



Oranjevuitensingel 6  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag

## Bepalingsmethode warmtestralingsbelasting opslag van hout



## Inhoudsopgave

- Hoofdstuk 1            Inleiding
- Hoofdstuk 2            Bepalingsmethode warmtestralingsbelasting opslag van hout
  - 2.1        Inleiding
  - 2.2        Algemene uitgangspunten bij de bepalingmethode
  - 2.3        Beschermende maatregelen
    - 2.3.1      Automatische blusinstallatie (ABI)
    - 2.3.2      Afscherming warmtestraling
      - 2.3.2.1    Brandwerende wand
      - 2.3.2.2    Stralings scherm
      - 2.3.2.3    Aanpandig kwetsbaar object
    - 2.3.3      Overige maatregelen
  - 2.4        Beoordelingspunt
  - 2.5        Berekeningswijze
    - 2.5.1      Compact gestapeld hout
    - 2.5.2      Afzonderlijke binnen- of buitenopslag
    - 2.5.3      Combinatie binnen- en buitenopslag
    - 2.5.4      Oplopende stapelhoogte
- Hoofdstuk 3            Beschrijving berekeningsmethode buitenopslag hout
  - 3.1        Inleiding
  - 3.2        Algemene definities
  - 3.3        Afmetingen en typering houtstapel
  - 3.4        Vlamhoogtebepaling
  - 3.5        Vlamtemperatuur
  - 3.6        Zichtfactor
  - 3.7        Ongecorrigeerde invallende straling beoordelingspunt
  - 3.8        Reducerende maatregelen
  - 3.9        Transmissie
  - 3.10      Invallende straling beoordelingspunt (gecorrigeerd voor transmissie en beschermende maatregelen)
- Hoofdstuk 4            Beschrijving berekeningsmethode binnenopslag hout
  - 4.1        Inleiding
  - 4.2        Algemene definities
  - 4.3        Bronstraling
  - 4.4        Zichtfactor
  - 4.5        Invallende straling beoordelingspunt



## Hoofdstuk 1 Inleiding

Op verzoek van het Ministerie van VROM is in opdracht van InfoMil een “Bepalingsmethode warmtestralingsbelasting opslag van hout” opgesteld. Door het Ministerie van VROM is deze methode vastgelegd in deze VROM-publicatie. Deze methode kan worden toegepast bij de bepaling of een opslag van hout voldoet aan de gestelde warmtestralingsbelastingseisen in het Besluit bouw- en houtbedrijven milieubeheer en het Besluit opslag- en transportbedrijven milieubeheer. Ten aanzien van de opslag van andere brandbare stoffen is de bepalingmethode niet te gebruiken. Momenteel wordt onderzocht of de bepalingmethode kan worden uitgebreid voor een aantal andere veelvoorkomende brandbare stoffen.

De aanleiding voor het opstellen van deze publicatie is het van kracht worden van voorschriften met betrekking tot de opslag van brandbare stoffen in het Besluit bouw- en houtbedrijven milieubeheer (besluit van 15 juni 2000) en het Besluit opslag- en transportbedrijven milieubeheer (besluit van 22 juli 2000). In deze voorschriften is een norm opgenomen ten aanzien van warmtestralingsbelasting. Zowel vanuit de toezichthoudende overheid als het bedrijfsleven bleek er grote behoefte te bestaan aan een éénduidige bepalingmethode van warmtestralingsbelasting door de opslag van brandbare stoffen.

Ten aanzien van de opslag van hout is deze bepalingmethode opgesteld. Tevens is op basis van deze methode een gebruiksvriendelijk computermodel opgesteld dat is te downloaden van de site van InfoMil ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)).

Over deze bepalingmethode en het computermodel en derhalve ook de in de methode gehanteerde uitgangswaarden als vlamhoogte, vlamtemperatuur, etc. voor zowel binnen- als buitenopslagen van hout is overeenstemming bereikt in een overleggroep waarin de Nederlandse Emballage- en palletindustrievereniging (EPV) en de Vereniging voor houthandelaren (VVNH), het Nederlands Instituut voor Brandweer en Rampenbestrijding (Nibra), InfoMil, VROM en een aantal vertegenwoordigers van gemeenten (zowel vanuit de brandweer als het bevoegde gezag Wet milieubeheer) zitting hadden.

Met behulp van het computermodel kan door zowel het bevoegde gezag als het bedrijfsleven zelf voor een specifieke houtopslag op een simpele wijze een goede indicatie worden gegeven van het warmtestralingsbelastingsniveau op een bepaalde afstand van een houtopslag. Op deze wijze kan worden getoetst of voldaan wordt aan de in de amvb's gestelde eis met betrekking tot warmtestralingsbelasting. In de bepalingmethode en het computermodel wordt eveneens aandacht besteed aan de invulling van het begrip gelijkwaardige voorziening, zodat ook op een andere wijze dan het houden van een voldoende veilige afstand aan de norm kan worden voldaan.

Ten aanzien van het computermodel moet worden benadrukt dat het een instrument is waarvoor geldt dat het weliswaar een goede indicatie geeft van de warmtestralingsbelasting in een bepaalde situatie, maar dat moet worden benadrukt dat in bepaalde specifieke knelpuntsituaties of bij opslagen van hout die zich slecht laten weergeven in het computermodel een specifieke beoordeling door een deskundige noodzakelijk is.

Bij het opstellen van deze bepalingmethode is de door VROM voorgenomen wijziging van de voorschriften omtrent warmtestralingsbelasting in de Besluiten bouw- en houtbedrijven milieubeheer en opslag- en transportbedrijven milieubeheer als uitgangspunt genomen.

In deze publicatie worden in hoofdstuk 2 de algemene uitgangspunten bij de bepalingmethode weergegeven. In hoofdstuk 3 wordt de berekeningsmethode voor de buitenopslag van hout en in hoofdstuk 4 de berekeningsmethode voor de binnenopslag van hout besproken.

De onderbouwing van de in deze publicatie genoemde uitgangspunten is weergegeven in VROM-publicatie Onderbouwing van het model opgesteld bij de berekening van de bij een houtbrand optredende warmtestralingsniveaus.



## Hoofdstuk 2 Bepalingsmethode warmtestralingsbelasting opslag van hout

### 2.1 Inleiding

Bij brand wordt warmte in twee vormen geproduceerd namelijk in de vorm van warme lucht en in de vorm van warmtestraling vanuit de brand. Ten gevolge van de vrijkomende warmtestraling is branduitbreiding door brandoverslag mogelijk. Er wordt vanuit gegaan dat brandoverslag plaats vindt indien de warmtestralingsbelasting op een object  $15 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  of meer bedraagt. Op verzoek van VROM heeft InfoMil een door een breed samengestelde begeleidingsgroep gedragen voorstel gedaan het huidige voorschrift 1.6.13 in het Besluit als volgt te wijzigen:

‘Een brand op een inrichting ten gevolge van de opslag van brandbare stoffen, veroorzaakt gedurende ten minste 60 minuten op de gevel van een kwetsbaar object geen grotere stralingsbelasting dan  $15 \text{ kW}/\text{m}^2$ ’.

Dit advies is de basis voor de voorgenomen reparatiewijziging van de 8.40 amvb's op dit punt. Brandoverslag kan voorkomen worden door de opslag te situeren op voldoende afstand van te beschermen objecten alsmede door het nemen van beschermende maatregelen. Met behulp van de voorliggende bepalingmethode kunnen de warmtestralingsniveaus ten gevolge van een brand in een houtopslag in de omgeving berekend worden rekening houdend met eventuele beschermende maatregelen.

### 2.2 Algemene uitgangspunten bij de bepalingmethode

In de bepalingmethode wordt onderscheid gemaakt tussen binnen- en buitenopslag. Onder binnenopslag wordt in algemeenheid, in analogie met het gestelde in de woningwet, verstaan: opslag in een voor mensen toegankelijk gebouw geheel of gedeeltelijk omsloten door wanden (minimaal 2 wanden en een dak). Aangezien er dan per definitie sprake is van opslag in een gebouw zijn de eisen uit het Bouwbesluit van toepassing op de binnenopslag.

Voor het bepalen van de warmtestralingsniveaus ten gevolge van een brand in een buitenopslag van hout is in hoofdstuk 3 een berekeningsmethode gegeven.

Voor de berekening van de warmtestralingsniveaus ten gevolge van een brand in een binnenopslag wordt in hoofdstuk 4 een berekeningsmethode gegeven. Deze is opgesteld in analogie met het 'Brandbeveiligingsconcept: beheersbaarheid van brand'. Indien de in deze uitgave gegeven berekeningsmethode sterk inhoudelijke wijzigingen ondergaat (bijvoorbeeld met betrekking tot bronstralingsniveaus of vlamhoogtes) dienen deze te worden verwerkt in de berekeningsmethode zoals gegeven in hoofdstuk 4.

Indien het totaal van permanente en variabele vuurbelasting van de binnenopslag minder bedraagt dan het equivalent van  $20 \text{ kg vurenhout per m}^2$  (vheq per  $\text{m}^2$ ) is het niet noodzakelijk het betreffende gebouw in de beoordeling te betrekken.

Ter voorkoming van branduitbreiding ten gevolge van direct vlamcontact en/of convectieve warmteoverdracht dient de afstand tussen de opslag van hout en het kwetsbare object altijd minimaal 5 m te bedragen tenzij effectieve beschermende maatregelen zoals bijvoorbeeld een brandwerende wand worden getroffen (zie ook paragraaf 3).

Warmtestralingsniveaus ten gevolge van een houtopslag van in totaal minder dan  $2.500 \text{ kg}$  hout worden verwaarloosd. Wel dient de minimale afstand van 5 m ook dan in acht te worden genomen.

Indien op een inrichting zowel een binnen- als een buitenopslag van hout (zie paragraaf 2.5.2) aanwezig is, geldt dat indien het warmtestralingsniveau op de gevel van een binnenopslag ten gevolge van brand in een buitenopslag op dezelfde inrichting (bijdrage A in figuur 1) lager is dan  $15 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , of het warmtestralingsniveau op een buitenopslag ten gevolge van brand in een binnenopslag op dezelfde inrichting (bijdrage B in figuur 1) lager is dan  $15 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ , dat bij de beoordeling van het warmtestralingsniveau op het kwetsbare object kan worden volstaan met



een beoordeling van de afzonderlijke bijdragen van de warmtestralingsniveaus van de opslagen. Dit is ook het geval indien de scheidende constructie tussen de binnen- en de buitenopslag een brandwerendheid heeft van minimaal 30 minuten.

In de overige gevallen dienen bij de beoordeling van de warmtestralingsniveaus op het kwetsbare object de afzonderlijke bijdragen van de warmtestralingsniveaus van de opslagen te worden opgeteld.

## **2.3 Beschermende maatregelen**

### **2.3.1 Automatische blusinstallatie (ABI)**

Indien de binnen- en de buitenopslag effectief beschermd worden door een automatische blusinstallatie wordt voldaan aan de gestelde eis met betrekking tot het warmtestralingscriterium. Deze installatie dient doeltreffend te zijn ontworpen, aangelegd en in bedrijf gesteld. In het algemeen is hier aan voldaan indien een geldige kwaliteitsverklaring inzake het ontwerp, de aanleg en de inbedrijfstelling van de installatie kan worden overlegd. Het ontwerp, aanleg en inbedrijfstelling van de installatie dient altijd ter goedkeuring te worden voorgelegd aan het bevoegd gezag.

### **2.3.2 Afscherming warmtestraling**

#### **2.3.2.1 Brandwerende wand**

Indien een brandwerende wand tussen de opslag en het kwetsbare object is opgesteld kan de reductie in het warmtestralingsniveau ten gevolge van deze wand volledig meegerekend worden indien de brandwerendheid van deze constructie minimaal 60 minuten bedraagt bepaald volgens NEN6069. Dit geldt ook voor brandwerend (minimaal 60 minuten) uitgevoerde wanden van een eventuele binnenopslag.

#### **2.3.2.2 Stralingsscherm**

Indien een stralingsscherm tussen de opslag en het kwetsbare object is opgesteld kan de reductie in het warmtestralingsniveau ten gevolge van dit scherm meegerekend worden indien aangetoond wordt dat bij brand het stralingsscherm gedurende minimaal 60 minuten effectief het warmtestralingsniveau op het beoordelingspunt reduceert. Aangetoond dient te worden dat de constructie gedurende 60 minuten bestand is tegen de ter plaatse van het scherm optredende warmtestralingsniveaus. Indien de constructie minder dan 60 minuten bestand is tegen de ter plaatse van het scherm optredende warmtestralingsniveaus kan deze niet als beschermende maatregel gezien worden. Indien het stralingsscherm (bijvoorbeeld door het toepassen van gaas) slechts een gedeelte van de straling reduceert dient vastgesteld te worden welke efficiency de maatregel heeft.

#### **2.3.2.3 Aanpandig kwetsbaar object**

Een scheidende constructie tussen een binnenopslag van de inrichting en een aanpandig gelegen kwetsbaar object dient een brandwerendheid van minimaal 60 minuten te bezitten bepaald volgens NEN6069. In dat geval wordt voldaan aan de in het Besluit genoemde prestatie-eis met betrekking tot warmtestralingsniveaus.

### **2.3.3 Overige maatregelen**

Andere beschermende maatregelen waarmee de warmtestralingsbelasting op het kwetsbare object wordt gereduceerd kunnen getroffen worden indien de effectiviteit van de maatregelen voldoende is aangetoond. In het algemeen is dit het geval indien wordt aangetoond dat bij brand gedurende minimaal 60 minuten het warmtestralingsniveau op het beoordelingspunt in voldoende mate wordt gereduceerd. Indien sprake is van een installatietechnische maatregel dient daarnaast de bedrijfszekerheid van deze maatregel gegarandeerd te zijn.



## 2.4 Beoordelingspunt

Op elk punt van de gevel van het kwetsbare object dient het warmtestralingsniveau ten gevolge van een brand op de inrichting berekend volgens de hoofdstukken 3 en 4 lager te zijn dan  $15 \text{ kW.m}^{-2}$ .

## 2.5 Berekeningswijze

### 2.5.1 Compact gestapeld hout

Indien sprake is van een opslag in de vorm van dicht, compact, gestapeld hout zullen door de lagere afbrandsnelheid van het hout de risico's voor de omgeving kleiner zijn. Derhalve kan bij de berekeningen uitgegaan worden van een lagere bronstraling en een lagere vlamhoogte. Er is sprake van compact gestapeld hout indien aan de navolgende voorwaarden wordt voldaan:

Dicht- tot zeer dicht gestapeld hout is een partij hout die uit hoofdzakelijk volle houtpakketten bestaat, waarvan het pakket van oorsprong bijeen gehouden wordt door een tengellat (dunner dan ca. 8 mm) op een afstand van meerdere houtlagen en de pakketten onderling van elkaar gescheiden zijn door palletklossen. Houtsoorten met een laag soortelijk gewicht zoals bijvoorbeeld balsahout, californian redwood en western red cedar vallen buiten deze categorie.

*Toelichting: Het betreft hier over het algemeen de opslag van hout in pakketten die bij elkaar worden gehouden door verpakkingsmateriaal en staalbanden. De tengellatjes worden geplaatst om ongeveer vier houtlagen en dienen puur voor het behoud van de stabiliteit van het pakket. De afstand tussen de tengellatjes bedraagt minimaal ca. 20 cm. Pakketten van naaldhout zijn over het algemeen ca. 1 meter hoog, ca. 1 meter breed en zijn in lengte gemiddeld 3 meter. Daarnaast bestaan er ook zogenaamde kwartpakketten, die een omvang hebben van ca. 50 cm hoog, ca. 50 cm breed en een gemiddelde lengte van 3 meter. Pakketten van loofhout zijn over het algemeen ca. 0,75 meter hoog, ca. 1 meter breed en gemiddeld 3 meter lang. Pakketten van plaatmateriaal hebben over het algemeen een breedte van 1,22 tot 1,53 meter, een lengte van 2,44 tot 3,10 meter en een hoogte van tenminste circa 50 centimeter.*

Houtopslag in stellingen bestaat in de regel uit pakketten van dichtgestapeld hout, waarbij de pakketten onderling van elkaar worden gescheiden door de draagramen van een opslagstelling. Ondanks dat het hier om opslag van pakketten gaat, wordt deze wijze van opslag niet beschouwd als compact gestapeld hout omdat er tussen de verschillende pakketten een relatief grote luchtruimte bestaat en vanwege de instabiliteit van de stalen / houten rekken in geval van brand. Een opslag in stellingen zal zich daarom ontwikkelen als een brand van niet- "compact gestapeld hout".

Ook zogenaamd "opgelat hout" valt niet binnen de categorie dichtgestapeld hout.

*Toelichting: Een opslag van "opgelat hout" is een opslag, waarbij elke laag hout van de volgende door een zogeheten stapellat wordt gescheiden. Voor opgelat hout wordt gebruik gemaakt van stapellatten (dikte ongeveer 22 mm) om een goede droging van het hout te verkrijgen.*

### 2.5.2 Afzonderlijke binnen- of buitenopslag

In geval van de binnenopslag van hout wordt het warmtestralingsniveau op het kwetsbare object berekend m.b.v. hoofdstuk 3.

In geval van de buitenopslag van hout wordt het warmtestralingsniveau op het kwetsbare object berekend m.b.v. hoofdstuk 4.



### 2.5.3 Combinatie binnen- en buitenopslag

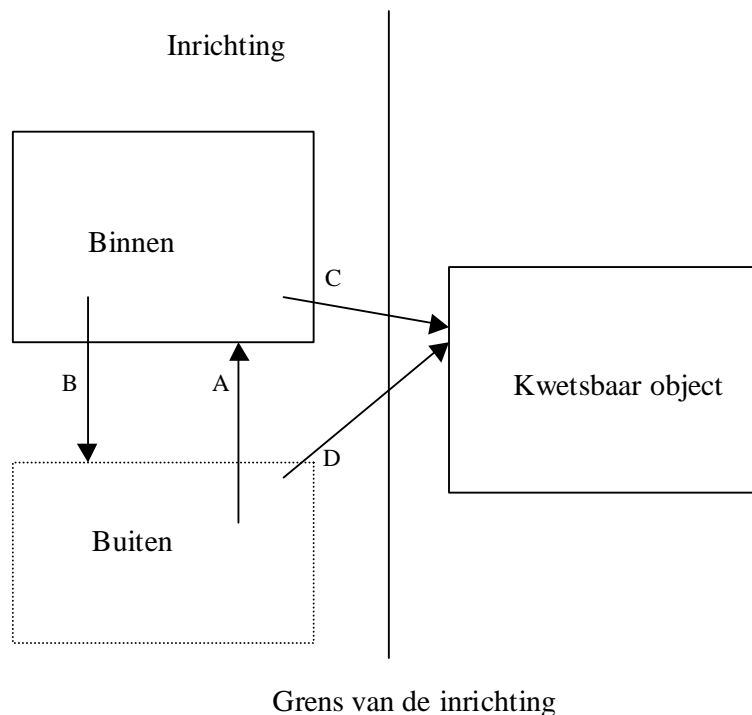
Bij de bepaling van het warmtestralingsniveau op het beoordelingspunt ten gevolge van een brand op één perceel dient eerst te worden beoordeeld of er gevaar voor brandoverslag bestaat tussen de afzonderlijke opslagen. Indien dit niet het geval is dient slechts rekening te worden gehouden met de afzonderlijke bijdrage van de opslagen. Indien er wel gevaar bestaat voor brandoverslag dient rekening te worden gehouden met het totaal van bijdragen van de opslagen. De beoordeling wordt als volgt uitgevoerd (zie ook figuur 1):

- bereken het warmtestralingsniveau op de gevel van de binnenopslag ten gevolge van brand in de buitenopslag (A) m.b.v. hoofdstuk 3;
- bereken het warmtestralingsniveau op de buitenopslag ten gevolge van brand in de binnenopslag (B) m.b.v. hoofdstuk 4;
- bereken het warmtestralingsniveau ter plaatse van het kwetsbare object ten gevolge van brand in de binnenopslag © m.b.v. hoofdstuk 4;
- bereken het warmtestralingsniveau ter plaatse van het kwetsbare object ten gevolge van brand in de buitenopslag (D) m.b.v. hoofdstuk 3;
- indien A en B beide lager zijn dan  $15 \text{ kW.m}^{-2}$  is het warmtestralingsniveau ter plaatse van het beoordelingspunt gelijk aan de hoogste waarde van C en D;
- indien A of B hoger is dan  $15 \text{ kW.m}^{-2}$  is het warmtestralingsniveau ter plaatse van het beoordelingspunt gelijk aan de som van C en D.

### 2.5.4 Oplopende stapelhoogte

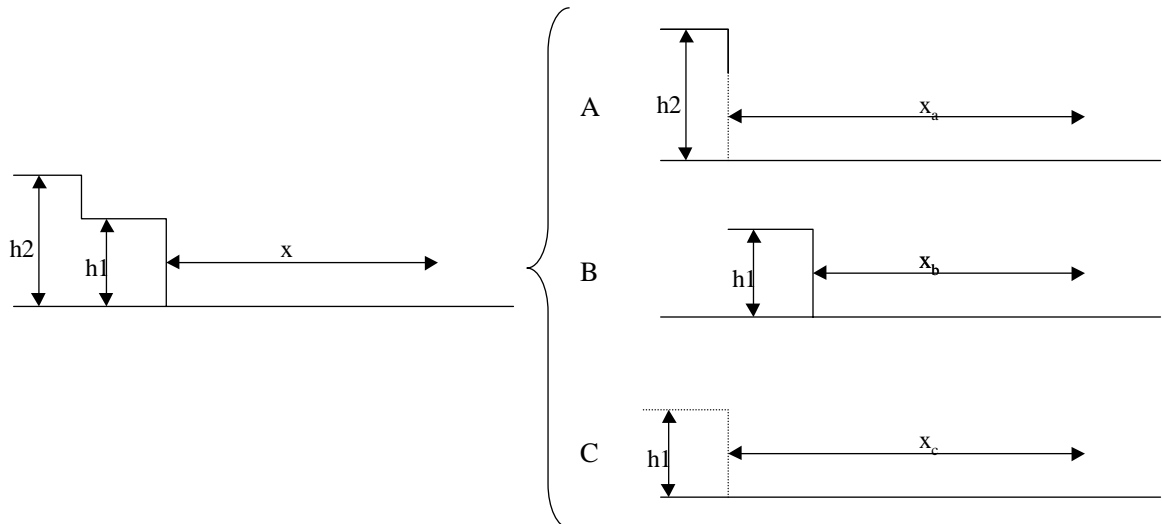
De berekeningswijze voor de situatie waarbij de buitenopslag met een oplopende stapelhoogte wordt uitgevoerd is weergegeven in figuur 2. De deelbijdragen van de situaties A, B en C dienen afzonderlijk bepaald te worden. De totale bijdrage van de opslag wordt dan berekend als: Totaal = Bijdrage A + Bijdrage B - Bijdrage C. Bij de berekeningen dient voor situatie A, B en C de gehele diepte van de opslag ingevoerd te worden.

**Figuur 1: Combinatie van binnen- en buitenopslag**





**Figuur 2: Buitenopslag met oplopende stapelhoogte**



### Hoofdstuk 3 Beschrijving berekeningsmethode buitenopslag hout

#### 3.1 Inleiding

In het navolgende wordt de wijze van berekenen uiteengezet. De methode bestaat achtereenvolgens uit:

- het bepalen van de afmetingen en de wijze van de opslag;
- het bepalen van de vlamhoogte;
- het bepalen van de temperatuur en het temperatuursverloop in de brand;
- het bepalen van het warmtestralingsniveau op het beoordelingspunt rekening houdend met de zichtfactor en de bronstraling van de brand;
- correctie voor de transmissie en eventuele beschermende maatregelen.

#### 3.2 Algemene definities

$x$ : afstand van het beoordelingspunt tot de houtstapel [m]  
 $h_b$ : hoogte van het beoordelingspunt [m]

#### 3.3 Afmetingen en typering houtstapel

##### Afmetingen

De afmetingen van de houtopslag worden bepaald door:

B: breedte van de houtopslag [m]  
(gezien vanuit het te beschermen object)  
D: diepte van de houtopslag [m]  
H: hoogte van de houtopslag [m]

De effectieve diameter [m] van de opslag wordt vervolgens berekend als:

$$D_{eff} = \sqrt{\frac{4 \cdot B \cdot D}{\pi}} \quad [m]$$





### Typering houtstapel

Indien de opslagwijze van het hout voldoet aan de in paragraaf 5.1 van de bepalingsmethode beschreven voorwaarden wordt de opslag geclassificeerd als compact opgeslagen hout.

### **3.4 Vlamhoogtebepaling**

#### Vlamhoogtebepaling opslag met een effectieve diameter kleiner dan 10 m

De vlamhoogte [m] wordt berekend volgens:

$$L = 0,24Q^{\frac{2}{5}} - D_{eff} \quad [m]$$

L: vlamhoogte [m]  
Q: brandvermogen [kW]

Hierbij dient voor de berekening van het brandvermogen te worden uitgegaan van 2000 kW per m<sup>3</sup> houtopslag.

#### Vlamhoogtebepaling opslag met een effectieve diameter groter dan 10 m

De vlamhoogte L bedraagt 3 maal de hoogte van de houtstapel, gerekend vanaf de onderzijde van de stapel.

Voor compact gestapeld hout kan worden volstaan met een vlamhoogte L van 1,5 maal de hoogte van de houtstapel.

### **3.5 Vlamtemperatuur**

#### Stapel

De vlamtemperatuur in de houtstapel ( $T_i$ ) wordt gesteld op 1085 K.

Voor compact gestapeld hout kan volstaan worden met een vlamtemperatuur in de houtstapel ( $T_i$ ) van 950 K.

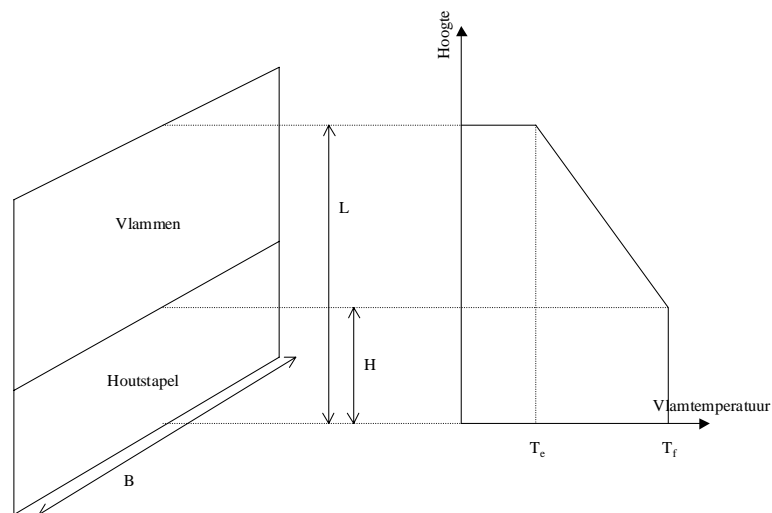
Eén en ander is schematisch weergegeven in figuur 3.

#### Vlam boven de stapel

De vlamtemperatuur boven de stapel wordt gesteld op 1085 K aan de bovenzijde van de stapel en neemt lineair in de hoogte af tot 793 K in de top van de vlam ( $T_e$ ).

Voor compact gestapeld hout kan volstaan worden met een vlamtemperatuur boven de stapel van 950 K aan de bovenzijde van de stapel met een lineaire afname tot 793 K in de top van de vlam ( $T_e$ ).

Eén en ander is schematisch weergegeven in figuur 3





### 3.6 Zichtfactor

De zichtfactor naar een stralend vlak op enige afstand  $x$  en hoogte  $h$  met afmetingen  $b \times \Delta h$  wordt als volgt berekend (alle afmetingen in [m]).

Met het beoordelingspunt midden voor de opslag worden de volgende hulpfactoren berekend uit:

$$\begin{aligned}
h_{r1} &= 2^*h/b \\
h_{r2} &= 2^*(h+\Delta h)/b \\
x_r &= 2^*x/b \\
A_1 &= 1/(h_{r1}^2+x_r^2)^{1/2} \\
B_1 &= h_{r1}/(1+x_r^2)^{1/2} \\
A_2 &= 1/(h_{r2}^2+x_r^2)^{1/2} \\
B_2 &= h_{r2}/(1+x_r^2)^{1/2}
\end{aligned}$$

De zichtfactor wordt berekend uit:

$$f_v = \frac{1}{\pi} \left\{ (h_{r1}A_1 \tan^{-1}(A_1) + \frac{B_1}{h_{r1}} \tan^{-1}(B_1)) - (h_{r2}A_2 \tan^{-1}(A_2) + \frac{B_2}{h_{r2}} \tan^{-1}(B_2)) \right\} \quad [-]$$

N.B.: Voor andere posities ten opzichte van de opslag dient de berekening van de zichtfactor gewijzigd te worden.

### 3.7 Ongecorrigeerde invallende straling beoordelingspunt

Bereken de invallende straling ter plaatse van het beoordelingspunt door integratie over het gehele vlamlichaam:

$$\phi = \sigma \int_0^L f_v(x, B, H, L, h) I(h)^4 dh \quad [W.m^{-2}]$$

$$\sigma: \quad \text{constante van Boltzman } (5,67 \cdot 10^{-8}) \quad [W.m^{-2}.K^{-4}]$$

met een maximale onnauwkeurigheid van 1%.

Indien de breedte van de opslag groter is dan de in tabel 1, tweede kolom gegeven breedte (rekening houdend met de stapelhoogte) wordt voor het in rekening te brengen deel van de gevel gerekend met de in tabel 1 gegeven breedte. Tussenvallende waarden mogen door interpolatie worden verkregen.

Tabel 1 In rekening te brengen deel van de gevel

Stapelhoogte [m]	Maximaal in rekening te brengen deel van de gevel [m]
4	35
6	40
8	45
10	50



### 3.8 Reducerende maatregelen

Met behulp van een stralingsscherm of brandwerende wand met een hoogte van  $h_s$  op een afstand van  $x_s$  van het beoordelingspunt tussen de brand en het beoordelingspunt wordt de brand tot een hoogte van:

$$h_i = \frac{x}{x_s} (h_s - h_b) + h_b \quad [m]$$

afgeschermd.

Hierin is  $h_i$  niet kleiner dan 0 m en niet groter dan de vlamhoogte L.

Bepaal de straling vanuit het deel van de brand dat afgeschermd wordt door integratie van:

$$\phi_{red} = \sigma \int_0^{h_i} f_v(x, B, H, L, h) T(h)^4 dh \quad [W.m^{-2}]$$

met een maximale onnauwkeurigheid van 1 %.

De efficiency K (-) van een warmtestralingsscherm wordt berekend uit:

$$K = 1 - \frac{\phi_{uit}}{\phi_{in}} \quad [-]$$

$\phi_{uit}$ :	doorgelaten warmtestraling	$[W.m^{-2}]$
$\phi_{in}$ :	invallende warmtestraling	$[W.m^{-2}]$

Een scheidende constructie met een brandwerendheid van 60 minuten bepaald volgens NEN6069 heeft een efficiency van 1. Voor andere scheidende constructies dient deze factor afzonderlijk bepaald te worden middels een berekening of een experiment.

### 3.9 Transmissie

De transmissie van de straling door de lucht voor afstanden groter dan 3,5 m wordt berekend uit:

$$\tau = 1,08x^{-0,09} \quad [-]$$

### 3.10 Invallende straling beoordelingspunt (gecorrigeerd voor transmissie en beschermende maatregelen)

De op het beoordelingsvlak invallende straling wordt tenslotte berekend volgens:

$$\phi_{tot} = \tau(\phi - K\phi_{red}) \quad [W.m^{-2}]$$



## Hoofdstuk 4 Beschrijving berekeningsmethode binnenopslag hout

### 4.1 Inleiding

In het navolgende wordt de wijze van berekenen uiteengezet. De methode bestaat achtereenvolgens uit:

- het bepalen van de afmetingen en de wijze van de opslag;
- het bepalen van het warmtestralingsniveau op het beoordelingspunt rekening houdend met de zichtfactor en de bronstraling van de brand.

De voorliggende berekeningsmethode is opgesteld in analogie met het 'Brandbeveiligingsconcept: beheersbaarheid van brand'. Indien de in deze uitgave gegeven berekeningsmethode sterk inhoudelijke wijzigingen ondergaat (bijvoorbeeld met betrekking tot bronstralingsniveaus of vlamhoogtes) dienen deze te worden verwerkt.

### 4.2 Algemene definities

x:	afstand van het beoordelingspunt tot de gevel van de binnenopslag	[m]
H:	hoogte van de gevel	[m]
B:	breedte van de gevel van de binnenopslag	[m]

### 4.3 Bronstraling

De bronstraling  $\phi$  bedraagt  $45 \text{ kW.m}^{-2}$ .

### 4.4 Zichtfactor

De zichtfactor naar een stralend vlak op enige afstand x met hoogte h en breedte b wordt als volgt berekend (alle afmetingen in [m]).

Met het beoordelingspunt midden voor de gevel worden de volgende hulpfactoren berekend uit:

$$\begin{aligned}h_r &= 2 \cdot h / b \\x_r &= 2 \cdot x / b \\A &= 1 / (h_r^2 + x_r^2)^{1/2} \\B &= h_r / (1 + x_r^2)^{1/2}\end{aligned}$$

De zichtfactor wordt berekend uit:

$$f_v = \frac{1}{\pi} \left\{ h_r A \tan^{-1}(A) + \frac{B}{h_r} \tan^{-1}(B) \right\} \quad [-]$$

NB.: Voor andere posities ten opzichte van de opslag dient de berekening van de zichtfactor gewijzigd te worden.

### 4.5 Invallende straling beoordelingspunt

De invallende straling op het beoordelingspunt wordt berekend uit:

$$\phi_{tot} = f_v(x, H, B) \phi \quad [\text{kW.m}^{-2}]$$