

# **STERKTE VAN DRAAGCONSTRUCTIES BIJ BRAND**

## **Verwachtingen en de praktijk**

door Ing. M.P.Lasker AIFireE

**Afstudeerwerk Deeltijd Bachelor of Engineering**  
**Fire Safety Engineering**  
**Hanzehogeschool Groningen**

Final Report 6 juni 2010

# **STERKTE VAN DRAAGCONSTRUCTIES BIJ BRAND**

## **Verwachtingen en de praktijk**

door Ing. M.P.Lasker AIFireE

### **Samenvatting**

Uit observaties blijkt dat de sterkte bij brand in het ontwerp en de uitvoering van draagconstructies slechts in beperkte mate een rol speelt.

Op basis van literatuuronderzoek, interviews en case-studies zijn de samenhang tussen regelgeving, de ontwerp- en uitvoeringspraktijk en de verwachtingen van publiek en brandbestrijders onderzocht.

Conclusie is dat heldere functionele eisen en een duidelijk verwachtingspatroon van burgers en brandbestrijders in de praktijk door een samenstel van oorzaken niet consequent en consistent vertaald worden in een goed en betrouwbaar ontwerp.

De oorzaken hiervan liggen onder meer in:

- het ontbreken van samenhang tussen functionele eisen en de uitwerking in prestatie-eisen in de regelgeving,
- het ontbreken van kennis en inzicht bij ontwerpers en toetsers,
- de aanbestedingspraktijk.

Door de komende invoering van de Eurocodes komt het zwaartepunt meer dan bij de huidige ontwerpmethoden op inzicht en kennis van betrokkenen te liggen.

Mei 2010

# **STRUCTURAL INTEGRITY UNDER FIRE**

## **Expectations and real life**

by Ing. M.P. Lasker AIFireE

### **Summary**

Observations show a limited interest in structural integrity under fire conditions by parties involved in design and construction, in the Netherlands.

Based on literature study, interviews and case-studies the interaction between regulations, design-engineering- and construction practice and the expectations of the general public and fire fighters are explored.

This leads to the conclusion that the essential requirements are clear. During project execution however the consistent transfer of essential requirements into a good and reliable design of the structure under fire conditions is unlikely.

This is caused by:

- a discrepancy between essential requirements and the performance criteria in the building codes,
- limited knowledge and understanding of basic principles by engineers and supervising authorities,
- the tender process.

Due to the coming implementation of the more complex Eurocodes, as a mandatory replacement for the Dutch Construction Codes, knowledge and understanding will play an increased role in the design and construction of structural integrity under fire conditions.

May 2010

## **Inhoudsopgave**

Antiplagiatverklaring	4
Stellingen	5
Voorwoord	6
Inleiding en probleemstelling	7
Draagconstructies en hun gedrag bij brand	8
Regelgeving en Nederland ten aanzien van draagconstructies	9
De Eurocodes	11
Verwachtingen van gebruikers en brandbestrijders	12
Enkele kanttekeningen bij het ontwerpproces	13
Het ontwerp van bouwconstructies en de sterkte bij brand	14
Materialisatie van het ontwerp	15
Toezicht	16
Conclusies	17
Aanbevelingen	18
Noten, literatuurlijst en overzicht van bijlagen	19

### **Anti-plagiaatverklaring**

Ik verklaar dat het door mij ingeleverde afstudeerrapport mijn eigen originele werk is. Het is niet, geheel of gedeeltelijk, geschreven door een ander dan wel geheel of gedeeltelijk overgenomen uit andermans werk. Waar dit wel gebeurd is wordt in de tekst door middel van noten en/of bronvermeldingen verwezen naar de vindplaatsen van het werk van die andere perso(o)n(en). Informatiebronnen zijn expliciet en in detail opgenomen in de literatuurlijst en daar is in de tekst naar verwezen.

Ik weet dat plagiaat zal leiden tot het ongeldig zijn van de beoordeling van dit afstudeerverslag en dat, indien er sprake is van plagiaat, er disciplinaire maatregelen zullen volgen.

Scheemda, 2 juni 2010

Marcel P. Lasker

Studentnummer 257252

## **Stellingen**

1. De eerste taak van de nieuwe Minister van Constructies is het inventariseren van potentieel risicovolle constructies en mogelijke gevolgen voor burgers en hulpdiensten.
2. In de praktijk blijkt niet dat er sprake is van structurele aandacht voor het gedrag van bouwwerken bij brand, in de opleiding en bijscholing van constructeurs.
3. Sterkte bij brand is een uniek en weinig begrepen belastingsmodel.
4. Door het risicomijdend gedrag van de brandweer worden de ogen gesloten voor de constructieve randvoorwaarden om een binnenaanval te kunnen uitvoeren. De geschiedenis leert dat dit gedrag tijdelijk zal zijn. Zodra de maatschappij geen buitensporige schade als gevolg van brand meer accepteert zal de brandweer gedwongen worden zich in het bezwijkgedrag van gebouwen als gevolg van brand te verdiepen.
5. Er zijn onvoldoende opgeleide en ervaren engineers voor het opstellen en beoordelen van maatgevende brandscenario's, daardoor zal het ontwerpen van constructies zich voorlopig langs de weg van de standaardbrandkromme blijven bewegen.
6. Door kruisjeslijsten-cultuur binnen organisaties die bouwplannen toetsen komen aanvragers weg met eenvoudige niet uitgewerkte vermeldingen op een aanvraagtekening.
7. Niemand kan uitleggen welke afwegingen hebben geleid tot een keuze voor een koppeling van constructieve sterkte aan brandcompartimentering.
8. The road to hell is paved with good intentions<sup>1)</sup>.

## Voorwoord

In mijn dagelijks werk in adviestrajecten voor brandveiligheid van gebouwen kwam ik al in aanraking met de sterkte bij brand van constructies. Tijdens het werk aan een aantal projecten viel het mij op de aandacht van ontwerpers en toetsers voor de constructieve sterkte bij brand zich hoofdzakelijk beperkte tot het vastleggen van prestatie-eisen, en dat er slechts een beperkte aandacht leek te zijn voor de uitwerking, en voor controle op de juiste uitvoering.

Tijdens mijn studie Fire Safety Engineering werd door de colleges van Ir. Ynso Suurenbroek mijn belangstelling gewekt voor de fenomenen en achtergronden bij dit onderwerp, en kreeg ik de mogelijkheid om in het afstudeertraject mij uitvoerig in dit onderwerp te verdiepen.

Onder begeleiding van Ynso Suurenbroek als opdrachtgever en Frouke de Boer als docent constructies, en met medewerking van diverse constructeurs, collega's en vakbroeders heb ik inzicht kunnen krijgen in de praktijk van het ontwerpen van constructies, en de werkwijze om aspecten van sterkte bij brand op te nemen in het ontwerp.

Bijzonder behulpzaam was het proefschrift van Dr. Ir. Nico Scholten waarin achtergronden van de bouwregelgeving uitvoerig zijn toegelicht.

In de loop van mijn onderzoek werd mijn aanvankelijke vermoeden bewaarheid: de aandacht voor een juiste uitwerking van constructies en controle hierop zijn zeer beperkt. Sterker nog: het voortbestaan van deze situatie wordt gevoed door het ontbreken van goed geformuleerde prestatie-eisen en een onderliggende motivatie.

Dit noopte tot een bijstelling van de vraagstelling van het onderzoek: daar waar in eerste instantie het doel was om een handreiking voor de bouwpraktijk op te stellen beperk ik mij tot een inventarisatie van de regelgeving, de verwachtingen van publiek en hulpdiensten, en de dagelijkse praktijk.

Vervolgens probeer ik conclusies te formuleren in de vorm van een advies aan de denkbeeldige Minister van Constructies.

Omwille van de leesbaarheid zijn de deelonderzoeken in een bijlage opgenomen.

Scheemda, 6 juni 2010

Ing. M.P.Lasker AlfireE

## **Inleiding en probleemstelling**

De titel van dit onderzoek en de ondertitel “verwachtingen en de praktijk” zijn ingegeven door observaties waaruit blijkt dat constructeurs bij het ontwerp van gebouwen slechts in beperkte mate rekening houden met het bezwijken van constructies als gevolg van brand.

Dit in tegenstelling tot de algemene constructieve sterkte (statische belasting, wind, sneeuw) waar in de regel uitgebreide berekeningen voor worden gemaakt. Het onderwerp sterkte bij brand wordt soms afgedaan met een eenvoudige vermelding op de constructietekening als “staalconstructie brandwerend bekleden”.

In de bouwpraktijk is de ervaring dat voor de oplevering vaak nog het nodige onverwachte nawerk moet worden verricht op aangeven van toezichthouders, om tenminste tot een voor de toezichthouders acceptabel niveau te komen.

De zorg die men daarbij kan hebben is dat kennelijk onvoldoende aandacht wordt besteed aan dit onderwerp waardoor in het geval van brand het gebouw mogelijk niet kan voldoen aan de verwachtingen die gebruikers en hulpverleners hebben ten aanzien van het veilig kunnen ontvluchten en het veilig bestrijden van brand.

In dit onderzoek heb ik de huidige praktijk van het ontwerp en realisatie van draagconstructies, voor zover dit het gedrag onder brandomstandigheden betreft, willen beschrijven. Hierbij heb ik als referentiepunt de regelgeving genomen, waarin de verwachtingen van de betrokken partijen zouden moeten zijn verwoord.

Er is kennelijk sprake van een verschil tussen het verwachte gedrag van bouwconstructies onder brandomstandigheden, en het in de praktijk aannemelijke gedrag. Deze verschillen breng ik, met hun mogelijke oorzaken, in kaart.

Het onderwerp sluit aan bij de actualiteit op twee aspecten. Door de aanstaande invoering van de Eurocodes worden nieuwe benaderingswijzen voor het ontwerp van constructies, en daarmee de wijze van controle op ontwerp en uitvoering actueel. Daarnaast zal in de voortdurende discussie over de repressieve inzetprocedures van de brandweer (binnenaanval) onvermijdelijk het gedrag van constructies bij brand actueel worden. De golfbeweging waarop nu defensief optreden hoogtij viert zal onontkoombaar worden gestuit door een incident met megaschade, waarop een herijking van procedures volgt. Daarmee zal meer aandacht voor de constructieve aspecten in relatie tot de veiligheid van repressief brandweerpersoneel ontstaan.

Om een goed beeld te krijgen van het onderwerp is onderzoek verricht langs drie lijnen:

- Literatuurstudie: wat zijn de eisen die de Nederlandse wetgever stelt aan draagconstructies onder brandomstandigheden en welke zijn de verwachtingen van publiek en brandbestrijders.
- Ontwerp: wat is de gangbare werkwijze om te komen tot het ontwerp van constructies in relatie tot het bezwijkgedrag bij brand.
- Materialisatie: welke zijn gebruikelijke methoden om te komen tot materialisatie van de sterkte-eisen bij brand.

Verder heb ik geput uit eigen ervaring in bouwprojecten waaraan ik heb meegewerkt.

Uit dit onderzoek komen een aantal conclusies, een analyse van deze conclusies leidt tot aanbevelingen die gericht zijn aan een denkbeeldige Minister van Constructies.

Doordat tijdens en na de onderzoeksperiode ook de formalisering van de invoering van de Eurocodes in Nederland geregeld wordt of gaat worden, waarvan vorm en omvang nog onduidelijk zijn, is er bij dit onderzoek uitgegaan van de regelgeving zoals die in februari 2010 geldig was.

## **Draagconstructies en hun gedrag bij brand**

Draagconstructies staan bij brand bloot aan thermische belasting, deze belastingsvorm wijkt in de ogen van constructeurs af van andere belastingsmodellen waarmee zij rekenen. Zo zijn belastinggevallen in de vorm van wind, sneeuw en vloerbelasting gegevens die uit tabellen en voorschriften kunnen worden afgeleid. Hierbij is het zo dat de sterkte van de toegepaste constructie-elementen, binnen het toepassingsgebied van deze materialen, een constante, vooraf bepaalde waarde heeft.

Bij het belastinggeval brand is dit op een aantal punten anders. Omdat brand een dynamisch proces is zal de maatgevende belasting, zijnde de temperatuur waaraan het constructie-element blootstaat, geen constante zijn. Deze neemt toe in de tijd, en is bovendien afhankelijk van de ventilatiecondities, de aard van de bouwproducten waarvan het bouwwerk is opgetrokken en de inventaris van het gebouw.

De maatgevende belasting zal niet ongelimiteerd toenemen. Hieraan komt een einde bij het opraken van de brandstof, of door interventie van de brandweer of van een blussysteem.

Het gevolg van de toenemende temperatuur is dat de sterkte van de constructie afneemt. Afhankelijk van het toegepaste materiaal kunnen een aantal mechanismen optreden:

- stijging van temperatuur waardoor de sterkte van het materiaal afneemt (bij de toepassing van staal),
- afbrand / verdwijnen van materiaal (bij de toepassing van hout),
- een combinatie van beide (spatten van beton en daardoor blootleggen van de wapening).

Een tweede gevolg van de toenemende temperatuur is uitzetting van constructie-elementen. Hierdoor worden krachten in het gebouw geïntroduceerd die niet in andere ontwerpscenario's (windbelasting, vloerbelasting etc.) voorkomen maar wel meegerekend moeten worden in het belastinggeval brand.

De weerstand van het materiaal tegen afnemende sterkte en de uitzetting kan worden beïnvloed door het beschermen van de constructie middels bouwkundige voorzieningen, of door installatietechniek (blussystemen, RWA systemen).

Doordat genoemde effecten dynamisch zijn en blootstaan aan meerdere invloeden moet bij het bepalen van het belastinggeval brand gewerkt worden met een complex systeem over 3 assen.

## Regelgeving in Nederland ten aanzien van draagconstructies

De regelgeving ten aanzien van de sterkte bij brand vindt zijn oorsprong in de Woningwet en het daaruit voortvloeiende Bouwbesluit. Het Bouwbesluit geeft doelstellingen ten aanzien van de sterkte bij brand in de vorm van functionele eisen: *“een te bouwen bouwwerk heeft een bouwconstructie die zodanig is dat het bouwwerk bij brand gedurende redelijke tijd kan worden verlaten en doorzocht zonder dat er gevaar voor instorting is”* (artikel 2.8 lid 1).

De uitwerking in prestatie-eisen is gegeven in de vorm van het voorkomen van het bezwijken van bouwconstructies waardoor een rookvrije vluchtroute onbruikbaar wordt (gedurende 30 minuten), en in het voorkomen van het bezwijken van de hoofddraagconstructie gedurende een tijd die afhankelijk is van de hoogte en het gebruik van het bouwwerk. Op deze tijd mag een reductie worden gegeven indien de constructie van het bouwwerk een lage vuurlast heeft.

De definitie van hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden is gegeven in de ontwerpnorm NEN 6702, die middels een ministeriele regeling (“Regeling Bouwbesluit”) rechtskracht heeft.

Er is sprake van een heldere definitie van de hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden: *“een deel van de bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het eveneens bezwijken van een bouwconstructie die niet in hetzelfde brandcompartiment is gelegen”*. Een verdere verfijning wordt gemaakt voor subbrandcompartimenten waarbij het naastliggende subcompartiment mag bezwijken.

De definitie van een bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een rookvrije vluchtroute is minder helder gegeven.

Historisch lag er een andere definitie van hoofddraagconstructie die voortkomt uit het eerste bouwbesluit van 1991: een deel van de bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het bezwijken van constructiedelen die *“niet in de directe nabijheid”* van het bezweken onderdeel liggen. Deze definitie is voor brandomstandigheden om onbekende redenen opgerekt door het hanteren van de brandcompartimentering als omschrijving van het begrip “nabijheid”. Voor de hoofddraagconstructie onder andere belastingsgevallen dan brand omstandigheden geldt echter nog steeds deze “oude” definitie.

De vraag is echter, of toepassing van de huidige heldere definitie van tot de hoofddraagconstructie bij brand te rekenen constructie elementen, leidt tot het realiseren van de doelen die de wetgever en het publiek zich voorstellen. Dit ligt in de koppeling tussen de hoofddraagconstructie en de brandcompartimentering: kennelijk mag een ruimte of een brandcompartiment in geval van brand acuut instorten. Omdat de prestatie-eis voor de maximale afmeting van een brandcompartiment op 1.000 m<sup>2</sup> is gesteld mag er in veel gevallen dus acuut 1.000 m<sup>2</sup> bezwijken bij brand.

Bij voldoen aan de prestatie-eisen conform de door de wetgever voorschreven normen is daardoor het niet realiseren van de functionele eis bijna expliciet: de mogelijkheid tot acuut instorten van 1.000 m<sup>2</sup> van een gebouw verhoudt zich niet met de vereiste dat het gebouw veilig kan worden verlaten en doorzocht. Immers: het doorzoeken van de brandruimte of het compartiment waar brand is ontstaan is in de functionele eis niet nadrukkelijk uitgesloten.

Het is verder merkwaardig dat bij uitwerking van een constructie volgens de huidige regelgeving alleen zg. voortschrijdende instorting (progressive collapse) als gevolg van brand moet worden voorkomen, en dat het hierbij toegestaan is om de impact van bezwijkende bouwdelen niet te rekenen.

Ook de voorgeschreven grenswaarden ontberen een logische samenhang, zo kan een slaapgebouw met een vloer lager dan 5 meter zonder sterkte-bij-brand eisen worden gebouwd, vanaf 5 meter geldt echter een 90 minuten-eis.

De mogelijke reductie van de sterkte bij brand met 30 minuten bij gebouwen met een permanente vuurlast van minder dan 500 MJ/m<sup>2</sup> mist wetenschappelijke onderbouwing. Hier wordt op grond van een lage permanente vuurlast (welke wordt gevormd door de bouwconstructie) en een ander verwacht brandgedrag de sterkte-eis gereduceerd. Het is echter niet aannemelijk dat alleen als gevolg van een lagere permanente vuurlast een afwijkende gunstiger temperatuur-tijdontwikkeling zal ontstaan dan de standaardbrandkromme, omdat hiervoor met name de inventaris bepalend is.

Ook in de Integrale Nota van Toelichting bij artikel 2.8 van het Bouwbesluit wordt geen motivatie gegeven van de te realiseren doelen van de sterkte van de draagconstructie onder brandomstandigheden.

Hoewel in de functionele eis beoogd wordt veiligheid te bieden voor gebruikers en brandbestrijders ontstaat bij toepassing van de prestatie-eisen en door de wetgever aangewezen normen een constructief ontwerp dat hiermee in tegenspraak is.

Andere maatschappelijke motieven als de veiligheid van personen die zich in de nabijheid van het bouwwerk bevinden en de maatschappelijk onaanvaardbare gevolgen van het instorten van een groot of hoog bouwwerk zijn niet opgenomen in de regelgeving. Dit is merkwaardig, omdat het bezwijken van grote bouwwerken economische gevolgen kan hebben die de draagkracht van onze samenleving ernstig op de proef kunnen stellen.

## De Eurocodes

De Eurocodes zijn in Europa geharmoniseerde bepalingsmethoden voor de sterkte van bouwconstructies.

Zij zijn ten aanzien van brandveiligheid gebaseerd op een brede beschouwing van risico's en effecten. De basis voor deze beschouwing is in de Bouwproductenrichtlijn omschreven en vindt zijn oorsprong in het vrij verkeer van goederen en diensten.

Essentiële vereisten in geval van brand zijn algemeen geformuleerd als eisen ten aanzien van de stabiliteit van een constructie bij brand.

De constructie van een gebouw dient bij brand:

- veiligheid aan de gebruikers te bieden gedurende de tijd dat zij geacht worden in het bouwwerk te zijn,
- de veiligheid van reddingswerkers en brandweermensen te verbeteren,
- te voorkomen dat een instorting gevaar voor personen oplevert,
- te zorgen dat bouwproducten die van belang zijn voor de brandveiligheid, hun functie kunnen vervullen.

De tijdsduur gedurende welke de constructie aan deze eisen moet voldoen wordt door ieder EU land afzonderlijk vastgesteld.

De Eurocodes geven vervolgens bepalingsmethoden, en een voorschrift voor het vaststellen van het belastinggeval. Hierbij moet worden uitgegaan van een of meer door een gekwalificeerd persoon opgestelde scenario's.

Niet alleen het bezwijken van individuele elementen wordt beoordeeld, ook het effect van uitzetting, een tweede draagweg, en de impact van vallende delen moeten beoordeeld worden.

Aansturing van de Eurocodes zal in het komende Bouwwerkbesluit geschieden, gedurende een overgangperiode kunnen deze codes mogelijk bij ministeriele regeling worden voorgeschreven.

## **Verwachtingen van gebruikers en brandbestrijders**

Gebruikers en publiek hebben redelijk eenvoudige verwachtingen van de sterkte van een bouwwerk: zij wensen niet gewond te raken of om te komen als gevolg van het bezwijken van delen van bouwwerken. De verwachtingen van gebruikers zijn vooral af te lezen aan de publieke verontwaardiging als gevolg van het instorten van constructies, al dan niet als gevolg van brand, het publieke verwachtingspatroon is kennelijk dat met name hoge en grote gebouwen niet mogen bezwijken.

Brandbestrijders hebben op basis van hun training kennelijk geen perceptie van de sterkte bij brand van gebouwen. Operationeel leidinggevenden worden niet opgeleid om oog te hebben voor de reacties van een bouwconstructie bij brand, in relatie tot het leiding geven aan een repressieve inzet. Er wordt in de basisopleiding alleen op de veiligheid van brandweerpersoneel gerichte informatie verstrekt over de signalen die het bezwijken van constructies kunnen aankondigen (in de categorie “als je dit verschijnsel ziet: wegwezen!”).

De Nederlandse brandweer is op dit moment in hoge mate risicomijdend. De actualiteit van het repressief optreden wordt bepaald door “eigen veiligheid eerst” en “we doen geen binnenaanval”. Ook worden de begrippen “afbrandscenario” en “gecontroleerd laten afbranden” met regelmaat gebruikt. Dit is overigens merkwaardig omdat er in de brandweerwet zowel het bestrijden als het beperken van brand als afzonderlijke taken zijn opgenomen, en omdat het Bouwbesluit in de functionele eisen kennelijk uitgaat van het doorzoeken van bouwwerken en het bestrijden van brand.

De branche-organisatie van de Nederlandse brandweer heeft geen actieprogramma of kennisnetwerk met betrekking tot constructieve veiligheid.

De genoemde risicomijdendheid kan een verklaring zijn voor het achterblijvende kennisniveau bij de brandweer ten aanzien van het gedrag van constructies, in de wetenschap dat gebouwen doodsoorzaak nummer één voor brandweermensen<sup>2)</sup> vormen is dat verwonderlijk.

## **Enkele kanttekeningen bij het ontwerpproces van constructies**

Traditioneel wordt bij het ontwerp van complexe werktuigkundige systemen, uitgegaan van historisch gegroeide kennis. Daar waar deze kennis nog niet volledig voldragen is of waar technologische ontwikkeling van materialen en werkmethoden onvoldoende kennis aanwezig is om met goede nauwkeurigheid te kunnen ontwerpen, wordt op grond van ervaring gerekend met veiligheidsfactoren en toeslagen. Deze vormen, samen met de ingenieursethiek, de grondslagen voor een veilig ontwerp.

Hierbij is de extra sterkte die “standaard” in een constructie-element is opgenomen (de sterkte van een staalprofiel uit de tabel is een minimum) een niet te verwaarlozen factor.

In de bouwpraktijk is het niet ongebruikelijk dat slechts in beperkte mate wetenschappelijke inzichten ten grondslag liggen aan ontwerpnormen. Veelal zijn deze gebaseerd op ervaringsfactoren, “trial and error”, en evaluatie van ongevallen. Zo ook onze huidige ontwerpnormen, waarin onder meer de standaardbrandkromme (die zijn oorsprong vindt begin 1900) een sleutelrol vervult.

Indien het belastinggeval en de rekenmethodes voldoende conservatief zijn, indien deze toegepast worden binnen beproefde gebouwontwerpen en de bouwpraktijk, indien de constructeurs binnen wat als goed vakmanschap wordt beschouwd hun werk kunnen doen, en indien beproefde constructie- en verbindingstechnieken worden toegepast bieden de huidige ontwerpregels kennelijk voldoende veiligheid: er is immers niemand die klaagt over het slechte gedrag van bouwconstructies bij brand.

Met de intrede van de Eurocodes ligt het gehele speelveld van rekenregels en de bijbehorende rekenprogramma's echter weer open. De Eurocodes zijn veel meer dan de huidige ontwerpnormen gebaseerd op een wetenschappelijke benadering en realistische brandscenario's.

De toepassing van brandscenario's vraagt geheel nieuwe vaardigheden van constructeurs, de huidige generatie constructeurs is niet opgeleid om met scenario's te werken.

Door het tegen vaste prijzen aanbesteden van het constructeurswerk zijn de randvoorwaarden voor ethisch handelen niet altijd meer aanwezig en worden constructeurs gedwongen om zich contractueel in te dekken voor onderdelen die zij niet in hun vaste prijs hebben opgenomen.

De keuzes ten aanzien van verbindingstechnieken in de staalbouw worden traditioneel door de uitvoerende partijen bepaald. Dit onttrekt zich vaak aan het zicht van de constructeur waardoor een versnippering van verantwoordelijkheid op de loer ligt met als gevolg een toenemende faalkans.

## **Het ontwerp van bouwconstructies op sterkte bij brand**

Voor inzicht in het ontwerpproces van constructies zijn interviews gehouden met constructeurs en zijn diverse projecten beoordeeld. Dit leidt tot onderstaande observaties:

- Het is voor constructeurs een gangbare werkwijze om uit te gaan van de brandcompartimentering, voor zover deze voor de bekend is. Indien hierover geen informatie is gegeven doen constructeurs aannames die zijn gebaseerd op constructieve logica. De logica van brandveiligheid kan een andere zijn waardoor de constructieve uitgangspunten uiteindelijk niet sporen met die van de brandveiligheid.
- Uit interviews met constructeurs blijkt dat er weliswaar een noodzaak wordt onderkend om "iets" te doen aan de sterkte bij brand, maar een duidelijk en homogeen inzicht over dit "iets" is niet waargenomen.
- Constructeurs onderscheiden in de interviews zelf "goede" en "slechte" collega's. De goede doen "iets" en de slechte beperken zich bijvoorbeeld tot het uitsluiten van de sterkte bij brand in hun aanbieding of het vermelden op de tekening "constructie 60 minuten brandwerend maken".
- De geïnterviewden behoorden allen tot de groep constructeurs die zelf een visie op brandveiligheid hebben, en dus verder gaan dan algemene opmerkingen of uitsluitingen.
- Hoewel de geïnterviewden een soortgelijke opleiding en achtergrond kennen is de door hen aangegeven benadering verschillend. Zo neemt de ene 80% windbelasting mee en wil de ander altijd voorkomen dat vloeren bezwijken. Een derde besteedt aandacht aan bezwijkmodellen voordat de constructie in basis opgezet wordt.
- In het algemeen wordt het geringe aantal incidenten door de constructeurs zelf verklaard middels de integriteit van hun beroepsgroep. Het voor vaste prijzen aanbesteden van ontwerpwerk wordt gezien als een aanslag op de mogelijkheid tot integer handelen.
- Er zijn onder constructeurs geen hoogstaande verwachtingen ten aanzien van controle van de sterkte bij brand door de overheid: de controlefunctionarissen zijn niet opgeleid om een constructie te kunnen beoordelen.

Deze observaties geven aanleiding tot zorg. Het ontwerp van constructies op sterkte bij brand is kennelijk een sluitpost, er is kennelijk geen sprake van een consequente en consistente werkwijze voor het ontwerp, en de constructeurs hebben er geen vertrouwen in dat zij greep hebben op het proces.

Dit laatste is te verklaren door twee deelaspecten: in de eerste plaats ontbreekt het de constructeurs zelf aan een homogene visie ten aanzien van sterkte bij brand, in de tweede plaats worden zij door hun opdrachtgevers veelal niet in een positie geplaatst waarin zij alle relevante aspecten kunnen overzien en hierop kunnen reageren.

Hierop doorredenerend zou gesteld kunnen worden dat de opdrachtgevers een scherpe contractvorm (de laagste prijs levert direct iets op) van groter belang achten dan de verantwoordelijkheid voor een goed constructief ontwerp op het aspect brand (want dat komt toch nooit voor).

Een klemmender zorg is het echter dat constructeurs kennelijk wel de prestatie-eisen uit het Bouwbesluit met betrekking tot sterkte bij brand als onvoldoende ervaren, maar hieraan dan vervolgens conceptloos gaan repareren.

## **Materialisatie van het ontwerp**

De conceptloosheid die blijkt uit de geobserveerde werkwijze bij het ontwerp van constructies zet zich door in de materialisatie. Uit een studie van diverse projecten blijkt dat bij het omzetten van een ontwerp naar uitvoering over het algemeen slechts de minimale zorg besteed wordt aan de sterkte bij brand, en alleen al het niet anders kan: in de uitvoering wil nog wel eens een controlefunctionaris van de afdeling bouwtoezicht of de brandweer vragen stellen over de sterkte bij brand.

Hierbij staan staalconstructies over het algemeen onder strenger toezicht dan hout of betonconstructies. Beton en hout worden kennelijk als “beter” ervaren. Men mag zich afvragen of dit terecht is: de zwakte van houtconstructies zit in de verbindingen, en de zwakte van prefab-beton zit in de uit de literatuur bekende kaartenhuseffecten. Alleen een goede beoordeling van het ontwerp kan hierover uitsluitel geven. Het is zeer de vraag of controlefunctionarissen dit kunnen, omdat zij hiervoor niet opgeleid zijn.

Door de gebrekkige voorbereiding en de beperkte aandacht voor de sterkte bij brand komen aannemers en opdrachtgevers sterk in de verleiding om maar even niets te doen tot iemand er om vraagt. Dit in de wetenschap dat de kans op vragen en de kans op het daadwerkelijk optreden van schade door brand statistisch zeer beperkt is.

Deze verleiding wordt vergroot door de mogelijkheid van aanzienlijk financieel gewin op de korte termijn, bij het niet aanbrengen van voorzieningen (of het voorkomen van financieel nadeel indien begrotingstechnisch geen voorzieningen gerekend zijn).

Als er dan overgegaan wordt tot het beschermen van constructies wordt veelal de hele constructie omtimmerd zonder dat daaraan verder ontwerp- of rekenwerk wordt verricht.

## Toezicht

In de periode vanaf 2007 is er naar aanleiding van het instorten van balkons in Maastricht een korte periode van grote aandacht geweest voor het onderwerp constructieve veiligheid. Onder meer VROM, de vereniging BWT en het Platform Constructieve Veiligheid hebben zich een aantal jaren sterk gemaakt voor constructieve veiligheid en de rol van een hoofdconstructeur. Bij geen van deze partijen heeft het onderwerp sterkte bij brand onderdeel van actieplannen uitgemaakt. Partijen sturen sterk op procesmanagement waarbij inhoudelijke kennis ondergeschikt wordt geacht.

Over de rol van toezicht kan op grond van waarneming in projecten gesteld worden dat deze op dit moment in de uitvoering vooral repressief wordt ervaren. In de aanvraag en ontwerpfase komt men in de regel niet verder dan het vereisen van vermeldingen omtrent de sterkte bij brand in het renvooi van de bouwaanvraagtekening.

Afhankelijk van het belang en de interesse van individuele functionarissen wordt in de uitvoering aandacht besteed aan detail en wordt zonder concept bijgestuurd.

Een verklaring hiervoor kan zijn dat de constructieve berekeningen die ingediend worden bij de gemeente vaak bestaan uit voor de leek onontwarbare cijferkluwens, waarbij de indruk bestaat dat aan de bedrijfsnaam op het briefpapier waarop de berekeningen zijn afgedrukt soms een grotere betekenis wordt toegekend dan aan de inhoud.

Het bij de indiening van de bouwaanvraag vermelden van eenvoudige stelling ( bijvoorbeeld "constructie 60 minuten brandwerend bekleden") wordt kennelijk als afdoende gezien en past in de cultuur van kruisjeslijsten die bij het toetsen van bouwaanvragen veel gehanteerd wordt.

Het is de vraag in hoeverre de toezichthouders kunnen omgaan met de brandscenario's die in de Eurocode als grondslag voor het ontwerp dienen<sup>3)</sup>.

Overigens biedt de woningwet<sup>4)</sup> voldoende kaders om een aannemelijkheidsbeoordeling uit te voeren op het ontwerp zonder dat de betreffende bouwplantoetsers omvattend al het rekenwerk van de constructeur moeten beoordelen.

Toezichthouders die als onbevangen tegenkracht op het systeem inwerken<sup>5)</sup> zijn nauwelijks aangetroffen. Er kan gesteld worden dat het toezicht even conceptloos plaatsvindt als het ontwerp en de uitvoering, omdat van toezichthouders op grond van hun opleiding geen gedegen inzicht in de materie verwacht mag worden.

## **Conclusies**

Daar waar de functionele eisen volstrekt helder zijn loopt de conceptloze behandeling van het onderwerp “sterkte van constructies bij brand” in een rechte lijn van wetgever, opdrachtgever, ontwerper en toezichthouder naar de uitvoering.

Dit begint bij de wetgever: voldoen aan de prestatie-eisen heeft expliciet een onvolledige invulling van de functionele-eis tot gevolg.

Betrokken partijen hebben weliswaar een gevoel voor het belang van sterkte bij brand, en proberen om vanuit hun perceptie het nodige te doen. Zij beschikken niet over concepten, kennis en/of mogelijkheden om op een doordachte manier te komen tot realisatie van bouwconstructies die het mogelijk maken dat een bouwwerk bij brand gedurende voldoende tijd kan worden verlaten en doorzocht zonder dat er gevaar voor instorting is.

Zo maakt iedere partij zijn eigen risico afweging waarbij afhankelijk van de invalshoek juridische, financiële of technische belangen gewogen worden en er zeker sprake is van een bepaalde mate van kansberekening.

Het is zeer de vraag in hoeverre het huidige gebouwbestand bij brand kan voldoen aan de functionele veiligheidseisen, te weten het bieden van veiligheid aan gebruiker en brandbestrijders en het voorkomen van instorting van grote delen van een gebouw als gevolg van brand.

Door de financiële verleidingen waaraan sommige betrokkenen blootstaan en de risico's die anderen als gevolg hiervan lopen, kan niet volstaan worden met het huidige niveau van toezicht.

Met de aanstaande invoering van de Eurocodes wordt de functionele eis verbreed, maar in essentie blijft zij dezelfde. Op dat moment wordt het aantal variabelen echter groter en vereist toepassing en toetsing een hoger kennisniveau. Constructeurs en toezichthouders zijn hierop onvoldoende voorbereid.

De overgang naar complexere ontwerpnormen geeft in combinatie met onvoldoende opleiding en conceptloze procesdeelnemers een verhoogd risico op afwijking van de essentiële vereisten. Bij een ongewijzigde benadering door de betrokken partijen is het dan ook waarschijnlijk dat het toekomstige gebouwbestand niet zal kunnen voldoen aan de essentiële vereisten in het geval van brand.

De partijen die het meest in de gelegenheid zijn hieraan iets te veranderen zijn constructeurs en toezichthouders, mits zij beschikken over de nodige kennis en denkkaders

De partijen die door falende constructies in eerste instantie zullen worden getroffen zijn de burgers en de brandbestrijders. Juist deze partijen zijn zich (om geheel verschillende redenen) het minst bewust van de risico's die zij lopen.

De geschiedenis leert dat op iedere beweging uiteindelijk een tegenbeweging ontstaat, zo zal ook de risicomijdende opstelling van de brandweer ergens een keerpunt vinden (veelal nadat het spreekwoordelijke kalf verdrongen is). Daarom is het van belang dat vooral de brandweer investeert in kennis en een visie ontwikkelt.

## **Aanbevelingen**

Het ontwerpen van draagconstructies onder brandomstandigheden is voor gebouwen van enige omvang een complex proces met veel betrokkenen. Deze hebben verschillende belangen en verschillende doelstellingen.

Aan het falen van constructies bij brand zijn ernstige menselijke en maatschappelijke gevolgen verbonden.

Aan de Minister van Constructies doe ik de volgende aanbevelingen:

- Zorg voor een goede vertaling van de essentiële vereisten uit de EU regels naar het Bouwbesluit, en neem in de integrale nota van toelichting een goede beschrijving van context en achtergronden op.
- Zorg in samenwerking met brancheverenigingen van ingenieurs, bouw- en woningtoezicht, brandweer en aannemers voor een goede en gedragen visie op constructieve veiligheid bij brand.
- Investeer in onderzoek naar brandgedrag, opleiding op de hogescholen en in het brandweeronderwijs, en voorlichting.
- Organiseer het toezicht in lijn met de visie, waarbij het doel van toezicht moet zijn het inbouwen van voldoende “Checks and Balances” op het complexe systeem van het ontwerp van constructies.

## **Noten**

- 1) H. G. Bohn Hand-Book of Proverbs, George Bell & Sons 1888
- 2) Y. Suurenbroek, lectorale rede mei 2010
- 3) Brandveilig.com, vakblad voor professionals in brandpreventie van Mei 2010, de Leur, Lasker.
- 4) Woningwet artikel 44, parlementaire behandeling, zie Woningwet en aanverwante Regelgeving SDU 2008.
- 5) Toezicht en dynamiek, F. Mertens Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap 2010 (1).

## **Literatuurlijst**

Brandweerwet 1985

[www.brandweerkennisnet.nl](http://www.brandweerkennisnet.nl)

[www.platformconstructieveveiligheid.nl](http://www.platformconstructieveveiligheid.nl)

VROM publicatie 8363 constructieve veiligheid 2008

De deelonderzoeken hebben een afzonderlijke literatuuropgave

## **Bijlagen**

Deelonderzoek 1: Literatuurstudie

Deelonderzoek 2: Ontwerp

Deelonderzoek 3: Materialisatie

# **Afstudeeropdracht FSE Sterkte van Draagconstructies bij Brand**

Ing. M.P. Lasker, Maart 2010

## **Deelonderzoek 1: Literatuuronderzoek**

### Onderzoeksvragen

Wat zijn de eisen die de Nederlandse wetgever stelt aan draagconstructies onder brandomstandigheden en welke zijn de verwachtingen van gebruikers en brandbestrijders.

Welke ontwikkelingen zijn vanuit de Europese Unie te verwachten.

Voegen inzichten vanuit de USA (NFPA) iets toe aan de Europese benadering.

### **Literatuursamenvatting**

#### Woningwet

De Woningwet regelt welke voorschriften gelden voor constructieve veiligheid, in de woningwet worden twee niveaus beschreven: een niveau voor nieuwbouw, aan dit niveau moet bij oplevering worden voldaan, en een niveau voor bestaande bouw, dit is een lager niveau waartoe een bouwwerk gedurende de levensduur mag vervallen.

#### Bouwbesluit

In het Bouwbesluit worden beide in de Woningwet beschreven niveaus uitgewerkt in functionele eisen. Een van de manieren om aan de functionele eis te voldoen is het voldoen aan omschreven prestatie-eisen. Een alternatief is het middels artikel 1.5 van het Bouwbesluit op andere wijze voldoen aan de functionele eis.

De functionele eis ten aanzien van de sterkte bij brand is verwoord in artikel 2.8: een te bouwen bouwwerk heeft een bouwconstructie die zodanig is dat het bouwwerk bij brand gedurende "redelijke tijd" kan worden verlaten en doorzocht, zonder dat er gevaar voor instorting is. Voor bestaande gebouwen geldt eenzelfde omschrijving (artikel 2.11), waarbij de formulering luidt "...enige tijd...".

Vertaald in prestatie-eisen leidt dit voor nieuwbouw tot een sterkte bij brand van de hoofddraagconstructie vertaald in een tijdsduur van 0, 30, 60, 90 of 120 minuten (afhankelijk van de functie en hoogte van het bouwwerk) tot het overschrijden van de grenstoestand bij het belastinggeval brand. Bij gebouwen hoofdzakelijk vervaardigd van beton en staal mag de sterkte bij brand met 30 minuten worden gereduceerd. De argumentatie voor deze reductie is de permanente vuurlast van het bouwwerk, hier wordt kennelijk een ander verwacht brandgedrag vertaald in een lagere prestatie-eis, bij een gelijkblijvende opgelegde thermische belasting.

Voor bestaande bouwwerken is dit 20, 30 of 60 minuten (afhankelijk van de gebruiksfunctie en de hoogte) zonder mogelijkheid tot reductie.

De belastingscombinaties die voor het bepalen van de sterkte bij brand moeten worden gebruikt staan voorgeschreven in de NEN 6702, hierin staat ook een beschrijving van wat onder de hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden wordt verstaan.

In het Bouwbesluit staan de normen voorgeschreven die moeten worden gebruikt voor de bepaling van de uiterste grenstoestand. Verder staan bepalingsmethodes voorgeschreven die gebaseerd zijn op de standaardbrandkromme. Op grond van artikel 1.5 mogen ook andere bepalingsmethodes (zoals de Eurocodes) worden gebruikt.

## Regeling Bouwbesluit

Artikel 4.24 beschrijft voor bestaande bouw dat bouwconstructies zodanig moeten zijn ontworpen dat het bezwijken van een onderdeel ten gevolge van brand niet tot onevenredig grote schade leidt.

## TNO Achtergronden BB 2007-D-R0929/B

Bij de conversie van het BB in 2003 zijn de eisen aan de constructie bij brand verzwaard ten opzichte van het in 1992 ingevoerde landelijke Bouwbesluit.

Stbl. 2001, 410 en Stbl. 1991, 680 (Bouwbesluit 1991): eisen met betrekking tot de sterkte bij brand hebben tot doel de gebruikers van een gebouw de gelegenheid te geven om zich tijdig naar buiten te begeven, en de brandweer om het gebouw te doorzoeken.

Voor lage gebouwen moet de sterkte bij brand van een hoofddraagconstructie 60 of 90 minuten bedragen. Voor hoge gebouwen en gebouwen waarin wordt geslapen moet de sterkte bij brand van een hoofddraagconstructie 120 minuten bedragen.

Bij gebouwen van moeilijk brandbare constructie mag 30 minuten reductie worden gegeven, voor deze reductie is geen onderbouwing gevonden in de zin van een beschrijving van het effect van de moeilijk brandbare constructie op de fysische ontwikkeling van brand.

De sterkte bij brand van een rookvrije vluchtroute moet 30 minuten bedragen voor nieuwbouw, hierbij is een relatie met de verderop benoemde brandbeveiligingsconcepten.

## Brandbeveiligingsconcepten 1996

De door een brede werkgroep samengestelde brandbeveiligingsconcepten vormen de basis voor regelgeving en kunnen nog steeds worden gebruikt voor het begrijpen van de achtergronden van de functionele eis "voldoende" uit het bouwbesluit. Uit de brandbeveiligingsconcepten is namelijk een normatief brandverloop af te leiden, uitgangspunt is dat brand binnen 15 minuten na het ontstaan wordt gemeld en dat 15 minuten na de melding het gebouw zonder hulp van de brandweer moet zijn ontruimd. In het normatief brandverloop is de brandweer na 60 minuten "brand meester".

Ook geven de brandbeveiligingsconcepten een definitie van de hoofddraagconstructie: dit wordt omschreven als deel van een constructie waarvan het bezwijken aanleiding geeft tot het bezwijken van niet in de directe omgeving gelegen delen van het gebouw.

## NEN normen / TGB 1990 / onderzoek N. Scholten

In de norm NEN 6702 zijn de bijzondere belastingscombinaties beschreven die moeten gerekend onder brandomstandigheden, alsmede de thermische belasting die moet worden gerekend (standaardbrandkromme). Belasting door regenwater of sneeuw wordt in het belastinggeval brand niet meegerekend, voor windbelasting wordt 20% genomen.

De TGB rekent met een gebruiksafhankelijke risicofactoren die deels wetenschappelijk onderbouwd zijn, deels voorkomen uit traditionele inzichten en / of gezond verstand.

Ten aanzien van brand zijn uiterste grenstoestanden gedefinieerd als verlies van statisch evenwicht, breuk, knik, of een bezwijkmechanisme in de constructie.

In aanvullingen op deze norm is een definitie van hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden gegeven, omdat noch in het Bouwbesluit noch in de norm een goede omschrijving van hoofddraagconstructie was gegeven. De geldende omschrijving uit 1991 omschreef de hoofddraagconstructie als een deel van de bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het bezwijken van constructiedelen die niet in de directe nabijheid van het bezwijken onderdeel liggen.

In de aanvullingen wordt ervan uit gegaan dat een eventuele instorting beperkt blijft tot het compartiment waarin de brand woedt. Verder is de omschrijving zodanig dat bij gebouwen waarbij het brandcompartiment zich over 4 of meer bouwlagen uitstrekt het bezwijken van een brandruimte niet mag leiden tot het instorten van een aangrenzende brandruimte. Hierbij is de definitie van brandruimte uit de NEN 6068 aangehouden waardoor in de utiliteitsbouw vaak een gehele verdieping als brandruimte geldt. In de woningbouw wordt een vergelijkbare systematiek gehanteerd.

Overigens hoeft bij het bezwijken van een bovenliggende verdieping geen rekening te worden gehouden met de dynamische belasting (stootbelasting) die dit oplevert, alleen de statische belasting moet worden gerekend. Kennelijk wordt er zonder onderbouwing van uit gegaan dat het bouwwerk voldoende sterkte heeft om stootbelasting te kunnen opnemen.

Er wordt op elementniveau gerekend: als een constructie-element bezwijkt wordt er van uit gegaan dat de gehele constructie bezwijkt.

De hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden wordt in de huidige TGB beschreven als deel van de bouwconstructie waarvan het bezwijken leidt tot het eveneens bezwijken van een bouwconstructie die niet in hetzelfde brandcompartiment is gelegen. Voor gebouwen met subbrandcompartimenten gelden aanvullende eisen.

Voor staalconstructies staat in de NEN 6072 de standaardbrandkromme als maatgevend voor het bepalen van de kritische staaltemperatuur ( en daarmee het bereiken van de grenstoestand) gegeven.

De kritische staaltemperatuur van een element kan worden bepaald op grond van de belastingsgraad, en een factor afhankelijk van het soort constructiedeel (ligger of kolom) en het aantal verhitte zijden.

Door de temperatuurstijging van het element te berekenen kan het tijdstip waarop de kritische staaltemperatuur wordt bereikt worden bepaald.

Er zijn wel correctiemogelijkheden voor het bekleden van constructies, effecten van een (lokaal) lagere staaltemperatuur kunnen niet worden gerekend.

Ook voor betonconstructies wordt uitgegaan van temperatuurstijging als gevolg van de standaardbrandkromme.

Voor houtconstructies worden inbrandsnelheden aangegeven waarmee de door brand gereduceerde doorsnede van de constructie kan worden bepaald. Hierbij wordt gesuggereerd dat een verband met de standaardbrandkromme bestaat. Behoudens voor stalen hechtplaten worden geen aanwijzingen gegeven voor het rekenen aan stalen verbindingsmiddelen. Voor het werken met onbeschermd stalen hechtplaten mag slechts met een zeer geringe sterkte bij brand gerekend worden ( 5 minuten), daarmee wordt merkwaardigerwijs weer heel goed aangesloten bij de internationale benadering van deze "fireman killers". Wat echter ontbreekt is een voorschrift voor het beschermen van plaatstalen verbindingsmiddelen indien meer dan 5 minuten sterkte bij brand vereist is.

Uniek aan rekenen met het belastinggeval brand is dat in afwijking met andere belastinggevallen de sterkte van de constructie (in de tijd) verandert, en dat er een aan tijd gebonden sterkte-eis ligt. Dit vergt van de constructeur andere inzichten dan de voor de overige belastinggevallen benodigde. De constructeur moet denken in scenario's die zich in de tijd ontwikkelen, daartoe is hij niet opgeleid.

### NIFV Modules

In de les en leerstof voor de brandweer wordt in algemene zin aangegeven dat er sprake is van een brandwerendheid op bezwijken voor hoge gebouwen tot 90 en 120 minuten. De systematiek van de regelgeving wordt niet toegelicht.

Repressieve brandweermensen en leidinggevenden ontvangen in hun les- en leerstof slechts zeer beperkte informatie over het gedrag van constructies bij brand.

In bijscholingsmodules wordt slechts aandacht besteed aan de signalen die het bezwijken van constructies inleiden (laagbouw) in de categorie "als je dit ziet moet je wegwezen".

### EU Bouwproductenrichtlijn (CPD)

De CPD is in eerste instantie gemaakt voor het vrij verkeer van goederen en diensten in Europa.

In de CPD worden essentiële eisen ten aanzien van het gedrag van constructies bij brand beschreven:  
-de sterkte van de constructie moet gedurende een gespecificeerde tijdsduur in stand blijven,  
-de gebruikers moeten het bouwwerk met of zonder hulp kunnen verlaten en er moet rekening worden gehouden met de veiligheid van hulpdiensten.

De vereiste tijdsduur is niet gespecificeerd, deze moet uit de lokale voorschriften van het betreffende EU land volgen.

Een onderliggend stuk is Interpretative document 2: Explanation of the essential requirement "safety in case of fire". Dit stuk bevat de basisbeschouwingen van de EU met betrekking tot brandveiligheid van gebouwen, en heeft rechtskracht bij de normontwikkeling.

Deze geeft naast toepassing van een standaardbrandkromme nadrukkelijk de mogelijkheid om met een natuurlijk brandmodel en Fire Safety Engineering te rekenen.

Een overzicht van constructieve eisen bij brand uit dit document:

#### ***Load-bearing capacity of the construction***

##### ***Statement of principles***

*The stability of the main structure of a construction works in case of fire is necessary:*

- to provide for the safety of the occupants during the time they are assumed to remain in the building,*
- to increase the safety of rescue teams and fire-fighters,*
- to guard against collapse of a building, causing injury to people,*
- to allow the construction products involved in fire safety to carry out their functions for the necessary time.*

*The required period of stability, usually expressed in terms of conventional fire resistance times, depends on the goals of regulators.*

Middels deze algemene constructieve eisen worden kaders gesteld die vervolgens door de EU landen in lokale eisen moet worden verpakt en door constructeurs in een goed technisch ontwerp moet worden vertaald.

### Eurocode 1990 (NEN-EN 1990 en NB:2007)

NEN EN 1990 is een geharmoniseerde Europese norm welke rechtskracht heeft in Nederland, in de loop van 2010 zal deze door het Bouwwerkbesluit wordt aangestuurd. Toepassing berust nu nog op artikel 1.5 van het Bouwbesluit.

De Eurocode 1990 geeft aan dat de basis voor het brandveilig ontwerp van constructies een maatgevend brandscenario moet zijn (paragraaf 5.1.4). Dit is dus niet altijd de standaardbrandkromme.

Het opstellen van maatgevende brandscenario's door voldoende gekwalificeerde personen wordt als uitgangspunt verondersteld, er zijn echter nauwelijks gekwalificeerde personen dan wel kwalificatieprofielen voor deze personen beschikbaar<sup>1)</sup>.

Met nadruk wordt de inbreng van installaties op de sterkte van de constructie als mogelijkheid gegeven.

In de Eurocode 1991-1-2 is het belastinggeval brand nader uitgewerkt: hier worden de mogelijkheden gegeven om de rookgastemperatuur in de brandruimte te bepalen:

-parametrische krommen (de standaard-, gereduceerde- en koolwaterstofkromme).

-eenvoudige brandmodellen waarin tenminste de vuurlast en de ventilatiecondities moeten worden gewogen, indien flashover onwaarschijnlijk is moet het effect van een lokale brand worden beoordeeld.

-geavanceerde modellen: zone- en CFD modellen. Het effect van een lokale brand mag worden gerekend.

Er wordt het begrip "equivalent time of fire exposure" geïntroduceerd waarmee een vergelijking tussen het opwarmend effect van de standaardbrandkromme en de feitelijke temperatuur in de brandruimte wordt bepaald. In de nationale bijlage wordt de koppeling tussen bezwijktijd en het Bouwbesluit gegeven.

De Eurocode 1991-1-2 vereist zowel het rekenen aan directe effecten (bezwijken) als indirecte effecten (uitzetting, het effect dat optreedt buiten de brandruimte). Verder moet, indien dit voortvloeit uit het brandscenario, ook de impact van het bezwijken van delen van het gebouw gerekend worden.

In de nationale bijlage van de Eurocode 1991-1-2 wordt een discrepantie tussen de Europese en de Nederlandse benadering van te hanteren risicofactoren gecorrigeerd. De Eurocodes stoppen de risicofactoren in de opgelegde belasting: de te rekenen temperatuurontwikkeling wordt afhankelijk van de risicofactor aangepast, verder worden risicofactoren toegekend aan bijvoorbeeld de aanwezigheid van een bedrijfsbrandweer en goede vluchtroutes. Dat hebben wij in Nederland (terecht) niet de juiste benadering gevonden.

De Eurocodes laten zowel het rekenen van het bezwijken op elementniveau als het rekenen met een tweede draagweg toe.

Bij brand hoeft slechts met 20% van de extreme windbelasting worden gerekend op onderdelen van de hoofd draagconstructie. Dit is geredeneerd vanuit kansperspectief begrijpelijk, maar vanuit technisch oogpunt merkwaardig omdat harde wind versterkende effecten heeft op de brandontwikkeling en daarbij zeker werking heeft op de thermische belasting.

#### NFPA 5000 building construction and safety code

In 2002 ontstaan als consensus-based code. In relatie tot brand is de doelstelling van de code "to provide *reasonable* safety from fire and similar emergencies for occupants and fire fighters....".

De prestatie-eisen zijn o.a. dat personen die zich niet nabij de plaats van ontstaan van brand bevinden beschermd zijn, en dat belendingen en de zich daarin bevindende personen beschermd zijn tegen verwondingen, dood of substantiële schade.

De fundamentele eis is verder dat de veiligheid van personen en de bescherming van goederen niet mag afhangen van een enkele barrière. Zo mag bijvoorbeeld het bezwijken van één constructie-element of het falen van één installatietechnische voorziening bij brand geen catastrofaal effect hebben.

1) o.a. de IFE (Institution of Fire Engineers) hanteert geaccrediteerde kwalificatieprofielen voor Fire Engineers, deze zijn echter nog niet afgestemd op de Eurocodes.

In paragraaf 7 worden de sterkte eisen aan constructies beschreven. Er wordt het begrip "structural element" wordt gehanteerd, die zijn alle constructie onderdelen die essentieel zijn voor de sterkte van het gebouw.

Er worden combinaties van constructies gedefinieerd met een sterkte bij brand (op basis van de standaardbrandkromme) op elementniveau van 0, 1, 2, 3 of 4 uur.

De sterkte bij brand eis hangt af van de hoogte van het bouwwerk, en het gebruik. Slaapgebouwen tot 3 bouwlagen hebben een sterkte bij brand van minimaal 1 uur, daarboven hebben constructiedelen die één verdieping dragen minimaal 2 uur; delen die meer dan één bouwlaag dragen hebben een sterkte bij brand van 3 of 4 uur.

In tegenstelling tot de in Nederland geldende eisen worden voor veel gebouwen ook sterkte bij brand eisen gesteld aan daken, c.q. de draagconstructie van het dak. Dit heeft te maken met de Amerikaanse inzichten over brandbestrijding.

Gebouwen hoger dan 23 meter worden high-rise buildings genoemd en moeten, naar aanleiding van een aantal catastrofale branden, zijn voorzien van een sprinklersysteem. Er wordt op grond van de aanwezigheid van het sprinklersysteem geen reductie gegeven op de sterkte bij brand (volgens het eerder genoemde principe dat het falen van één barrière geen catastrofaal effect mag hebben).

### **Beantwoording van de onderzoeksvragen**

#### Eisen vanuit de Nederlandse regelgeving

De doelstellingen zoals deze zijn geformuleerd in het Bouwbesluit beperken zich tot het veilig kunnen vluchten gedurende 30 minuten en het gedurende redelijke tijd kunnen doorzoeken, zonder dat er gevaar voor instorting is.

Er is sprake van een heldere definitie van de hoofddraagconstructie onder brandomstandigheden (mag niet leiden tot bezwijken buiten het compartiment). De definitie van een constructie-element waarvan het bezwijken leidt tot het onbruikbaar worden van een rookvrije vluchtroute is minder duidelijk. Er zijn tijdgebonden eisen geformuleerd voor het bereiken van de grenstoestand.

De vraag is echter of toepassing van genoemde heldere definitie van tot de hoofddraagconstructie bij brand te rekenen constructie elementen leidt tot het realiseren van de doelen die de wetgever (middels het bouwbesluit) en het publiek zich voorstellen, omdat er toch grote delen van een gebouw mogen instorten.

In algemene zin is er sprake van het ontbreken van motivatie van de te realiseren doelen van de sterkte van de draagconstructie onder brandomstandigheden in de Nederlandse regelgeving.

In de nadere uitwerking in normen wordt vooral bedoeld op het beperken van voortschrijdende instorting (progressive collapse), het brand- of rookcompartiment waar brand is ontstaan mag als het ware acuut en volledig instorten. In het Bouwbesluit is echter niet opgenomen dat het brand- of rookcompartiment waar de brand is ontstaan niet hoeft te worden doorzocht.

De onderliggende motieven (de noodzakelijke veiligheid voor hulpverleners, passanten, en de maatschappelijk onaanvaardbare gevolgen van het instorten van een hoog bouwwerk) zijn niet beschreven in de normen.

De gebruikte grenswaarden ontberen een logische samenhang, zo kan een slaapgebouw met een vloer lager dan 5 meter zonder sterkte bij brand eisen worden gebouwd, vanaf 5 meter geldt echter een 90 minuten-eis.

De reductie van 30 minuten bij gebouwen met een permanente vuurlast van minder dan 500 MJ/m<sup>2</sup> mist wetenschappelijke onderbouwing. Hier wordt op grond van een lage permanente vuurlast en een ander verwacht brandgedrag de sterkte-eis gereduceerd, het is echter volstrekt niet aannemelijk dat alleen als gevolg van een lagere permanente vuurlast een afwijkende gunstiger temperatuur-tijdontwikkeling zal ontstaan dan de standaardbrandkromme. Juist de inventaris is de bepalende factor voor de brandontwikkeling in een ruimte en de thermische belasting op de constructie.

Bij de in rekening te brengen belastingscombinaties wordt geen rekening gehouden met de gevolgen van een naar beneden stortende bouwconstructie op de daaronder gelegen constructie.

De benadering van sterkte bij brand op basis van afnemende grenstoestand van constructies maakt het voor constructeurs lastig om een heldere uitwerking van doelen te realiseren, omdat zij niet opgeleid om in scenario's te denken.

#### Verwachtingen van gebruikers en brandbestrijders

De verwachtingen van gebruikers zijn vooral af te lezen aan de publieke verontwaardiging als gevolg van het instorten van constructies, al dan niet als gevolg van brand, het publieke verwachtingspatroon is kennelijk dat met name hoge gebouwen niet mogen bezwijken.

Brandbestrijders ontvangen in hun opleiding geen informatie over de sterkte bij brand van gebouwen en het te verwachten bezwijkgedrag, meer specifiek: zij worden niet opgeleid om op bouwgedrag anders dan defensief te anticiperen bij het bestrijden van brand.

#### Ontwikkelingen vanuit de EU

In de CPD en onderliggende stukken is een duidelijke motivatie gegeven van de doelstellingen ten aanzien van sterkte bij brand, verder zijn er duidelijke bepalingmethoden gegeven. Deze bepalingmethoden worden in de verschillende EU-landen, zo ook in Nederland, op vooraf overeengekomen onderdelen door Nationale Bijlagen aangevuld of gewijzigd. In deze aanvullingen kunnen voor het betreffende land specifieke zaken worden ingebracht. Nederland heeft dit vrij uitvoerig en op terechte grondslagen gedaan ten aanzien van de toepassing van risicofactoren.

Er staat een uitgebreide "gereedschapkast" ter beschikking van de constructeur om maatgevende scenario's te bepalen en effecten door te rekenen. Constructeurs zijn echter niet opgeleid om al deze gereedschappen (die deels buiten hun vakgebied ingrijpen) goed te kunnen toepassen.

Ten aanzien van concrete sterkte-eisen die nodig zijn om aan de doelstellingen te voldoen wordt echter geen duidelijkheid gegeven, deze moeten uit lokale voorschriften komen. De conceptteksten uit het aanstaande bouwbesluit, waarin toepassing van de Eurocodes geregeld gaat worden, stemmen niet hoopvol: zij laten nog steeds tegenspraak met de essentiële vereisten uit de Eurocode toe.

#### Inzichten vanuit de USA / NFPA

De Amerikanen hebben duidelijke doelstellingen geformuleerd, en hanteren het principe dat er bij elementaire veiligheid en de bescherming van goederen nooit afhankelijkheid van één barrière mag ontstaan. Zij hanteren harde sterkte-eisen bij brand, die afhangen van de hoogte van het gebouw en de toegepaste constructie. Boven 23 meter worden uitsluitend gesprinklerde gebouwen toegestaan.

#### Bouwbesluit

In het komende bouwbesluit (als opvolger van het bouwbesluit) wordt onder meer de implementatie van de Eurocodes geregeld. In de ten tijde van het onderzoek bekende conceptteksten van het komende Bouwbesluit wordt gestreeft naar een betere omschrijving van het gewenste bezwijkgedrag bij brand. Het handhaven van de koppeling tussen constructieve sterkte bij brand en de

grens van het brandcompartiment leidt dit tot het mogen bezwijken van aanzienlijke delen van de constructie waardoor ten opzichte van de huidige voorschriften geen verbetering van het veiligheidsniveau lijkt te ontstaan.

### **Conclusies**

De Nederlandse regelgeving heeft een tegenspraak in zich tussen de geformuleerde functionele eisen (veilig ontluchten, mogelijkheid tot doorzoeken en bestrijden van brand) en de prestatie-eisen, en geeft geen duidelijke motivatie ten aanzien van de doelstellingen van de sterkte bij brand van constructies. Het is kennelijk toelaatbaar dat bij brand grote delen van bouwwerken bezwijken.

De huidige bepalingmethoden zijn op zich helder, echter niet altijd logisch of wetenschappelijk onderbouwd (20% windbelasting, geen stootbelasting, permanente vuurlast).

De theoretische standaardbrandkromme speelt een doorslaggevende rol in de bepalingmethoden.

Het is aannemelijk dat niet kan worden voldaan aan de verwachtingen die het publiek en brandbestrijders hebben van bouwwerken.

Brandbestrijders worden niet structureel geschoold in het te verwachten gedrag van draagconstructies bij brand in relatie tot het repressieve werk.

De Eurocodes en achterliggende stukken verschaffen heldere en onderbouwde sterkte-eisen, ook de motivatie achter deze eisen is helder. De vertaling van deze eisen in het komende bouwwerkbesluit lijkt ongenueanceerd en niet onderbouwd plaats te gaan vinden. De zo ontstane niet eenduidige doelomschrijving leidt ertoe dat met de aanstaande aanwijzing van de Eurocodes in het Bouwbesluit ( of het Bouwwerkbesluit) op dit front geen verbetering zal optreden. Sterker nog: het lijkt erop dat met nationale regelgeving in de hand de constructieve eisen vanuit de EU afgezwakt kunnen worden zodat bij brand nog steeds grote delen van een bouwwerk mogen instorten.

Het juist invullen van de in de Eurocode aangegeven maatgevende brandscenario's is een nieuwe uitdaging voor constructeurs waarbij zeker de expertise van vakspecialisten (Fire Safety Engineers) vereist is.

### **Naschrift van de onderzoeker**

In de bekende definitie van het begrip Risico ( kans x effect) wordt door de wetgever (zonder dat deze zich daar kennelijk van bewust is) de kans-zijde van de constructieve veiligheid beïnvloed door:

- het creëren van openingen in de regelgeving die het niet voldoen aan essentiële eisen toelaten,
- de introductie van nieuwe, meer complexe, bepalingmethoden die vaardigheden vraagt van ontwerpers en toetsers waarvoor zij niet zijn opgeleid.

Gezien de menselijke en maatschappelijke gevolgen van het bezwijken van grote bouwwerken (hoogbouw, parkeerkelders) als gevolg van brand is dit uitermate onwenselijk.

Het is onbegrijpelijk dat een aantal hoofdrolspelers (waaronder de brandweer maar ook verzekeraars) zich niet inzetten voor verbetering, c.q. deze verslechtering aan de kans-zijde toelaten.

## Literatuuroverzicht

Woningwet zoals geldig in Januari 2010

Bouwbesluit 2003 en regeling bouwbesluit zoals geldig in Januari 2010

TNO rapport 2007-D-R0929/B achtergronden bouwbesluit

NEN 6702 en aanvullingen A1 en A2

Artikel "hoofddraagconstructie bij brand", Bouwen met Staal april 2006 , R. Hamerlinck en N. Scholten

Technische en Juridische grondslagen van de technische bouwregelgeving Woningwet en Bouwbesluit, N.P.M. Scholten 2001, hoofdstuk 12.2: Sterkte van de bouwconstructie.

NEN 6071 brandwerendheid van betonconstructies

NEN 6072 brandwerendheid van staalconstructies

NEN 6073 brandwerendheid van houtconstructies

Eurocode 1990 en nationale bijlage

Eurocode 1991-1-2 en NB

[www.eurocodes.nl](http://www.eurocodes.nl)

[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/documents/legislation/interpretative-documents/doc2\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/documents/legislation/interpretative-documents/doc2_en.htm)

<http://www.brandveiligmetstaal.nl/pag/316/pagina.html>

[http://www.nieman.nl/content/files/BriP\\_0102.09.Brandveiligheid.pdf](http://www.nieman.nl/content/files/BriP_0102.09.Brandveiligheid.pdf)

SFPE Handbook 3rd edition, Structural Mechanics

NFPA 5000 building construction and safety code 2006 edition

NFPA Handbook 19th edition, Chapter 12-2 "Building Construction"

SFPE Magazine September 2009: Challenges facing Engineered Structural Fire Safety

NIFV Onderbrandmeester/ Brandmeester Repressie 2006

NIFV Adjunct Hoofdbrandmeester / OVD 2007

NIFV Veilig Represief Optreden, bijscholing voor bevelvoerder 2005

Brandweer Regio Groningen, aandachtskarten voor bevelvoerenden versie 2.0

Nieuwsitems instorten balkons in Maastricht (2003) parkeerdek van der Valk Tiel (2002) en brand TU gebouw Delft (2008)

Bouwwerkbesluit, concepttekst en toelichting 22 februari 2010

Brief ERB effecten bouwwerkbesluit 5 maart 2010

[www.ife.org.uk](http://www.ife.org.uk)

## **Afstudeeropdracht FSE Sterkte van Draagconstructies bij Brand**

Ing. M.P. Lasker, April 2010

### **Deelonderzoeken 2: Ontwerp**

#### Onderzoeksvragen

Wat is de gangbare werkwijze om te komen tot het ontwerp van constructies in relatie tot het bezwijkgedrag bij brand.

Zijn relevante eisen bij de ontwerper / constructeur voldoende bekend en leidt het ontwerptraject tot constructies die voldoen aan deze eisen.

Wat is de aard van eventuele knelpunten tijdens het ontwerpproces.

#### Deelonderzoek

Voor dit onderzoek zijn een aantal ervaren constructeurs geïnterviewd aan de hand van een lijst met open vragen. De gemiddelde duur van het gesprek was 1,5 uur.

Uit de verslagen van interviews is de volgende samenvatting gemaakt:

De geïnterviewden zijn het in grote lijnen eens met de samenvatting en conclusies van het literatuuronderzoek. Afhankelijk van de mate waarin zij zich in de Eurocodes hebben verdiept hebben zij de indruk dat met de komst van de Eurocodes geen spectaculaire verbeteringen op het gebied van de voorschriften zijn te verwachten, de verbeteringen zitten hem meer in de uitgebreidere "gereedschapkast" die de Eurocodes lijken te bieden.

Een uitzondering daargelaten maakten de geïnterviewden niet de indruk dat zij zich tot in detail verdiept hebben in de basisfilosofie en uitgangspunten van de sterkte bij brand. Verder werd desgevraagd aangegeven dat er weinig tot geen specifieke bijscholing was ontvangen.

Het is echter opvallend dat de geïnterviewden een grote mate van betrokkenheid bij de realisatie van de constructieve veiligheid bij brand toonden.

Deze betrokkenheid uit zich doordat de geïnterviewden die zich actief met het ontwerp van constructies bezig houden aangeven dat zij "iets" doen dat zij zelf van belang vinden. Opvallend is dat dit "iets" varieert:

- meenemen van 80% windbelasting,
- altijd voorkomen dat vloeren bezwijken,
- integer omgaan met de verantwoordelijkheid als constructeur en niet het slechts minimum doen.

Dit zou volgens de geïnterviewden verklaren waarom er slechts een beperkt aantal incidenten rondom het onderwerp sterkte bij brand bekend zijn.

Aan de andere kant geven de geïnterviewden aan dat er sprake is van aanzienlijke prijsdruk, en dat zij weten dat er collega's zijn die het onderwerp sterkte bij brand uitsluiten of domweg door het vermelden van de opmerking "draagconstructie 60 minuten brandwerend bekleden" hun verantwoordelijkheid wegschrijven.

De algemene werkwijze is dat in het opzetten van het constructief ontwerp op basis van aannames rekening wordt gehouden met dan bekende brandscheidingen, deze informatie wordt overigens niet altijd tijdig aangeleverd. Een van de knelpunten is dat bij het wijzigen van compartimentering in principe de basis voor het constructief ontwerp mee moet worden aangepast.

Vaak is het zo dat in de laatste fase van het ontwerp de sterkte bij brand als controleberekening wordt uitgevoerd, volgens geïnterviewden wordt, met de in de voorfase “op het gevoel” ingebrachte verzwaringen, in de regel voldaan. Indien niet voldaan wordt kunnen op dat moment door

De bescherming van constructies door bijvoorbeeld omtimmeren de prestaties verbeterd worden.

De constructeur geeft principe-details aan die door de aannemers (veelal buiten het zicht van de constructeur) omgezet worden in uitvoeringsdetails.

In geval van uitvoering in staal worden door de constructeur veelal geen verbindingen ontworpen, die hangen af van de bij de aannemer beschikbare technische mogelijkheden. Zo kan eenvoudig het zicht op de uiteindelijke uitvoering van de verbindingen verloren gaan.

De toepassing van natuurlijke brandmodellen voor gelijkwaardigheid en de bepalen van een “design fire” zien de geïnterviewden niet als taak voor de constructeur, hier ontstaat een rol voor de Fire Safety Engineer, de constructeurs werken deze opgelegde belastingen dan binnen de normen uit.

Er zijn bij constructeurs geen of weinig verwachtingen ten aanzien van toetsing van het ontwerp door de overheid.

### **Conclusie**

De geïnterviewde constructeurs toonden in het gesprek een grote mate van betrokkenheid en integriteit ten aanzien van het ontwerpen van constructies op sterkte bij brand. Zij verklaarden extra aandacht aan het onderwerp sterkte bij brand te besteden.

Er is echter geen sprake van een homogeen en diepgaand inzicht in de concepten die ten aanzien van sterkte bij brand maatgevend zijn.

## **Afstudeeropdracht FSE Sterkte van Draagconstructies bij Brand**

Ing. M.P. Lasker, Maart 2010

### **Deelonderzoek 3: Materialisatie**

#### Onderzoeksvragen

Welke zijn gebruikelijke methoden om te komen tot materialisatie van de sterkte-eisen bij brand.

Sluit de gekozen methode in de praktijk aan bij de in het project gekozen ontwerpfilosofie.

Worden de in de ontwerpfase vastgestelde sterkte-eisen in de praktijk afdoende gerealiseerd.

#### Deelonderzoek

Onderzoek naar de uitvoering van sterkte bij brand van diverse projecten, onderzoek projectdossiers en gesprekken met betrokkenen.

#### Object 1

Tuincentrum, constructieve aanpassing van een brandwerende scheiding in een bestaand licht stalen bouwwerk, na aanschrijving.

Er is een bezwijkmodel ontwikkeld waarbij ervan uit gegaan wordt dat de bezwijkende delen constructief ontkoppeld worden van de brandscheiding door het aangrijpingspunt van deze delen omlaag te brengen naar de fundering.

De brandscheiding is momentvast op de fundatie gezet en wordt door het bezwijken van dragende delen niet beïnvloed.

De constructeur heeft geen toepassing gegeven aan de mogelijkheid tot een tweede draagweg, door uit te gaan van bezwijken is rekenwerk aan de kritische staaltemperatuur vermeden.

Deze hoge mate van zekerheid wordt deels ingegeven doordat dit bouwwerk onder bijzondere aandacht van het bevoegd gezag stond.

#### Object 2

Industriegebouw 5.000 m<sup>2</sup>, ontwerp gebaseerd op de methode Beheersbaarheid van Brand, daardoor eisen aan de sterkte bij brand van de verdiepingsvloer. Sterkte bij brand "vergeten" bij de uitvoering. Na aanschrijving alsnog bepaling van de feitelijke sterkte van de draagconstructie.

Achteraf bepalen van het brandscenario en toepassing van het natuurlijk brandmodel, vergelijking van de optredende temperaturen met de klassiek berekende kritische staaltemperatuur (brawesta).

Aanname bezwijken staalconstructie bij bezwijken van één dragend element, zonder verdere onderbouwing. Hier wordt kennelijk naar het beoogde resultaat toe gerekend.

#### Object 3

Bestaand kantoorgebouw (oudste deel bouwjaar rond 1900) ombouw tot hotel, 3 bouwlagen. Deels traditionele bouw met houten balklagen, deels betonconstructie 1960. Veel stalen balken in doorbraken.

Aanname van voldoende sterkte op niveau bestaande bouw, hiervoor ontheffing verkregen. Inspanningsverplichting om nieuwbouw na te streven zonder aanvullende bewijslast behoudens omtimmeren alle dragende stalen delen.

#### Object 4

Meubelzaak 3.000 m<sup>2</sup> over 1 bouwlaag. Deel sloop en herbouw van ongeveer 500 m<sup>2</sup> over 2 bouwlagen. Door bevoegd gezag nieuwbouwniveau vereist en gehandhaafd voor het nieuw gebouwde deel. Constructies ontkoppelen van de nieuwbouw, openingen middels brandschermen dichtgezet. Delen stalen liggers in de bestaande bouw omtimmerd zonder berekening

Aanvraag ontheffing niveau bestaande bouw afgewezen, in het vergunningtraject veel aandacht voor de uitvoering van de constructie.

Wettelijk niveau met veel kosten gehaald, redelijke verwachtingen van publiek en hulpverleners lijken niet gerealiseerd. Samenhang van constructieve veiligheid in het gebouw ontbreekt.

#### Object 5

Monumentaal postkantoor 3 bouwlagen, verbouw tot bijeenkomstfunctie met hoge bezettingsgraad.

Spinklersysteem aangebracht, daarbij dragende stalen delen zonder verdere onderbouwing brandwerend omtimmeren.

#### Object 6

Modezaak , nieuwbouw 3 bouwlagen (met kelder) aan bestaande bouw. Betonconstructie voor kelder en begane grond, verdieping stalen draagconstructie. Brandwerend betimmerd o.b.v. kritische staaltemperatuur 500 C en standaardbrandkromme.

In de bestaande bouw alle staal zonder verder rekenwerk omtimmerd.

#### Object 7

Intratuin scheiding magazijn /winkel over 2 bouwlagen. Kolommen staalconstructie gevuld met beton, zonder nadere berekening. Liggers magazijndeel omtimmerd op basis van een kritische staaltemperatuur van 500 graden C. Liggers in de winkel (lichte vakwerkconstructie met polycarbonaatdak) gerekend met natuurlijk brandmodel en lokaal bezwijken van 1 ligger.

Op aanwys van de brandweer in de uitvoering verdere delen omtimmerd.

#### Object 8

Industriegebouw 1.200 m<sup>2</sup>. Indicatie op de tekening "staalconstructie brandwerend omtimmeren".

Bij uitvoering alleen liggers omtimmerd.

#### Object 9

Winkel met bovenliggende woningen, tijdens de bouw na opmerking van bouwtoezicht hoofddraagconstructie geïdentificeerd en eisen geformuleerd, deze zijn in de uitvoering door omtimmeren zonder nadere berekening van alle staaldelen gematerialiseerd.

#### Object 10

Opslaggebouw / distributiecentrum 10.000 m<sup>2</sup>, met 2 bouwlagen kantoren. Opmerking op de tekening kolommen 60 minuten brandwerend bekleden, geen nadere onderbouwing.

## Object 11

Ondergrondse besloten parkeergarage, twee bouwlagen. Constructie uit voorgespannen betonliggers, lengte >15 meter, liggers in de parkeergarage onbeschermd tegen brand. Geen tweede draagweg.

## Discussie

In bijna geen van deze projecten is een onderbouwing aangetroffen van uitgangspunten en aannames, of een uitwerking van een bezwijkmodel. Er zijn grote verschillen in de moeite die de constructeur of ontwerper doet om zekerheden te genereren.

Het maakt kennelijk iets uit of de gemeente meer of minder aandacht besteed aan het project, de indruk bestaat dat aannemers in de uitvoering geen bijzondere moeite doen tenzij door het bevoegd gezag hierom gevraagd wordt.

Het wordt niet duidelijk welke motieven de bij deze projecten betrokken constructeurs hebben bewogen om in de uitwerking en uitvoering van de sterkte bij brand overwegend conceptloos en afwachtend te acteren.

Het (achteraf als "reparatie") brandwerend schilderen of bespuiten van constructiedelen is in het onderzoek, ook bij navraag, niet als gebruikelijke methode geïdentificeerd, kennelijk is dit een nichemarkt. Nader onderzoek <sup>1)</sup> heeft uitgewezen dat het bij toepassen van brandwerende verven vaak het nodige voorwerk moet worden gedaan om het bevoegd gezag mee te krijgen.

Verder is het onduidelijk welke motieven aannemers bewegen om in de uitvoering geen aandacht aan de sterkte bij brand van constructies te besteden. Er worden brandwerende scheidingsconstructies gebouwd zonder enige voorziening aan de dragende constructie aan te brengen.

## Conclusie

Doel van dit deelonderzoek was om te bepalen welke gebruikelijke methoden zijn om te komen tot materialisatie, en of de gekozen materialisatie aansluit bij de ontwerpfilosofie.

Er blijkt in de onderzochte projecten, uitzonderingen daargelaten, geen sprake van een consistent toegepaste ontwerpmethodologie.

Ook ten aanzien van de materialisatie zijn nauwelijks projecten aangetroffen waarbij sprake is van een in ontwerpstadium doordacht concept.

In hoeverre de in de ontwerpfase vastgestelde sterkte-eisen worden gerealiseerd blijft onduidelijk.

Kennelijk speelt het bevoegd gezag alleen een procedurele en geen inhoudelijke rol bij de beoordeling van het constructief ontwerp op sterkte bij brand. Een legitieme vraag is of de brandweer als adviseur van BWT wel een gedegen oordeel kan geven over constructies.

<sup>1)</sup> Brandweerkennisnet, Fireforum