

DE BRAND- WEERSTAND VAN CONSTRUCTIES EN DE EUROCODES

DEEL 2 : BEREKENING VAN HET BRANDGEDRAG VAN HOUTCONSTRUCTIES

Yves Martin, ir., onderzoeker, afdeling Structuren, animator Normen-Antenne "Brandpreventie", WTCB

Benoît Parmentier, ir., projectleider, afdeling Structuren, animator Normen-Antenne "Eurocodes", WTCB

Dit artikel vormt het tweede deel van een reeks van drie artikels over de berekening van de brandweerstand van constructies met behulp van de Eurocodes. In dit tweede luik bespreken we de voornorm NBN ENV 1995-1-2 *Eurocode 5 Ontwerp van houten draagsystemen. Deel 1-2 : Algemene regels. Draagsysteemberekening bij brand*. Voor het dimensioneren van houtconstructies bij normale temperatuur verwijzen we onder meer naar het artikel over houten draagvloeren in woningen, verschenen in de zomereditie 2001, alsook naar het artikel over houten dakconstructies in het huidige Tijdschrift.

1 BASISPRINCIPES

Zoals we reeds uitgelegd hebben in het eerste luik, berust de berekening van de stabiliteit bij brand van structurelementen overeenkomstig de Eurocodes op het volgende principe :

een structurelement zal weerstand bieden tegen brand zolang $E_{d,fi,t} \leq R_{d,fi,t}$,

met $E_{d,fi,t}$ de invloed van de belastingen die in rekening moeten gebracht worden bij brand (deze invloed is constant in de tijd), en $R_{d,fi,t}$ het draagvermogen, dat kleiner wordt naarmate de temperatuur verhoogt, dus na verloop van tijd.

De Eurocode bepaalt de weerstand aan een genormaliseerde brand (uitgedrukt in minuten) als het vermogen van een constructie, of een deel ervan, om de vereiste (dragende of scheidende) functies te vervullen bij opwarming volgens de genormaliseerde temperatuur-tijdscurve [9] en gedurende een bepaalde tijd.

Deel 1-2 van Eurocode 5 behandelt de brandweerstand van houten bouwdelen en maakt het mogelijk het verlies aan weerstandsvermogen van hout te bepalen, afhankelijk van de duur van de (genormaliseerde) brand [3].

2 MECHANISCHE EIGENSCHAPPEN

Voor de dimensionering in een brandsituatie onderscheidt men de volgende rekenwaarden voor de mechanische eigen-

schappen van houten bouwdelen :

◆ berekening van de sterkte :

$$f_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}} \quad [1]$$

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{E_{k,0.05}}{\gamma_{M,fi}} \quad [2]$$

◆ berekening van de doorbuiging :

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} \frac{E_{gemiddeld}}{\gamma_{M,fi}} \quad [3]$$

waarbij :

$f_{fi,d}$ = rekenspanning in geval van brand
 f_k = karakteristieke spanning bij normale temperatuur

$k_{mod,fi}$ = factor die rekening houdt met de invloed van de temperatuur en de houtvochtigheid op de karakteristieke breukspanning van hout. Deze factor vervangt de k_{mod} -coëfficiënt uit de voornorm NBN ENV 1995-1-1

k_{fi} = factor voor de conversie van de karakteristieke waarde in gemiddelde waarde (1,25 voor massief hout en 1,15 voor elementen uit gelijmd-gelamelleerd hout en platen)

$\gamma_{M,fi}$ = partiële veiligheidscoëfficiënt (= 1) op de karakteristieke sterkte van de materialen (beton, staal, hout, ...) in geval van brand

$E_{fi,d}$ = berekende elasticiteitsmodulus in geval van brand

$E_{gemiddeld}$ = gemiddelde elasticiteitsmodulus bij normale temperatuur.

3 CARBONISATIE-SNELHEID

De regels uit de voornorm NBN ENV 1995-1-2 voor het dimensioneren van houten bouwdelen bij brand berusten op de carbonisatie (verkoling) van de houten sectie : bij berekening van de mechanische sterkte van het houten element moet men geen rekening houden met het verkoolde sectiedeel. Als men de voortgangssnelheid van het carbonisatiefront kent, dan kan men deze beschadigde zone bepalen en de brandweerstand van de houten bouwdelen berekenen.

Het derde hoofdstuk van de voornorm NBN ENV 1995-1-2 is gewijd aan de bepaling van de carbonisatiesnelheid β_0 . Deze kan als constant beschouwd worden, omdat ze eigenlijk enkel afhangt van het type materiaal en de volumieke massa ervan (hoe zwaarder het hout, hoe trager de carbonisatie).

De in de voornorm NBN ENV 1995-1-2 opgenomen carbonisatiesnelheden zijn samengevat in tabel 1.

Daarna moet men nagaan of de nuttige sectie, die nog niet aangetast is door brand, nog voldoende groot is om de krachten op te nemen.

Om de brandweerstand van houten bouwdelen te berekenen, steunt de voornorm NBN ENV 1995-1-2 aldus op de carbonisatiesnelheid om de overblijvende of tegen de vlammen beschermde sectie te bepalen. Er worden drie rekenmethoden onderscheiden : de eerste twee zijn vereenvoudigde methoden, terwijl de derde een gevorderde methode is [9] (deze laatste wordt hier enkel vernoemd; de warmte-eigenschappen waarop ze gebaseerd is, kan men terugvinden in bijlage E van de voornorm). De eerste twee methoden worden hierna beschreven.

4.1 METHODE 1 : NUTTIGE SECTIE

Men bekomt de nuttige sectie door van de oorspronkelijke sectie over de hele door het vuur aangetaste omtrek (elke aan het vuur blootgestelde zijde) een laag weg te nemen, waarvan de diepte d_{ef} overeenstemt met de carbonisatiediepte d_{char} , vermeerderd met een bepaalde factor, nl. :

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \times d_0 = \beta_0 \times (t - t_{pr}) + k_0 \times 7 \text{ [mm]} \text{ [5]},$$

waarbij :

β_0 = carbonisatiesnelheid in mm/min (zie tabel 1)

t = duur van de brand in minuten

t_{pr} = tijdsduur gedurende de welke het beschermingsmateriaal (als dit aanwezig is) het houten element effectief beschermt ⁽¹⁾

4 REKENMETHODEN VOOR BRANDSITUATIES

Het rekenprincipe van de brandweerstand van houten secties overeenkomstig de voornorm NBN ENV 1995-1-2 kan als volgt samengevat worden : *Van de oorspronkelijke houtsectie moet men een omtreklaag aftrekken, waarvan de dikte bepaald wordt door de carbonisatiesnelheid.*

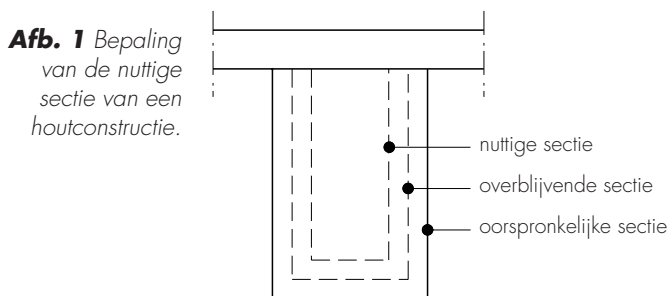
Tabel 1
Carbonisatiesnelheid.

TYPE HOUT	KARAKTERISTIEKE SPECIFIEKE DICHTHEID ρ [kg/m ³]	MINIMALE AFMETING d [mm]	CARBONISATIE-SNELHEID β_0 [mm/min]
Naaldhout + beukenhout : - massief hout - gelijmd-gelamelleerd hout	≥ 290 ≥ 290	35 -	0,8 ⁽¹⁾ 0,7
Gelijmd-gelamelleerd loofhout	≥ 290 ≥ 450 en eik	- -	0,7 ⁽²⁾ 0,5 ⁽²⁾
Houtachtige platen : - spaanplaten - andere houten platen	450 450	20 20	1,0 ⁽³⁾ 0,9 ⁽³⁾

(¹) Waarde te vermenigvuldigen met $\sqrt{290 / \rho_k}$ bij een dichtheid kleiner dan 290 kg/m³.
 (²) Bij massief hout : lineaire interpolatie tussen deze twee waarden.
 (³) Bij andere dichtheden en bij diktes die niet gelijk zijn aan 20 mm, zijn de waarden van de carbonisatiesnelheid te vermenigvuldigen met de vergelijkingen (3,4) en (3,5) uit de voornorm NBN ENV 1995-1-2.

(¹) Deze duur kan aan de hand van verschillende vergelijkingen berekend worden (zie § 6 van dit artikel en 3.2(2), C.3.1 en C.3.2 van de voornorm NBN ENV 1995-1-2).

- $k_0 \leq 1$ wordt als volgt bepaald :
- $k_0 = 0$ voor zover $t \leq t_{pr}$, waarbij t de duur van de brand is (vereiste brandweerstand van het houten element in minuten)
 - $k_0 = 1$ na 20 minuten als er geen bescherming is, na $(20 + t_{pr})$ minuten met een houten beschermingsplaat, na $(10 + t_{pr})$ minuten met een beschermingsplaat uit gips
 - voor de bepaling van tussenwaarden dient men gebruik te maken van tabel 2.



Tabel 2 k_0 -waarden.

BESCHERMINGSWIJZE	VOORWAARDEN	k_0 -WAARDE
Onbeschermd oppervlak	$t \leq 20$ min	$k_0 = \frac{t}{20}$
Oppervlak beschermd met houten platen	$t - t_{pr} < 20$ min	$k_0 = \frac{t - t_{pr}}{20}$
Oppervlak beschermd met gipsplaten	$t - t_{pr} < 10$ min	$k_0 = \frac{t - t_{pr}}{10}$

Zo bekomt men een verkleinde sectie waarvoor de normale sterkte-eigenschappen van hout bewaard blijven. Bij het dimensioneren van houten bouwdelen in warme toestand met de methode van de nuttige sectie – d.i. de eenvoudigste – moet de $k_{mod,fi}$ -coëfficiënt uit vergelijkingen [1] en [3] immers gelijk zijn aan 1 (wat betekent dat er geen verlies is aan weerstandsvermogen van de verkleinde sectie).

4.2 METHODE 2 : VERMINDERDE STERKTE EN STIJFHEID

In plaats van een factor op te tellen bij de carbonisatiediepte om de nog niet door brand aangetaste sectie te bepalen (methode 1), houdt de tweede methode zowel rekening met de verkleining van de oorspronkelijke sectie als met een vermindering van sterkte-eigenschappen van de verkleinde houtsectie : $k_{mod,fi} < 1$.

Men verkrijgt de verkleinde sectie door van de oorspronkelijke sectie over de hele door vuur aangetaste omtrek een laag met dikte d_{char} (carbonisatiediepte genoemd) af te trekken. Deze diepte wordt op twee manieren bepaald :

- ◆ zonder rekening te houden met de afronding aan de hoeken : $d_{char} = \beta_0 \times t$, waarbij β_0 de carbonisatiesnelheid volgens tabel 1 is (d.i. dezelfde carbonisatiesnelheid als bij de eerste methode)
- ◆ door rekening te houden met de afronding aan de hoeken ⁽²⁾ : $d_{char} = \beta \times t$, waarbij β de carbonisatiesnelheid uit tabel 3 volgt.

Tabel 3 Waarde van de carbonisatiesnelheid β .

HOUTSOORT	β [mm/min]
Naaldhout :	
- gelijmd-gelamelleerd : $\rho \geq 290$ [kg/m ³]	0,64
- massief : $\rho \geq 290$ [kg/m ³]	0,67
Massief of gelijmd-gelamelleerd loofhout : $\rho \geq 350$ [kg/m ³]	0,54

Verder wordt het verlies aan draagvermogen van het houten element in rekening gebracht met de coëfficiënt $k_{mod,fi} < 1$. De voornorm NBN ENV 1995-1-2 bepaalt $k_{mod,fi}$ afhankelijk van de thermische-massafactor van de overblijvende sectie (p/A_r) en van het belastingstype :

- ◆ factor voor de buigsterkte :

$$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{200} \times \frac{p}{A_R} \quad [6]$$

- ◆ factor voor de druksterkte :

$$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{125} \times \frac{p}{A_R} \quad [7]$$

- ◆ factor voor de treksterkte en de elasticiteitsmodulus :

$$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{330} \times \frac{p}{A_R} \quad [8],$$

met p de aan vuur blootgestelde omtrek van de verkleinde sectie [m] en A_R de oppervlakte van de verkleinde sectie [m²].

Om een houten element met de methode van de verminderde sterkte en stijfheid in warme toestand te dimensioneren, moet men dus :

1. de oorspronkelijke sectie verminderen tot een verkleinde sectie met behulp van de carbonisatiediepte d_{char}
2. het draagvermogen van deze verkleinde sectie verminderen met de $k_{mod,fi}$ -coëfficiënt.

⁽²⁾ Deze tweede variatie is moeilijker en wordt dus minder gebruikt. Voor de bepaling van de afrondingsstraal aan de hoeken verwijzen we naar de voornorm NBN ENV 1995-1-2 (afbeelding A.1).

Deze methoden worden hierna geïllustreerd met de dimensionering in warme toestand van twee constructie-elementen in een kantoorgebouw : een houten balk (methode van de nuttige sec-

tie) en een houten kolom (methode van de verminderde sterkte en stijfheid). We wijzen er wel op dat beide methoden zowel op kolommen als op balken kunnen toegepast worden.

Praktijkvoorbeeld 1 : houten balk ⁽³⁾ (methode van de nuttige sectie)

We beschouwen een houten draagvloer in een kantoorgebouw. De balken van de draagvloer hebben de volgende karakteristieken :

- ◆ massief naaldhout
- ◆ sterkteklasse C24 ⁽⁴⁾
- ◆ rechthoekige sectie van 75 x 250 mm
- ◆ overspanning $\ell = 5$ m
- ◆ hart-op-hart-afstand tussen de balken : $d = 40$ cm.

De balken staan op drie zijden bloot aan een standaardbrand. De karakteristieke blijvende belasting g_k bedraagt $0,5$ kN/m². De karakteristieke veranderlijke belasting q_k bedraagt 3 kN/m².

De vraag is de volgende : "Kan de balk gedurende 30 minuten weerstand bieden aan een standaardbrand ?". Om dit te berekenen, moet men nagaan of het weerstandsmoment van de balk na een standaardbrand van 30 minuten groter is dan het belastingsmoment bij brand.

1. Berekening van het buigende belastingsmoment

De belasting, uitgeoefend bij het begin van de brand, wordt bepaald met behulp van de toevallige belastingscombinatie [9] :

$$N_{fi,d} = \sum_{GA} \times G_{k,i} + \Psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \Psi_{2,j} \times Q_{k,j} = 1 \times G_k + 0,5 \times Q_k = 2 \text{ kN/m}^2.$$

Bij vermenigvuldiging van deze oppervlaktebelasting met de hart-op-hart-afstand tussen de balken krijgen we de lijnbelasting van een balk :

$$q_{fi,d} = 2 \times 0,40 = 0,8 \text{ kN/m}.$$

Hiermee kunnen we het maximale buigende belastingsmoment in het midden van de betrokken balk bepalen : $M_{fi,d} = \frac{q_{fi,d} \times \ell^2}{8} = 2,50 \text{ kNm}$.

2. Berekening van het buigende weerstandsmoment na 30 minuten standaardbrand

We gaan ervan uit dat : $\sigma = M \frac{v}{I} \rightarrow M_{R,fi,t} = f_{fi,d,30} \times \frac{I}{v}$, met $f_{fi,d,30}$ = berekende sterkte na 30 minuten standaardbrand

I/v = buigmodulus van de verkleinde sectie na 30 minuten standaardbrand.

- ◆ Verkleinde sectie na 30 minuten standaardbrand

De effectieve diepte is gelijk aan : $d_{ef} = d_{char} + k_0 \times d_0 = \beta_0 \times (t - t_{pr}) + k_0 \times 7 = 31$ mm, met $\beta_0 = 0,8$ mm/min (tabel 1, massief naaldhout)

$$k_0 = 1$$

$$t = 30 \text{ min}$$

$$t_{pr} = 0 \text{ min (geen bescherming)}.$$

We bepalen vervolgens de nuttige sectie (balk blootgesteld op drie zijden) : - breedte = $b - 2 \times d_{ef} = 75 - 62 = 13$ mm

- hoogte = $h - d_{ef} = 250 - 31 = 219$ mm.

De buigmodulus van deze verkleinde sectie bedraagt dus : $\frac{I}{v} = \frac{b \times h^2}{6} = \frac{13.219^2}{6} = 103.916 \text{ mm}^3$.

- ◆ Berekende sterkte bij brand

De formule [1] kan in dit geval als volgt geschreven worden ⁽⁴⁾ :

$$f_{fi,d,30} = 1,0 \times 1,25 \times \frac{24}{1,0} = 30 \text{ N/mm}^2.$$

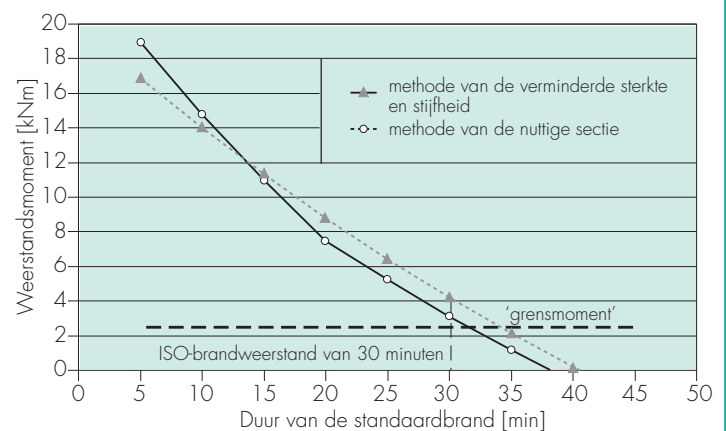
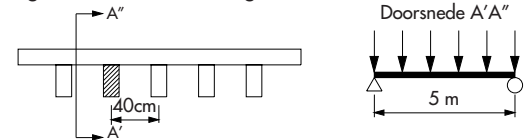
Hiermee kunnen we het weerstandsmoment na 30 minuten standaardbrand berekenen : $M_{R,fi,t} = 3,12 \text{ kNm}$.

3. Besluit

Het weerstandsmoment van de houten balk na 30 minuten standaardbrand is groter dan het belastingsmoment bij brand.

We kunnen dus besluiten dat de houten balk een stabiliteit van 30 minuten biedt bij een standaardbrand. Bij toepassing van de tweede methode (verminderde sterkte en stijfheid) krijgen we een waarde van $4,19$ kNm voor het weerstandsmoment na een standaardbrand van 30 minuten. Dit is dus hoger dan het weerstandsmoment verkregen met de eerste methode. Door deze berekening uit te voeren met verschillende blootstellingsduren aan standaardbrand, kan men voor de twee methoden de evolutie van de weerstandsmomenten voorstellen, afhankelijk van de duur van de brand.

Afb. 2 Statisch schema van de houten balk.



Afb. 3 Evolutie van de weerstandsmomenten afhankelijk van de duur van de standaardbrand, volgens de twee rekenmethoden voor het beschouwde voorbeeld.

⁽³⁾ Voorbeeld afgeleid uit het examen ter afsluiting van de vormingscyclus "Résistance au feu des constructions : application des Eurocodes", georganiseerd door de ULg.

⁽⁴⁾ Sterkteklasse voor naaldhout overeenkomstig de norm NBN EN 338 : $f_{m,k}$ (buiging) = 24 N/mm². Zie ook literatuurlijst [10].

Praktijkvoorbeeld 2 : houten kolom (methode van de verminderde sterkte en stijfheid) ⁽⁵⁾

We beschouwen een houten kolom in een kantoorgebouw. De kolom heeft de volgende karakteristieken :

- ◆ massief naaldhout met sterkteklasse C24 ⁽⁶⁾
- ◆ tweeledig
- ◆ vierkante sectie van 250 x 250 mm
- ◆ hoogte h = 3,5 m.

De kolom wordt op vier zijden blootgesteld aan een standaardbrand. De karakteristieke blijvende belasting G_k bedraagt 140 kN, de karakteristieke veranderlijke belasting Q_k 60 kN.

Kan de kolom gedurende 60 minuten weerstand bieden aan een standaardbrand ? Om dit te berekenen, moet men nagaan of de kniksterkte van de kolom na 60 minuten standaardbrand voldoende hoog is.

1. Rekenwaarde van de belastingen (toevallige situatie)

De belasting, uitgeoefend bij het begin van de brand, wordt bepaald met de toevallige belastingcombinatie [9] :

$$N_{fi,d} = \sum \gamma_{GA} \times G_{k,i} + \Psi_{1,1} \times Q_{k,1} + \Psi_{2,i} \times Q_{k,i} = 1 \times G_k + 0,5 \times Q_k = 170 \text{ kN.}$$

2. Methode van de verminderde sterkte en stijfheid

Bij de berekening van een houten element in warme toestand volgens de methode van de verminderde sterkte en stijfheid, moet men enerzijds de verkleinde sectie bepalen en anderzijds rekening houden met een vermindering van het draagvermogen van deze verkleinde sectie.

- ◆ Verkleinde sectie na 60 minuten standaardbrand

De carbonisatiediepte is gelijk aan : $d_{char} = \beta_0 \times (t - t_{pr}) = 48 \text{ mm}$, met $\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min}$ (tabel 1, massief naaldhout)
 $t = 60 \text{ min}$
 $t_{pr} = 0 \text{ min}$ (geen bescherming).

We bepalen vervolgens de verkleinde sectie : - breedte = $b - 2 \times d_{char} = 250 - 96 = 154 \text{ mm}$
 - hoogte = $h - 2 \times d_{char} = 250 - 96 = 154 \text{ mm}$.

- ◆ Berekende sterkte bij brand

De vermindering van het draagvermogen van deze verkleinde sectie wordt bepaald met behulp van de $k_{mod,fi}$ -

coëfficiënt (voor de druksterkte) : $k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{125} \times \frac{p}{A_R} = 0,792$.

Formule [1] kan in dit geval als volgt geschreven worden : $f_{fi,d} = 0,792 \times 1,25 \times \frac{21}{1,0} = 2079 \text{ N/mm}^2$.

3. Berekening bij knik

Voor deze controle moet men nagaan of aan de formules uit § 5.2.1 van de voornorm NBN ENV 1995-1-1 [2] voldaan is. De door de zijdelingse belastingen veroorzaakte buigspanning is in ons voorbeeld gelijk aan nul. De te controleren formule is daarom gelijk aan :

$$\frac{\sigma_{c,0,fi,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,fi,d}} \leq 1$$

waarbij :

$f_{c,0,fi,d}$ = berekende druksterkte bij brand, d.i. 20,79 N/mm²

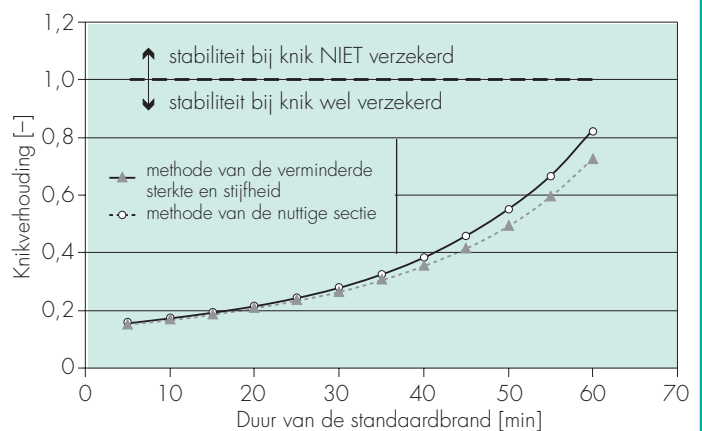
$\sigma_{c,0,fi,d}$ = berekende drukspanning bij brand, d.i. :

$$\frac{N_{fi,d}}{b \times h} = \frac{170 \text{ kN}}{154 \times 154} = 7,17 \text{ N/mm}^2$$

$k_{c,y} = 0,48$ volgens de norm NBN ENV 1995-1-1 (berekening in koude toestand).

De waarde van $\frac{N_{fi,d}}{b \times h} = \frac{170 \text{ kN}}{154 \times 154} = 0,72$.

Dit is kleiner dan 1. De knikspanning van de kolom na een blootstelling van 60 minuten aan een standaardbrand is dus lager dan de kritische spanning. De kolom zal iets langer dan een uur weerstand bieden aan een standaardbrand. Als men de berekening uitvoert met de methode van de nuttige sectie, is de verhouding waarmee men de kniksterkte kan nagaan, gelijk aan 0,82, en dus ook kleiner dan 1.



Afb. 4 Evolutie van de knikverhouding afhankelijk van de duur van de standaardbrand volgens de twee rekenmethoden voor het beschouwde voorbeeld.

⁽⁵⁾ Voorbeeld gebaseerd op de vormingscyclus "Résistance au feu des constructions : application des Eurocodes", georganiseerd door de ULg.

⁽⁶⁾ Sterkteklasse voor naaldhout volgens de norm NBN EN 338 : $f_{c,k}$ (druk) = 21 N/mm².

5 VERBINDINGEN

Het is niet voldoende dat houten constructie-elementen een voldoende brandweerstand hebben. Men moet er ook voor zorgen dat de verbindingen en hun steunpunten dezelfde weerstand hebben. Stalen verbindingen vormen immers vaak de zwakke schakel in een houtconstructie. Aangenomen wordt dat hout-op-hout- en hout-op-staalplaatverbindingen een weerstand tegen een standaardbrand bieden van 15 minuten als aan de voorwaarden uit hoofdstuk 6 van de voornorm NBN ENV 1995-1-1 voldaan wordt.

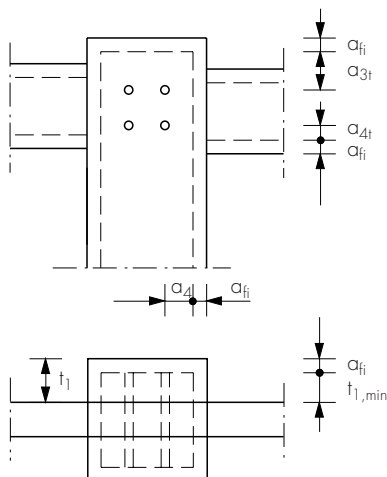
Om een betere brandweerstand te bekomen, moet men de voorschriften uit hoofdstuk 4.5 van de voornorm NBN ENV 1995-1-2 met betrekking tot de afmetingen van de verbindingen en hun draagvermogen controleren :

- ◆ *afmetingen van de verbindingen* (afb. 5) :
 - de dikte t_1 moet vermeerderd worden met de afstand

$$a_{fi} = \beta_0 (t_{fi,req} - 15),$$
 waarbij :
 - β_0 = carbonisatiesnelheid [mm/min] (zie tabel 1)
 - $t_{fi,req}$ = gewenste weerstand tegen de standaardbrand [min]
 - de afstanden tot de randen van het verbindingselement (a_{3t} en a_{4t}) (hoofdstuk 6 van de voornorm NBN ENV 1995-1-1) moeten met dezelfde waarde verhoogd worden, als :

$$a_{3t} < \beta_0(t_{fi,req} - 15) \text{ en } a_{4t} < \beta_0(t_{fi,req} - 15)$$

Afb. 5 Bijkomende dikte en afstanden tot de randen van het verbindingselement.



- ◆ *draagvermogen van de verbindingen* : volgens de voornorm NBN ENV 1995-1-2 moet men voor het bekomen van een standaardbrandweerstand van meer dan 15 minuten eveneens het aantal verbindingstukken of hun sterkte verhogen. Zo kan de berekening van hout-op-houtverbindingen bijvoorbeeld gebeuren door op het draagvermogen van de verbindingen een factor η toe te passen, die voor een blootstelling aan

een standaardbrand van 30 minuten gelijk is aan :

- 0,8 voor spijkers, pennen en verbindingklemmen met spijkers
- 0,45 voor bouten en verbindingklemmen met bouten.

Voor andere situaties (blootstellingsduur, verbindingstype, ...) verwijzen we naar § 4.5 en bijlage B van de voornorm NBN ENV 1995-1-2.

6 BRANDWERENDE BEKLEDINGEN VOOR HOUTEN CONSTRUCTIEDELEN

De bescherming van houten constructiedelen

kan bestaan uit stijve isolatieplaten of uit een impregnering met brandwerende zouten.

Volgens de voornorm NBN ENV 1995-1-2 moet de maximale tijdsduur voor het optreden van gebreken in brandwerende bekledingen meestal bepaald worden door een genormaliseerde proef [5]. Voor houten of houtachtige beschermingsplaten geeft deze voornorm een formule weer, waarmee men de maximale tijdsduur kan bepalen :

$$t_{pr} = \frac{t_p}{\beta_0} - t_r \quad [9],$$

waarbij :

t_r = 4 minuten

β_0 = carbonisatiesnelheid [mm/min] volgens tabel 1

t_p = dikte van de bekleding [mm].

De formules waarmee men de maximale tijdsduur kan bepalen voor het optreden van gebreken in andere beschermende bekledingen (bv. uit gips) worden gegeven in bijlage C.3 van de voornorm NBN ENV 1995-1-2.

Dit artikel kwam tot stand in het kader van de actie KMO Normen-Antennes "Brandpreventie" en "Eurocodes". Deze Normen-Antennes zijn binnen het WTCB opgericht met de steun van het ministerie van Economische Zaken. Ze hebben tot doel informatie over de brandpreventie en de Eurocodes zo ruim mogelijk te verspreiden naar de betrokken sectoren toe en in het bijzonder naar de KMO.

Voor meer informatie hieromtrent kan u terecht op de WTCB-internetsite, ofwel rechtstreeks contact nemen met het WTCB :

- ☎ 02/655.77.11
- ☎ 02/653.07.29
- ✉ info@bbri.be
- 🌐 http://www.bbri.be/antenne_norm

Praktijkvoorbeeld 3 : houten balk

We hernemen het voorbeeld 1 en stellen ons de vraag of een beschermende houten plaatbekleding met een karakteristieke specifieke massa van 450 kg/m^3 en een dikte van 3 cm gedurende 60 minuten weerstand biedt aan een standaardbrand.

Met formule [9] kunnen we de maximale tijdsduur bepalen voor het optreden van gebreken in de brandwerende houten beschermingsplaat :

$$t_{pr} = \frac{t_p}{\beta_0} - t_r$$

waarbij :

$t_r = 4$ minuten

$t_p =$ dikte van de bekleding [mm], d.i. 30 mm

$\beta_0 =$ carbonisatiesnelheid [mm/min] voor houten platen volgens tabel 1.

De dikte t_p is echter niet gelijk aan 20 mm, zoals vereist in de tabel. De voornorm NBN ENV 1995-1-2 geeft een conversieformule ⁽⁷⁾ voor dit plaattype met een andere dikte dan 20 mm :

$$\beta_0 = \beta_{0,450,20\text{mm}} \times k_p \times k_t = 0,9 \times 1 \times 0,816 = 0,735 \text{ mm/min}$$

waarbij : $k_p = \sqrt{450/\rho_k} = 1$

$$k_t = \min\left(\sqrt{20/t_p}; 1,0\right) = \min(0,816; 1,0) = 0,816.$$

Hieruit volgt dat $t_{pr} = 36,8$ minuten.

- ◆ Verkleinde sectie na een blootstelling van 60 minuten aan een standaardbrand

De "nuttige" carbonisatiediepte is gelijk aan :

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \times d_0 = \beta_0 \times (t - t_{pr}) + k_0 \times d_0 = 25,6 \text{ mm},$$

waarbij : $\beta_0 = 0,8 \text{ mm/min}$ (zie tabel 1 voor massief naaldhout)

$k_0 = 1$

$d_0 = 7 \text{ mm}$

$t = 60$ minuten

$t_{pr} = 36,8$ minuten.

Vervolgens bepalen we de nuttige sectie (voor een balk blootgesteld op drie zijden) :

– breedte : $b - 2 \times d_{ef} = 75 - 51,1 = 23,9 \text{ mm}$

– hoogte : $h - d_{ef} = 225 - 25,6 = 199,4 \text{ mm}$.

De buigmodulus van deze verkleinde sectie is gelijk aan :

$$\frac{I}{v} = \frac{b \times h^2}{6} = \frac{23,9 \times 199,4^2}{6} = 158.379 \text{ mm}^3.$$

- ◆ Berekende sterkte in geval van brand

Formule [1] kan in dit geval als volgt geschreven worden ⁽⁸⁾ :

$$f_{fi,d} = 1,0 \times 1,25 \times \frac{24}{1,9} = 30 \text{ N/mm}^2.$$

Het weerstandsmoment na 30 minuten standaardbrand bedraagt dan :

$$M_{R,fi,t} = 4,75 \text{ kNm}.$$

Deze bescherming volstaat om de balk een brandweerstand van 60 minuten te geven. Door berekening en iteratie kunnen we vaststellen dat een brandwerende plaat van dit type met een dikte $t_p > 26,55 \text{ mm}$ voldoende is om aan de betrokken balk een brandweerstand van 60 minuten te geven.

⁽⁷⁾ Vergelijking (3.3) uit de voornorm NBN ENV 1995-1-2.

⁽⁸⁾ Sterkteklasse voor naaldhout volgens de norm NBN EN 338 : $f_{m,k}$ (buiging) = 24 N/mm².

LITERATUURLIJST

- 1** Belgisch Instituut voor Normalisatie
NBN EN 338 Hout voor dragende toepassingen. Sterkteklassen. Brussel, BIN, 1995.
- 2** Belgisch Instituut voor Normalisatie
NBN ENV 1995-1-1 Eurocode 5 Ontwerp van houten draagsystemen. Deel 1-1 : algemene regels en regels voor gebouwen. Brussel, BIN, 1995.
- 3** Belgisch Instituut voor Normalisatie
NBN ENV 1995-1-2 Eurocode 5 Ontwerp van houten draagsystemen. Deel 1-2 : Algemene regels. Draagsysteemberekening bij brand. Brussel, BIN, 1995.
- 4** Bruls A. en Vandevelde P.
Brandveiligheid in gebouwen. Deel 1 : passieve beveiliging. Gent, Instituut voor Brandveiligheid (ISIB), mei 2000.
- 5** Europees Comité voor Normalisatie
prEN ENV 13381-7 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members. Part 7 : Applied protection to timber members. Brussel, CEN, 2000.
- 6** Franssen J.-M.
Module 8. Eurocode 5 : bois. Uitgegeven in het kader van de opleiding voor Fire Safety Engineering «Résistance au feu des constructions. Application des Eurocodes», Université de Liège, november 2000.
- 7** Lassoie L.
Dimensioneren van houtconstructies. Deel 1 : draagvloeren in woningen. Brussel, WTCB-Tijdschrift, nr. 2, 2001.
- 8** Lassoie L.
Dimensioneren van houtconstructies. Deel 2 : houten dakconstructies. Brussel, WTCB-Tijdschrift, nr. 4, 2001.
- 9** Martin Y. en Parmentier B.
De brandweerstand van constructies en de Eurocodes. Deel 1 : belasting op draagsystemen bij brand en berekening van het gedrag bij brand van betonconstructies. Brussel, WTCB-Tijdschrift, nr. 3, 2001.
- 10** Salomez L.
Constructiehout : een stand van zaken. Brussel, WTCB-Tijdschrift, nr. 2, 1994.