweg vanaf de A50 naar Heteren. De structureel beglaasde showroom en twee kantoorvleugels met gevels van wit metselwerk vormen de uitnodigende voorzijde van het complex en fungeren tegelijkertijd als transparante entree van Heteren. Het complex verwijst door naar de achterliggende bebouwde kom, door vanaf de voorzijde trapsgewijs in hoogte op te lopen. Showroom en kantoren zijn 7 m hoog. Tot 10 m reikt het centrale hallencomplex, met aparte ruimten voor fabricage, montage en coaten. De afsluitende opslag- en expeditiehal komt uit op 14 m. Door deze hoogtesprongen zijn de plattegronden bovendien op de maat ingedeeld. De circa dertien verschillende bedrijfsdisciplines van Vogelenzang-Votex beschikken over hun eigen specifieke ruimte.

CONSTRUCTIE De draagconstructie van het complex is een staalskelet met funderingen en vloeren van gewapend beton. Als stramienmaat is 5000 mm aangehouden: de meest rendabele overspanning voor de horizontaal gemonteerde sandwichpanelen van de gevels en het platte dak. De sandwichpanelen bestaan uit een stalen binnen- en buitenplaat met een kern van PIR. De dakpanelen zijn voorzien van twee lagen dakbedekking. De keuze voor een stalen draagconstructie berust vooral op economische gronden. Daarnaast weegt de zeer korte bouwtijd mee: in één jaar is 18.500 m² bebouwd, inclusief grondwerk. Ook zijn met staal de vereiste afzonderlijke constructies per bedrijfsruimte.



▲ De werking van smeltankers bij brand.

BRANDWAND Een enkele brandwand van 150 mm cellenbeton met smeltankers aan twee afzonderlijke staalconstructies (een 'dubbele constructie') kan voldoen aan wdbbo-eisen tot 360 minuten. Dit blijkt uit laboratoriumproeven, onder meer bij het Centrum voor Brandveiligheid TNO. Hierbij zijn de werking bij brand én de sterkte van het complete anker (kunststof plaat en boutverbinding) getest.

▲ Detail enkele brandwand met smeltanker aan staalconstructie

BRANDVELIGHEID

Als functionele én brand-scheiding van en tussen de verschillende hallen dienen enkele brandwanden van 150 mm dik cellenbeton. Elke wand is via smeltankers verbonden aan twee afzonderlijke staalconstructies, één aan elke zijde van de wand. Onder normale omstandigheden (én temperaturen) zorgen de ankers voor het zijdelings afsteunen van de wand op de staalconstructie en



voor doorvoer van eventuele horizontale (wind)belastingen uit het dak. Bij brand verweken de kunststof ankerplaten van de brandwanden al bij 90 °C. Aan de brandzijde van de wand nemen ze dan geen trekkrachten meer op en de staalconstructie aan deze zijde komt 'los' te staan. De staalconstructie aan de niet-verhitte zijde blijft de wand wel zijdelings steunen. Immers, aan deze zijde smelten de ankers niet. De brandwand én de staalconstructie aan de niet-verhitte zijde blijven dus intact. De staalconstructie in het brandende compartiment kan vervormen en eventueel bezwijken zónder de constructie in het naastgelegen 'koele' compartiment mee te trekken.

Alle compartimenten voldoen aan een wdbbo-eis van 60 minuten. De compartimentgrootten variëren van 300 tot 3.250 m². Dat zijn de gewenste afmetingen voor de verschillende bedrijfsactiviteiten. Op basis van de methode 'Beheersbaarheid van brand' voldoen brandcompartimenten tot 3.250 m² gezien de (geringe) vuurbelasting. De dubbele staalconstructies zijn – vanwege hun onafhankelijkheid tijdens brand – onbeschermde gebleven.

VOOR MEER INFORMATIE

► *Bouwen met Staal* 158, p. 34–39, 'Compartimenteren met brandwanden! Maar hoe?'

PROJECTGEGEVENS

- *Locatie* Poort van Midden Gelderland Groen, Heteren
- *Opdracht* Vogelenzang-Votex, Heteren
- *Architectuur* Bureau J.J. Vermeulen vof, Veenendaal
- *Constructief advies* Ingenieursbureau Van Roekel & Van Roekel, Rhenen
- *Advies brandveiligheid (compartimenten)* Adviesburo Van Hooft te Rijkevoort
- *Hoofduitvoering en staalconstructies* Staalconstructiebedrijf H.H. Hardeman, Veenendaal
- *Brandwanden* Hebel cellenbeton, Zaltbommel
- *Fotografie* Moolenaar Fotografie, Den Haag, en Hebel cellenbeton, Zoeterwoude (foto's rechtsboven)



Bedrijfshal Ravenswade, Nieuwegein

Na een inpassende verbouwing is bedrijfshal Ravenswade begonnen aan een (brandveilig) tweede leven. De bestaande hal is gesplitst in drie brandcompartimenten. In elk compartiment zit bij de voorgevel een tussenvloer voor kantoorruimten, variërend van 86–137 m².

CONSTRUCTIE De staalconstructie van de hal is opgebouwd uit kolommen, in een stramien van 5x15 m. Over de kolommen lopen de primaire IPE330 dakliggers, met een overspanning van 15 m. Op deze liggers rusten de secundaire dakliggers (IPE120 of HE120A) die de stalen dakplaten dragen. De dakplaten verzorgen de stabiliteit in het dakvlak. In de gevels staan verticale windbokken – gemaakt van hoekstalen 80x80x8 – voor afdracht van de horizontale belastingen uit het dakvlak naar de fundering.

BRANDVEILIGHEID Vanwege de verbouwing stelde de brandweer Nieuwegein een eis van 30 minuten brandwerendheid aan de verdiepingvloeren van de kantoren. Hieraan is voldaan door een brandwerende bekleding van de vloerconstructie. Een eis van 30 minuten brandwerendheid is gesteld aan de wanden tussen de brandcompartimenten in de hal (elk kleiner dan 2.500 m²) en aan de hoofddraagconstructie. Aan de 30 minuten eis voldoen compartimenteringswanden van kalkzandsteen met de bijbehorende stalen kolommen. Als alternatief voor een 30 minuten brandwerende hoofddraagconstructie, stelde de brandweer Nieuwegein een rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA) voor, in combinatie met een brandmeldinstallatie: voor een mogelijke binnenaanval bij een (beperkte) brand, uit het oogpunt van schadebeperking. Veel, nieuwgebouwde bedrijfsgebouwen in Nieuwegein zijn toegerust met een RWA. Maar bij de bestaande hal Ravenswade zou zo'n installatietechnische maatregel forse bouwkundige aanpassingen en extra kosten vergen. De RWA en daarmee het 'concept binnenaanval' zijn overbodig dankzij slim construeren. Uit brandberekeningen volgens een standaard brand volgt 30 minuten brandwerendheid van de kolommen en de secundaire dakliggers. De primaire dakliggers zijn afzonderlijk 15 minuten brandwerend, maar in hun constructieve samenhang 23 minuten.

KETTINGLIJN Door de membraan- of zeilwerking bij een kettinglijn kan een hogere constructieve brandwerendheid ontstaan. Het mechanisme is het meest reëel bij een beperkte brand, maar werkt ook bij een volledige brand in een volledig compartiment. Bij Ravenswade is rekening gehouden met een forse brand in een compleet stramien: zo'n 600 m², gezien in dwarsrichting van de primaire dakliggers. Ook dan is stabiliteit van de gehele draagconstructie gegarandeerd. Op strategische plaatsen in de gevels zijn bokken bijgeplaatst om de spatkrachten bij een willekeurig plek van de brand én bij het uitvallen van een windbok af te voeren naar de fundering.



De secundaire liggers en dakplaten kunnen vanwege hun brandwerendheid namelijk fungeren als (kip)steunen voor de primaire liggers. Om tóch te voldoen aan de 30 minuten eis, is bij verdere berekening een ander bezwijkmechanisme dan dat van buigende momenten gevolgd: de kettinglijn. De kettinglijn schetst een realistisch scenario van het bezwijken van een draagconstructie; regelmatig waargenomen bij brand in hallen. De dakplaten bezwijken als eerste en gaan als membranen tussen de liggers hangen. Daarna bezwijken de liggers en gaan als kettinglijnen over de kolommen hangen. Het dakvlak behoudt echter zijn samenhang en blijft aan de bovenzijde van de kolommen fungeren als kniksteun voor de kolom. In het dak treedt alleen een horizontale spatkracht op. De dakvlakken ('windliggers') werken als horizontale schijf voor afvoer van deze spatkracht uit maximaal twee naast elkaar gelegen liggers naar de verticale windbokken; soms in andere compartimenten. Hierdoor blijft de stalen draagconstructie van de hal stabiel gedurende 30 minuten brand in één van de compartimenten. Voorwaarde voor de kettinglijn is dat de kolommen (als eindopleggingen) blijven staan; altijd horizontaal gesteund door de liggers.

PROJECTGEGEVENS

- *Locatie* Ravenswade
58–66, Industrieterrein Laag
Raven, Nieuwegein
- *Opdracht* Shell
Pensioenfonds Beheer, Den
Haag
- *Architectuur* KPD Architecten &
Ingenieurs, Oegstgeest
- *Constructief advies* D3BN
Raadgevende ingenieurs,
Den Haag
- *Advies brandveiligheid* D3BN
Raadgevende ingenieurs,
Den Haag, en Adviesbureau
Hamerlinck, Roosendaal
- *Staalconstructies* Jacobson &
Widmark Nederland
- *Fotografie* Hans Moolenaar,
Den Haag.



Fabriekshallen Holec, Hengelo

Niet voor niets wonnen de drie fabriekshallen van Holec Hengelo de Nationale Staalprijs 2000 in de categorie Industriebouw. De staalconstructies, kraanbanen en energie-, luchtbehandelings- en sprinklerinstallaties zijn namelijk in samenhang en gelijktijdig ontworpen. Het eindresultaat: ruime, vrij indeelbare en aanpasbare gebouwen.

In de hallen assembleert Holec elektrische schakelkasten met behulp van hangende kranen die vrij moeten bewegen. Daarom is elke hal – met gemiddeld 22.000 m² vloeroppervlak – opgedeeld in kolomvrije modules van 22x25 m. De modules zijn gescheiden door een 3,6 m breed gootstramien. Binnen de kolomvrije ruimten zijn aanpassingen in het productieproces probleemloos door te voeren. Bovendien is elke hal met eenderde uit te breiden, zonder dat de architectuur daar onder lijdt. Tegen de gevels in de hal zijn tweelaagse kantoren bij te plaatsen: er zitten al horizontale raamstroken in. Verticale glaspuien bieden van buitenaf zicht op de ruimtelijke plattegronden en de bijzondere constructie.

CONSTRUCTIE De kolommen – voor de stabiliteit ingeklemd in de fundering – dragen 25 m lange vakwerkliggers in langsrichting met daarop de dakliggers in dwarsrichting. Vanwege de grote overspanningen en de hoge kraanlasten was een forse constructiehoogte nodig. Daarom zijn onderspannen, deels getoogde liggers toegepast. Ze bieden binnen de constructiehoogte maximale ruimte aan de installaties en zien er bovendien licht en transparant uit. Bijpassend licht en slank zijn de gietstalen knooppunten bij de dakliggers. Ze komen in twee typen, elk 1.200 keer, voor. Eén type zit aan de uiteinden van de dakligger, waar trekstang en bovenregel samenkomen. Het andere zit in de onderrand van de ligger voor onderlinge aansluiting van de trekstangen én aan de verticale drukstijl.

BRANDVELIGHEID In beginsel moeten grote hallen – zoals die van Holec, met vloeroppervlakten van 26.500, 26.000 en 13.000 m² – worden opgedeeld in brandcompartimenten van maximaal 1.000 m². Voor de scheidingen tussen de compartimenten geldt dan – bij éénlaagse hallen – doorgaans een eis van 30 minuten wdbdo.



SPRINKLERS Sprinklers zijn snelle brandblussers. Ze blussen de brand in een zeer vroeg stadium en helpen zo mee om branduitbreiding te voorkomen en brandschade te beperken. Bovendien verminderen ze de totale rookontwikkeling gedurende het brandproces, waardoor rookscheidingen – mede gezien de korte vluchtafstanden en grote hoogten van de hallen – kunnen vervallen. Het risico op persoonlijk letsel – door rook of brand – voor eventueel aanwezige personen in de hal is hierdoor minimaal. Vooral bij grote complexen is een sprinklerinstallatie ook in financieel opzicht een waardevolle investering. De vaste kosten van de installatie zijn te verdelen over veel vierkante meters. De kosten van onderhoud en periodieke inspectie zijn beperkt en verzekeringsmaatschappijen zijn bereid tot fikse kortingen op de brandverzekering als er een sprinklerinstallatie aanwezig is.

▲ Dankzij een sprinklerinstallatie blijven compartimenteringswanden in de hallen van Holec achterwege.

Toch zijn compartimenten in de hallen van Holec achterwege gebleven, zoals gewenst vanuit het oogpunt van bedrijfsvoering. Op basis van gelijkwaardigheid zijn de compartimenteringseis en de wddbo-eis komen te vervallen, vanwege de geringe permanente vuurbelasting en een automatische sprinklerinstallatie. Bovendien bedraagt de vluchtafstand vanuit elk punt van de hal tot de uitgangen maximaal 30 m. Hierdoor is er geen brandwerendheidseis gesteld aan de stalen draagconstructie, gevels en daken. De constructie is dan ook onbeschermd uitgevoerd.



PROJECTGEGEVENS

- Locatie Europalaan 202, Hengelo
- Opdracht Holec, Hengelo
- Architectuur Tuns + Horsting Architecten, Hengelo
- Constructief ontwerp Schreuders Bouwtechniek, Hengelo
- Hoofduitvoering Combinatie Hegeman Goossen vof, Almelo
- Staalconstructie Romein Staalbouw, Roosendaal
- Fotografie Cees Zandstra, Enschede

VOOR MEER INFORMATIE

- *Bouwen met Staal* 153, p. 36–40, 'Grote repetitie maakt gietstalen knopen goedkoop'.



Bedrijfsgebouw Transeuro Nijman, Rotterdam

In twee opzichten bezit het gebouw van verhuisbedrijf Transeuro Nijman een hoge attentiewaarde. Met zijn stemmig metallic grijze gevels en brandweerrode raatliggers vervult het robuuste gebouw een poortfunctie op de kop van het langgerekte industrieterrein Noordwest in Rotterdam. De gestaalde perfectie van het exterieur staat model voor de activiteiten in het interieur: het zorgvuldig opslaan en beheren van inboedels van mensen die lang in het buitenland verblijven.

Het gebouw bestaat uit drie onderling verbonden volumes. Wie vanaf de openbare weg het industrieterrein opgaat, maakt direct kennis met een vriendelijke reus: de 25 m hoge hal, met daarin ruim 800 stalen opslagcontainers. De 10 m hoge expeditieruimte – voor aan- en afvoer van de containers – vormt het verbindend element tussen de hoge hal en het 10 m hoog opslagmagazijn en het drielaags kantoorgebouw.

CONSTRUCTIE De rode raatliggers zijn de ornamentale onderdelen van de dragende portaalconstructies van containeropslaghal en expeditieruimte. Bij de wanden staan de raatliggers – als kolommen – aan de buitenzijde. Via rvs boutverbindingen zitten de gevels van stalen sandwichpanelen vast aan de kolommen. Bij het dak zitten de raatliggers aan de binnenzijde. De portalen staan op een stramien van 5700 mm en zijn in dwarsrichting stabiel. Voor stabiliteit in langsrichting zorgen dunne verbanden van UNP 80 en UNP 160 profielen. De structuur van gevelvlakken, geleed door raatliggers op eenzelfde stramien, is doorgezet bij het kantoor. De raatliggers vervullen hier echter alleen een esthetische functie. Het kantoor is opgebouwd uit HE-kolommen en dak- en verdiepingvloeren van kanaalplaten op THQ-liggers, rond een stalen kern.

EXTERN STAAL Eén deel van de hoofddraagconstructie van de hallen – de raatliggers buiten – zijn zonder bescherming voldoende brandwerend. Bij brand werken de dichte, geïsoleerde gevels en daken als een hittescherm voor de raatliggers. De liggers warmen veel minder snel op en koelen af aan de buitenlucht. Het staal bereikt zijn kritieke (bezwijk)temperatuur niet.



Oók bij geheel of gedeeltelijk beglaasde gevels en daken behoudt een externe staalconstructie langer zijn draagvermogen. Voor het verhogen van de brandwerendheid zonder brandwerende bekleding zijn er diverse constructieve opties. Zoals: overdimensioneren, het kiezen van een hogere staalsoort (bijvoorbeeld S355 in plaats van S235), het toepassen van een doorgaande ligger in plaats van een ingehangen ligger, en het inklemmen van de kolomvoet in de fundering. Een beschrijving met voorbeelden staat in *Bouwen met Staal* 146, p. 49–52.

BRANDVEILIGHEID

De expeditieruimte en de containeropslaghal zijn beide uitgevoerd als één brandcompartiment. De scheiding tussen beide gebouwdelen voldoet aan de wdbbo-eis van 60 minuten. Daartoe is het staalskelet opgenomen tussen brandwerende beplating. De beplating loopt door tot boven het dak van de lagere expeditieruimte om brandoverslag bovendaks tegen te gaan. Bovendien zit bij het lage dak 80 mm minerale wol tussen de stalen dakplaat en de dakbedekking. Aan de hoofddraagconstructies van beide hallen zijn geen brandwerendheidseisen gesteld. Ook bij hoge hallen geeft het Bouwbesluit geen eis als het hoogteverschil tussen de hoogste vloer en het aansluitende terrein kleiner is dan 5 m. In de beide hallen is overigens geen tussenvloer aanwezig. Bovendien is de vuurbelasting zeer laag. Zowel de constructiematerialen (staal en beton) als de inventaris (stalen containers) zijn onbrandbaar. De totale vuurbelasting is niet groter dan zo'n 10 kg vurenhout per m². Dat komt overeen met 10 minuten standaard brand. Een stalen draagconstructie bezit – onbeschermd – al een brandwerendheid van 15 tot 20 minuten. Bij een brand van 10 minuten bestaat er dan ook geen gevaar op bezwijken van de constructie. Vooraf is de zorg over een brand in de opslaghal weggenomen. Door de dichte opeenstapeling van containers, zou een binnenbrand niet bereikbaar zijn voor de brandweer. Een TNO divisie proef heeft aangetoond dat als de brandbare inhoud van de containers vlam vat, er geen kans bestaat op branddoorslag via de dunne stalen containerhuid en brandoverslag naar de naburige containers. Als de containerdeur dicht gaat, dooft het vuur namelijk onmiddellijk door een gebrek aan zuurstof.



PROJECTGEGEVENS

- Locatie Sevilaweg 20, industrieterrein Noordwest, Rotterdam
- Opdracht Transeuro Nijman, Rotterdam
- Architectuur ir. P. van Drongelen en ir. M. van Drongelen-van der Wolk, Ouderkerk aan den IJssel
- Constructief ontwerp Ingenieursburo Bartels, Utrecht
- Advies brandveiligheid en bouwfysica Adviesbureau Nieman, Utrecht
- Hoofduitvoering Dura Bouw, Rotterdam
- Staalconstructies Romein Staalbouw, Roosendaal
- Fotografie Tom de Rooij Vakfotografie, Moordrecht, en CvE Photo Profs, Delft (foto linksboven)

VOOR MEER INFORMATIE

- *Bouwen met Staal* 163, p.18–23, 'Industriële perfectie als visitekaartje verhuisbedrijf.'



Bedrijfsgebouw Scholtens, Sittard

Dankzij een grootschalige uitbreiding beschikt de firma Scholtens nu over een multifunctioneel distributiecentrum voor ontvangst, opslag, orderverwerking en verzending van boeken, tijdschriften en aanverwante artikelen naar onder meer boekhandels en scholen.

Aan het bestaande bedrijfsgebouw van 5.600 m² zijn drie nieuwe gebouwdelen toegevoegd. Het betreft een 13 m hoog bulkmagazijn van zo'n 2.400 m², een uitbreiding van de expeditieruimte met zo'n 560 m², en een uitbreiding van de productieruimte met ruim 2.700 m² tot in totaal 5.200 m², bestemd voor tijdelijke opslag van titels en verwerking van orders.

CONSTRUCTIE Passend bij de bestaande situatie zijn alle onderdelen van de uitbreiding uitgevoerd als staalskelet met betonnen vloeren. De stalen daken zijn geïsoleerd met 120 mm minerale wol en voorzien van vezelversterkte bitumineuze dakbedekking. De gesloten geveldelen zijn opgebouwd uit geïsoleerde stalen sandwichpanelen op een betonnen plint.

BRANDVEELIGHEID Bij de uitbreiding is een maximale compartimentsgrootte van 1.000 m² geëist. Brandscheidingen in de bedrijfsruimten vormen echter obstakels in het logistieke proces bij Scholtens. Met behulp van de methode 'Beheersbaarheid van brand' zijn gelijkwaardige brandveiligheidsoplossingen gevonden.

DIMENSIONEREN OP BRAND Voor twee gevels van het hoogbouwmagazijn gold aanvankelijk een wdbdo-eis van 240 minuten, vanwege de beperkte afstand van de hoogbouw tot de erfscheiding (op 3 m). In overleg met de brandweer is deze eis verlaagd naar 60 minuten. Dit resulteert in een brandwerendheids-eis van 30 minuten voor de gevel en achterliggende constructie. Aan deze eis is voldaan door de gehele stalen draagconstructie zó te dimensioneren dat de stabiliteit tijdens 30 minuten brand gewaarborgd is. De constructie blijft staan en het dak blijft de gevels steunen. Deze oplossing vormt de logische uitwerking van het eerdere idee om de kolommen – vanwege de hoogte van de gevels – over te dimensioneren. Dit is een alternatief voor het 30 minuten brandwerend bekleden van de kolommen én het inklemmen van de kolomvoeten in de fundering voor opname van voermomenten. Deze voermomenten – aanzienlijk vanwege de gevelhoogte – worden nu opgenomen door de overgedimensioneerde staalconstructie.

▼ De productieruimte met brandmeldinstallatie en rookluiken.

▼ Het hoogbouwmagazijn met sprinklers en brandwand.



In de productieruimte (5.200 m²) bedraagt de gemiddelde vuurbelasting zo'n 60 kg vuren hout per m². Hiermee correspondeert de eis van 60 minuten wdbdo. De scheidingen tussen de productieruimte en andere compartimenten voldoen hieraan. De productieruimte zelf is uitgevoerd als één brandcompartiment, omdat een binnenaanval door de brandweer mogelijk is. Hiertoe is een brandmeldinstallatie toegepast, met volledige bewaking en directe doormelding aan de brandweer. Daarnaast zijn rookluiken in het dak aangebracht. Deze rook- en warmteafvoerinstallatie zorgt ervoor dat de brandweer op elke plek van het compartiment de brand snel kan bereiken en beheersen. Door de rookluiken zijn de eis van maximaal twee verbindingen met aangrenzende compartimenten én de eis van de maximale vluchtafstand vervallen.

In het hoogbouwmagazijn (2.400 m²) zorgt de inventaris – grote hoeveelheden gedrukt papier op houten pallets in magazijnstellingen – voor een extreem hoge vuurbelasting: 800 kg vuren hout per m². Toch zijn inpandige brandwanden achterwege gebleven. Dat kon (uitsluitend) door een gecertificeerde, automatische sprinklerinstallatie toe te passen: een zogeheten ESFR (Early Suppression Fast Response) installatie, waardoor sprinklerkoppen in de magazijnstellingen overbodig zijn. De scheiding tussen het hoogbouwmagazijn en de expeditieruimte is een brandwand van 150 mm dik cellenbeton (goed voor 240 minuten brandwerendheid). De wand is met smeltankers gekoppeld aan de kolommen van de twee afzonderlijke, geschoorde staalconstructies. Om brandoverslag bovendaks te voorkomen, steekt de wand zo'n 2,5 m uit boven het dak van de lagere expeditieruimte.

PROJECTGEGEVENS

- *Locatie* Nusterweg 61, Sittard
- *Opdracht* Fa. Scholtens, Sittard
- *Architectuur* Architectenburo Vunderink, Bilthoven
- *Constructief ontwerp* Adviesbureau voor gewapende beton- en staalkonstrukties J.J. Datema, Woudenberg
- *Advies brandveiligheid* Adviesbureau Hamerlinck, Roosendaal
- *Hoofduitvoering* Bouwmaatschappij Wijnen Someren, Someren
- *Staalconstructie* Sim Staalindustrie, Bergeijk
- *Fotografie* Moolenaar Fotografie, Den Haag



Bedrijfshallen Lukkien Digital Studios, Ede

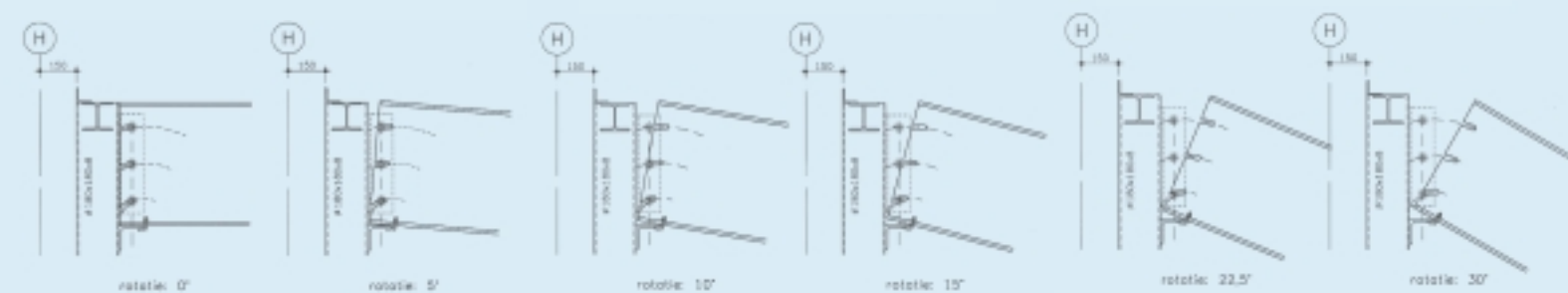
Lukkien Digital Studios kan van alles: het produceren van DVD's, het bouwen van websites, de fotografie van producten of opnamen van radio- en tv-commercials. Naast het vijfde verdiepingse kantoorgebouw van 4.150 m² beschikt het mediabedrijf namelijk over twee tweelaagse hallen met gemiddeld 2.350 m². Opnamestudio's met voldoende ruimte voor het bouwen van grote sets.

Het ruim 18 m hoge kantoorgebouw bevat onder meer ruimten voor vergaderen, geluidsopnamen, videoprojectie en installatietechniek. Alle ruimten zijn verdeeld over de verdiepingen en liggen rondom de kern met lift, trappenhuis, entree en daarboven kantoorlobby's en gangen. Naast het kantoor liggen aan elkaar de twee studio's: een hal van 40x50 m² met een verdiepingvloer van 530 m² en een tweede hal van 4,7x50 m met 1985 m² tussenvloer. De hallen zijn onderling bereikbaar via een brandwerende schuifdeur in de scheidingswand.

CONSTRUCTIE Het kantoorgebouw is opgebouwd uit prefab betonelementen met kanaalplaatvloeren. De hallen hebben beide een stalen draagconstructie, met schoren in twee richtingen. De vloeren van begane grond en verdieping zijn 260 mm dikke kanaalplaatvloeren met 60 mm druklaag. Op de stalen dakconstructie liggen stalen dakplaten met daarop een dampremmende folie, steenwol en bitumineuze dakbedekking.

BRANDVEILIGHEID De scheidingswand tussen de hallen is een 150 mm dikke gasbetonwand, goed voor de vereiste 30 minuten brandwerendheid. Deze 30 minuten eis geldt ook voor de staalconstructie onder de verdiepingvloeren. Hiertoe zijn de IPE/HEA-kolommen overgedimensioneerd en de kokerkolommen gevuld met beton. Brandwerende bekleding is aangebracht op de liggers, die niet in de vloer zijn geïntegreerd. Aanvankelijk voorzag het ontwerp in geïntegreerde liggers. Onder meer vanwege de toereikende vrije ruimte, zijn 'gewone' liggers toegepast. Tussen hal en kantoor geldt een eis van 60 minuten wdbbo, vanwege de beperkte afstand tussen deze verschillende functies en uit het oogpunt van schadebeperking. Volgens het Bouwbesluit resulteert 60 minuten wdbbo in een eis van 30 minuten brandwerendheid voor de gevel van de hal, ter plaatse van het kantoor, én voor de geveldragende staalconstructie. Aan deze eis is voldaan door de kokervormige gevelkolommen van de hal te vullen met gewapend beton. De kolommen zijn doorgaand uitgevoerd: ze lopen van de begane grondvloer tot aan het dak.





KANTELNOK De kantelnok is onder meer toegepast om dubbele kolommen bij de brandscheiding tussen hal en kantoor te voorkomen. Gekozen is voor een enkele rij kolommen met een enkele gevel, waardoor er meer netto vloeroppervlak overblijft. De kolommen maken echter wel deel uit van de brandscheiding en moeten een brandwerende bekleding krijgen. De kantelnok is een slim constructiedetail dat brandwerende bekleding van de (gehele) staalconstructie kan voorkomen. De nok van Lukkien is vooral ontworpen voor de afdracht van windbelasting. Het ontwerp borduurt voort op eerdere, al of niet uitgevoerde varianten van de kantelnok. Ze zijn gepubliceerd in *Bouwen met Staal*. Het principe van de nok stoelt op een logische analyse van het bezwijkproces van een staalconstructie.

VOOR MEER INFORMATIE

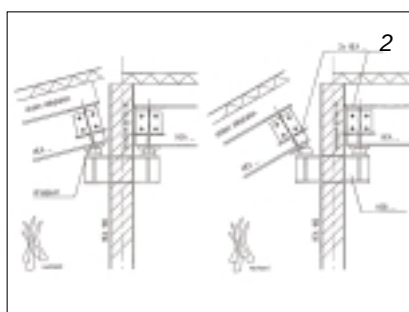
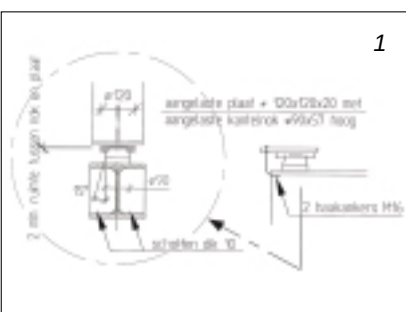
- ▶ *Bouwen met Staal* 139, p. 40–41, 'Slimme nok 1';
- ▶ *Bouwen met Staal* 150, p. 20–21, 'Slimme nok 2';
- ▶ *Bouwen met Staal* 153, p. 54–56, 'Slimme nok 3'.



▲ De werking van kantelnok van Lukkien.

▲ De kantelnok van Lukkien.

De dakligger rust op een kantelnok: een uitstekend hoekstaal, gelast aan de kolomkop en geborgd door een kikkerplaat. De kopse kant van de dakligger zit opgesloten tussen geboute stalen lijfplaten, die zijn vastgelast op de kolom. Hierdoor zijn de krachten uit het horizontale dakverband over te brengen naar de verticale verbanden in de gevel. De cirkelvormige sleuvgaten in het lijf van de ligger nemen de windzuiging op het dak of de gevelkolom op. Bij brand zorgen de gaten er eigenlijk voor dat de ligger van de kolom kan afkantelen. De gevelkolommen met daaraan de 'vrijgekomen' lijfplaten blijven staan.



De geschiedenis van de kantelnok in een notendop. Eind jaren '80: Adviesburo Tieleman (Eindhoven) ontwikkelt de kantelnok. Zie afbeelding 1 'het principe-detail' en afbeelding 2 'de werking tijdens brand'. 1990: de eerste toepassing in de hal van IKEA Eindhoven in Son. Zie afbeelding 3. Tot heden: nokken in diverse varianten. Een variant is te vinden in een bedrijfshal in Scherpenzeel (ontwerp: Adviesbureau J.J. Datema, Woudenberg). Zie afbeelding 4. Een tweede in het distributiecentrum Mainparts Rijnmond (ontwerp: Ingenieursbureau Bartels, Utrecht). Zie afbeelding 5.

PROJECTGEGEVENS

- **Locatie** Galvanistraat 4, Bedrijventerrein de Valleij, Ede
- **Opdracht** Lukkien Digital Studio's, Ede
- **Architectuur** AB2 architecten, Nijkerk
- **Constructief advies en brandveiligheidsadvies** Ingenieursbureau Bartels, Utrecht
- **Hoofduitvoering** Dijkman bouw, Nijkerk
- **Staalconstructies** Gebrs. Van de Brink, Barneveld
- **Fotografie** Lukkien Digital Studios, Ede, en Ingenieursbureau Bartels, Utrecht (foto en tekeningen rechtsboven)



bouwen met
staal:

Boerhaavelaan 40

2713 HX Zoetermeer

Postbus 190

2700 AD Zoetermeer

tel. +31(0) 79 353 12 77

fax +31(0) 79 353 12 78

e-mail info@bouwenmetstaal.nl

internet www.bouwenmetstaal.nl

www.halleninfo.nl