

Stichting Kennisbank Bouwfysica

TABELLARIUM

FIRE SAFETY ENGINEERING

INHOUD:

[Grootheden](#)

[Termen en definities](#)

[Fire Safety Engineering assessment process](#)

[Eenheden en constanten](#)

[Warmtetransport](#)

[Materiaaleigenschappen](#)

[Vuurbelastingen](#)

[Rekenmodel Beheersbaarheid van brand](#)

[Brandontwikkeling](#)

[Brandvermogensdichtheden](#)

[Rook en veilig vluchten](#)

[Responsietijden](#)

[Brandoverslagrisico's](#)

1. FIRE SAFETY ENGINEERING, GROOTHEDEN

Latijnse symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving
A	m^2	Oppervlakte
B	m	Breedte
b	$J / (m^2 \cdot K \cdot s^{1/2})$	Thermische traagheid
c	$J / (kg \cdot K)$	Soortelijke warmte
D	m	Diameter, diepte
D_{eff}	m	Effectieve diameter
E	J	Energie, warmte
$\dot{E}, Q$ of P	W	Warmtestroom, brandvermogen
H	m	Hoogte
H	J / kg	Verbrandingswaarde per kg materiaal
h	$W / (m^2 \cdot K)$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt
I	W / m^2	Intensiteit (warmtestroomdichtheid in een gegeven richting)
L	m	Lengte
M of m	kg	Massa
M	-	Massafactor voor de vuurlast of vuurbelasting
$\dot{M}$ of $\dot{m}$	kg / s	Massastroom
n	-	Luchtfactor
n	h^{-1}	Ventilatievoud (luchtwisselingen per uur)
O	-	Openingsfactor
O, P	m	Omtrek
q	W / m^2	Warmtestroomdichtheid, brandvermogensdichtheid
R	$m^2 \cdot K / W$	Warmteweerstand
R_c	$m^2 \cdot K / W$	Warmteweerstand van een constructie
R of R_{pot}	m^2 / kg	Rookpotentieel
RD	m^{-1}	Optische rookdichtheid
RTI	$m^{1/2} s^{1/2}$	Response Time Index (voor detectie)
t	s	Tijd
T	K	Absolute temperatuur
v	m / s	Snelheid
V	m^3	Volume
$\dot{V}$	m^3 / s	Volumestroom, debiet
Z	m^2	Zichtmassa
$\dot{Z}$	m^2 / s	Zichtmassastroom
Z_L	m	Zichtlengte

Griekse symbolen

Symbol	Eenheid	Omschrijving
α	m^2 / s	Temperatuurvereffeningscoëfficiënt, thermische diffusiteit,
α	$W / (m^2 \cdot K)$	Warmteoverdrachtscoëfficiënt
α	-	Absorptiecoëfficiënt
ε	-	Emissiecoëfficiënt
τ	-	Transmissiecoëfficiënt
λ	$W / (m \cdot K)$	Warmtegeleidingscoëfficiënt
ρ	kg / m^3	Soortelijke massa, dichtheid
ϕ	-	Zichtfactor
θ	$^{\circ}C$	Celcius temperatuur

Indices, algemeen

Symbol	Omschrijving
i	intern (binnen), index (nummer)
e	extern (buiten)
a	omgeving (ambient)
o	op het oppervlak
s	straling
g	geleiding, gas
c	convectie (stroming), constructie
d	detector

2. FIRE SAFETY ENGINEERING, TERMEN EN BEGRIPPEN

Nederlands

Equivalentente tijd van brandblootstelling

De tijd van blootstelling aan de standaard brandkromme (temperatuur-tijd curve) met hetzelfde thermische effect als een echte brand in het compartiment.

Brandcompartiment

Gedeelte van één of meer gebouwen, bestemd als maximaal uitbreidingsgebied van de brand.

Volledig ontwikkelde brand

Alle brandbare oppervlakken (van de vuurlast of brandstof) binnen een specifieke ruimte nemen deel aan de brand.

Brandwerendheid

Het vermogen van een constructie of een constructieonderdeel om bij blootstelling aan brand gedurende een gegeven tijd de dragende en/of scheidende functie te kunnen vervullen, rekening houdend met de daarbij behorende belastingcombinaties en grenswaarden.

Brandwerendheid, betrokken op de integriteit (E)

Het vermogen van een scheidingsconstructie bij belasting door brand aan één zijde, de doorgang van hete gassen en vlammen te belemmeren en te voorkomen dat vlammen aan de niet-verhitte zijde ontstaan.

Brandwerendheid, betrokken op de thermische isolatie (I)

Het vermogen van een scheidingsconstructie bij belasting door brand aan één zijde om de temperatuurstijging van de niet-verhitte zijde beneden de gespecificeerde grenswaarden te houden.

Brandwerendheid, betrokken op de warmtestraling (W)

Het vermogen van een scheidingsconstructie bij belasting door brand aan één zijde om de warmtestralingsflux aan de niet-verhitte zijde beneden de gespecificeerde grenswaarde te houden.

Brandwerendheid, betrokken op de draagkracht, in stand houding (R)

Het vermogen van een constructie of onderdeel daarvan om tijdens een relevante brand in zijn functie te kunnen voorzien, volgens vastgestelde criteria.

Nominaal temperatuurverloop

De uiteindelijke ontwerplimiet voor omgevingstemperaturen volgens deel 1-2 van NEN-EN 1991.

Scheidingsfunctie

Het vermogen van een scheidingselement om brandverspreiding (bijvoorbeeld ten gevolge van doorgang van vlammen of hete gassen – vergelijk integriteit) of ontsteking achter het scheidingselement (vergelijk isolatie) tijdens de relevante brand te voorkomen.

Scheidingselement

Een dragend of niet-dragend element (bijvoorbeeld een wand) die onderdeel vormt van de scheidingsconstructie van een brandcompartiment.

Standaard brandwerendheid

De tijdsduur in minuten dat een constructie(-onderdeel) bij blootstelling aan opwarming volgens de standaard brandkromme zijn (dragende en/of scheidende) functie kan blijven vervullen bij de belastingen die in geval van brand in rekening moeten worden gebracht.

Temperatuuranalyse

Procedure om temperatuurontwikkeling in constructiedelen op basis van thermische actoren (thermische belasting) en de thermische materiaaleigenschappen van de constructiedelen en de beschermende oppervlakten vast te stellen, waar relevant.

Thermische actoren

Thermische belasting (van een constructie), resulterend in een netto warmtestroom naar de verschillende onderdelen.

Eenvoudig brandmodel

De brand is gebaseerd op een beperkt toepassingsgebied van specifieke fysische parameters.

Geavanceerd brandmodel

Ontwerpbrand, gebaseerd op behoud van massa en energie.

Computational fluid dynamic model

Brandmodel (veldmodel), dat numeriek de partiële differentiaalvergelijkingen oplost en de thermodynamische en de aërodynamische variabelen geeft, op elke plaats in het compartiment.

1-zone model

Brandmodel, waarin homogene gastemperaturen in het compartiment worden verondersteld.

2-zone model

Brandmodel, waarin verschillende zones in een compartiment worden gedefinieerd: een bovenlaag, een onderlaag, de brand en de pluim, het externe gas en de wanden. In de bovenlaag wordt een uniforme gastemperatuur verondersteld.

Verbrandingsfactor

De verbrandingsfactor vertegenwoordigt de efficiency van verbranding, variërend van 1 voor volledige verbranding tot 0 wanneer in het geheel geen verbranding meer optreedt.

Ontwerpbrand

Voor ontwerpdoeleinden veronderstelde gespecificeerde brandontwikkeling.

Ontwerp vuurbelasting

Vuurbelasting bedoeld voor de bepaling van de thermische actoren in het brand ontwerp; er wordt uitgegaan van een karakteristieke waarde die bepaald is op basis van statistische en/of probabilistisch overwegingen of van een deterministische waarde.

Ontwerp brandscenario

Specifiek brandscenario waarop een analyse wordt gebaseerd.

Externe brandcurve

Nominale temperatuurtijd-curve bedoeld voor de buitenzijde van uitwendige scheidingsconstructies die aan brand wordt blootgesteld, bijvoorbeeld vanuit een naburig brandcompartiment.

Brandactiveringsrisico

De parameter die rekening houdt met de waarschijnlijkheid van ontsteking, de functie en de bezetting van het compartiment.

Vuurbelasting

De vuurlast per oppervlakte-eenheid, gerelateerd aan de vloeroppervlakte q_f , of gerelateerd aan de oppervlakte van de totale omhulling, met inbegrip van openingen, q_t .

Vuurlast

De som van de thermische energieën die door verbranding van alle brandbare materialen in een ruimte vrijkomen (gebouwinhoud en constructie-ementen).

Brandscenario

Kwalitatieve beschrijving van het brandverloop waarin de tijdstippen van kenmerkende gebeurtenissen, die de brand onderscheidt van andere branden worden vastgelegd. Het definieert de ontsteking en de brandgroei, het volledig ontwikkelde stadium (indien deze optreedt) en doofstadium, samen met de gebouwomgeving en systemen of installaties die het brandverloop beïnvloeden.

Flash-over

Gelijktijdige ontsteking van de totale vuurlast in een compartiment.

Koolwaterstof brandkromme

Nominale temperatuur-tijd kromme voor een koolwaterstofbrand.

Lokale brand

Brand die slechts een beperkt gebied van de vuurlast beslaat in het compartiment.

Openingsfactor

Factor die de hoeveelheid ventilatie vertegenwoordigt, afhankelijk van de oppervlakte van openingen in de compartimentenwanden, van de hoogte van deze openingen en van de totale omhullende oppervlakte van het compartiment (wanden, vloer en plafond).

Luchtfactor

Factor die de mate van luchttoevoer tot de brandhaard weergeeft in verhouding tot de benodigde luchttoevoer voor een volledige verbranding. De luchtfactor is groter dan 1 voor een overmaatse luchttoevoer bij een brandstofbeheerste brand en kleiner dan 1 voor een ondermaatse luchttoevoer bij een ventilatiebeheerste brand.

Brandvermogen

Vermogen dat vrijkomt bij verbranding als functie van tijd.

Standaard temperatuur-tijd kromme

Nominale temperatuur-tijd kromme, gedefinieerd in prEN 13501-2 voor een volledig ontwikkelde brand in een compartiment.

Temperatuur-tijd krommen

De gastemperatuur nabij een constructieoppervlak als functie van tijd. De temperatuur-tijd krommen kunnen zijn:

- *nominaal*: conventionele krommen, gehanteerd voor classificatie of controle van de brandwerendheid, bijvoorbeeld de standaard temperatuur-tijd kromme, de externe brandkromme, of de koolwaterstof brandkromme.
- *parametrisch*: bepaald op basis van brandmodellen en specifieke fysische parameters die de condities in het brandcompartiment bepalen.

Configuratiefactor

Configuratiefactor voor de warmteoverdracht door straling van oppervlakte A naar oppervlakte B, gedefinieerd als fractie van diffuus uitgestraalde energie vanuit oppervlakte A dat op oppervlakte B valt.

Convectieve warmteoverdrachtscoëfficiënt

De convectieve warmtestroomdichtheid naar een element, gerelateerd aan het verschil tussen de gastemperatuur grenzend aan de relevante oppervlakte en de temperatuur van die oppervlakte.

Emissiviteit

Gelijk aan absorptiecoëfficiënt van een oppervlakte, de verhouding tussen de stralingswarmte die door een bepaalde oppervlakte wordt geabsorbeerd en dat van een zwarte lichaamsoppervlakte.

Netto warmtestroomdichtheid

Energie, per eenheid van tijd en oppervlakte, die uiteindelijk wordt opgenomen door de constructie-elementen.

English (additional)**acceptance criteria**

qualitative and quantitative criteria which have been agreed with the building approval authority and hence form an acceptable basis for assessing the safety of a building design.

alarm time

the time between ignition and alarm

characterisation

the process of determining design data which are in a form suitable for input to a subsystem

critical fire load

the fire load required in a compartment to produce a fire of sufficient severity to cause failure of fire-resisting barriers or structural elements

detection time

the time between ignition of a fire and its detection by an automatic or manual system

deterministic study

a methodology, based on physical relationships derived from scientific theories and empirical results, that for a given set of initial conditions will always produce the same outcome

engineering judgement

the process exercised by a professional who is qualified by way of education, experience and recognised skills to complement, supplement, accept or reject elements of a quantitative analysis

escape/evacuation time

the interval between the time of a warning of fire being transmitted to the occupants and the time at which the occupants of a specified part of a building or all of the building are able to enter a place of safety

estimated design parameter

a design parameter which involves a process of estimation (or characterisation)

It may describe the building, contents, occupants and environment. This is usually decided by the fire safety engineer.

exit

a doorway or other suitable opening giving direct access to a place of safety

Exits include exterior exit doors, exit passageways, horizontal exits, separated exit stairs and separated exit ramps.

fire safety engineering

the application of engineering principles, rules and expert judgement based on a scientific appreciation of the fire phenomena, of the effects of fire, and of the reaction and behaviour of people, in order to:

- save life, protect property and preserve the environment and heritage;
- quantify the hazards and risk of fire and its effects;
- evaluate analytically the optimum protective and preventative measures necessary to limit, within prescribed levels, the consequences of fire

fire safety manual

a document detailing the fire safety management procedures that should be implemented on a continuing basis

hazard

the potential for loss of life (or injury) and/or damage to property by fire

movement time

the time needed for all of the occupants of a specified part of a building to move to an exit and pass through it and into a place of safety

management or manager

the persons or person in overall control of the premises whilst people are present, exercising this responsibility either in their own right, e.g. as the owner, or by delegation

means of escape

structural means whereby safe routes are provided for persons to travel from any point in a building to a place of safety

phased evacuation

a process by which a limited number of floors (usually the fire floor and the level above and below) are evacuated initially and the remaining floors are evacuated as and when necessary

place of safety

a place in which persons are in no immediate danger from the effects of fire

prescribed design parameter

a design parameter which can be directly measured and requires no estimation or conversion of data. It may describe the building, contents, occupants and environment, and is usually decided by the fire safety engineer.

pre-movement time

the time interval between the warning of fire being given (by an alarm or by direct sight of smoke or fire) and the first move being made towards an exit

risk

the potential for realisation of an unwanted event, which is a function of the hazard, its probability and its consequences

system variables

those parameters which are functions of time and which are used in a fire safety engineering evaluation

travel distance

the actual distance that needs to be travelled by a person from any point within a building to the nearest exit, having regard to the layout of walls, partitions and fittings

trial design parameters

design parameters (prescribed and estimated) chosen for the purpose of making a fire safety engineering analysis on one (trial) design

validation (as applied to fire calculation models)

process of determining the correctness of the assumptions and governing equations implemented in a model when applied to the entire class of problems addressed by the model

verification (as applied to mathematical fire models)

process of checking a mathematical fire model for correct physical representation and mathematical accuracy for a specific application or range of applications

The process involves checking the theoretical basis, the appropriateness of the assumptions used in the model, and that the model contains no unacceptable mathematical errors and has been shown, by comparison with experimental data, to provide predictions of the course of events in similar fire situations with a known accuracy.

3. FIRE SAFETY ENGINEERING ASSESSMENT PROCESS

Assessment process

Fire safety engineering assessment involves the following steps (the basic process is illustrated in Figure 1):

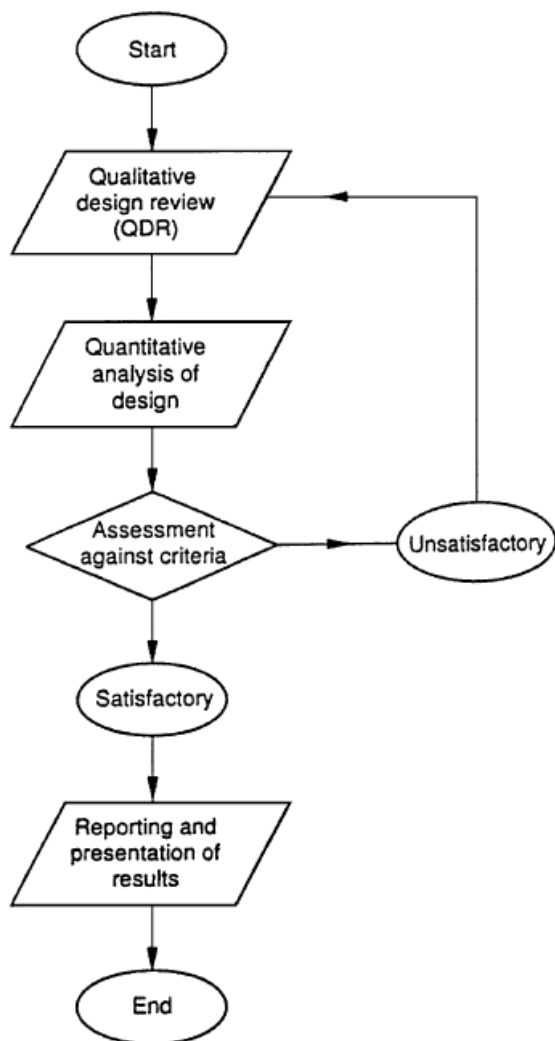


Figure 1. Basic fire safety design process

Explanation

a) Qualitative design review (QDR):

The review is qualitative because not all the values of the design parameters will be known and engineering judgement will need to be applied to obtain them. It is also qualitative because judgement will need to be used to decide on a limited number of important fire scenarios for later quantified analysis.

For a large project, it is preferable for the QDR to be undertaken by a team which includes the design team and the approval authorities.

It is necessary to:

- define fire safety objectives and acceptance criteria — possibly in consultation with the approval authorities;
- establish the prescribed design parameters by reviewing the architectural design and the proposed fire safety features;
- characterise the building and its occupants, i.e. estimate design parameters not given by the architect;
- identify potential fire hazards and their possible consequences;
- select those fire scenarios which should form part of the quantified analysis;
- establish trial fire safety designs;
- indicate appropriate methods of analysis.

b) Quantitative analysis of design:

- carry out a time-based quantified analysis using the appropriate subsystems — or use another appropriate method of analysis as indicated in the QDR, making sure that, wherever possible, mathematical models are verified (see ISO/TR13387-3).

c) Assess the outcome of the analysis against the safety criteria:

- Repeat the analysis if the acceptance criteria not satisfied (e.g. in a life safety assessment) by controlling the fire process to increase the time available for safe escape (where appropriate) and/or reducing the time required to escape.

d) Report and present the results.

4. EENHEDEN EN CONSTANTEN

SI-eenheden

Quantity	Unit abbreviation
Force	N (newton)
Mass	kg (kilogram mass)
Time	s (second)
Length	m (meter)
Temperature	°C or K
Energy	J (joule)
Power	W (watt)
Thermal conductivity	W/(m.K)
Heat-transfer coefficient	W/(m ² .K)
Specific heat	J/(kg.K)
Heat flux	W/m ²

Bron: Principles of fire behaviour.

Alternative energy units

1 Btu will raise 1 lb _m of water 1°F at 68°F.
1 cal will raise 1 g of water 1°C at 20°C.
1kcal will raise 1 kg of water 1°C at 20°C.
Some conversion factors for the various units of work and energy are:
1Btu = 778,16 lb _r -ft
1 Btu = 1055 J
1 Btu = 252 kcal
1 kcal = 4182 J
1 lb _r -ft = 1,356 J

Bron: Principles of fire behaviour.

Temperature conversions

°F degree Fahrenheit: $T(F) = T(C) \times (1,8) + 32$
°R degree Rankine: $T(R) = T(F) + 459,69$
°C degree Celsius or Centigrade: $T(C) = \frac{T(F) - 32}{1,8}$
K degree Kelvin: $T(K) = T(C) + 273,16$

Bron: Principles of fire behaviour.

Common conversion factors and symbols.

Length	1 m = 3,2808 ft
Area	1 m ² = 10,7639 ft ²
Density	1 kg/m ³ = 0,06243 lb/ft ³
Energy	1 kj = 0,94783 Btu
Heat	1 kj = 0,94783 Btu
Heat flow rate	1 W = 3,4121 Btu/hr
Energy release rate	1 W/cm ² = 0,317 Btu/hr-ft ²
Heat flow rate per unit area, heat flux	1 W/cm ² = 10 kW/m ²
Specific heat	1 kj/kg-°C = 0,23884 Btu.lb-°F
Thermal conductivity	1 W/m-°C = 0,5778 Btu/hr-ft-°F
Thermal diffusivity	1 m ² /s = 10,7639 ft ² /s
Pressure	1 atm = 14,69595 lb _r /in ² = 1,01325 x 10 ⁵ N/m ² 1N/m ² = 1 Pascal (Pa)

Bron: Principles of fire behaviour.

Scientific notations, prefixes

Multiplier	Prefix	Abbreviation
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hector	h
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-18}	atto	a

Note: for example, $10^3 = 1000$ and $10^{-3} = 0,001$.

Bron: Principles of fire behaviour.

Physical Constants

Quantity	Symbol	Value	Error (ppm)	Prefix	Unit
Speed of light in vacuum	c	2,998	0,33	$\times 10^8$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Gravitational constant	G	6,673	460	10^{-11}	$\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$
Avogadro constant	N_A	6,022	6,6	10^{26}	kmol^{-1}
Boltzmann constant	k	1,381	43	10^{-23}	$\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
Gas constant	R	8,314	42	103	$\text{J}\cdot\text{kmol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Volume of ideal gas, standard conditions	V_0	2,241	-	10^1	$\text{m}^3\cdot\text{kmol}^{-1}$
Farady constant	F	9,649	5,5	107	$\text{C}\cdot\text{kmol}^{-1}$
Unified atomic mass unit	u	1,661	6,6	10^{-27}	kg
Planck constant	h	6,626	7,6	10^{-34}	$\text{J}\cdot\text{s}$
	$h/2\pi$	1,055	7,6	10^{-34}	$\text{J}\cdot\text{s}$
Electron charge	e	1,602	4,4	10^{-19}	C
Electron rest mass	M_e	9,110	6,0	10^{-31}	kg
		5,486	6,2	10^{-4}	u
Proton rest mass	M_p	1,673	6,6	10^{-27}	kg
		1,007	0,08	-	u
Neutron rest mass	M_n	1,675	6,6	10^{-27}	kg
		1,009	0,10	-	u
Electron charge to mass ratio	e/m_e	1,759	3,1	10^{11}	$\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$
Stefan-Boltzmann constant	σ	5,670	170	10^{-8}	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$
First radiation constant	$2\pi h c^2$	3,742	7,6	10^{-16}	$\text{W}\cdot\text{m}^2$
Second radiation constant	hc/k	1,439	43	10^{-2}	$\text{m}\cdot\text{K}$
Rydberg constant	R_∞	1,097	0,10	10^7	m^{-1}
Fine structure constant	α	7,297	1,5	10^{-3}	
	α^{-1}	1,370	1,5	10^2	
Bohr radius	a_0	5,292	1,5	10^{-11}	m
Classical electron radius	r_e	2,818	4,6	10^{-15}	m

Periodiek systeem der elementen

Chemische elementen: periodiek systeem

1-Ia	2-IIa	3-IIb	4-IVb	5-Vb	6-VIb	7-VIIb	8-VIII	9-VIII	10-VIII	11-IB	12-IB	13-IIa	14-IVa	15-VA	16-VIa	17-VIIa	18-VIIa
H Waterstof 1 1,00794																	He Helium 2 4,002602
Li Lithium 3 6,941	Be Beryllium 4 9,012182											B Bor 5 10,811	C Koolstof 6 12,0107	N Stikstof 7 14,0067	O Zuurstof 8 15,9994	F Fluor 9 18,9984032	Ne Neon 10 20,1797
Na Natrium 11 22,989770	Mg Magnesium 12 24,3050											Al Aluminium 13 26,981538	Si Silicium 14 28,0855	P Fosfor 15 30,973761	S Zwavel 16 32,065	Cl Chloor 17 35,453	Ar Argon 18 39,948
K Kalium 19 39,0983	Ca Calcium 20 40,078	Sc Scandium 21 44,955910	Ti Titanium 22 47,867	V Vanadium 23 50,9415	Cr Chroom 24 51,9961	Mn Mangaan 25 54,938049	Fe IJzer 26 55,845	Co Kobalt 27 58,933200	Ni Nikkel 28 58,6934	Cu Koper 29 63,546	Zn Zink 30 65,409	Ga Gallium 31 69,723	Ge Germanium 32 72,64	As Arsen 33 74,92160	Se Selene 34 78,96	Br Broom 35 79,904	Kr Krypton 36 83,798
Rb Rubidium 37 85,4678	Sr Strontium 38 87,62	Y Yttrium 39 88,90585	Zr Zirkoon 40 91,224	Nb Niobium 41 92,90638	Mo Molibdeen 42 95,94	Tc Technetium 43 [97,907216] 4,2 MJ	Ru Ruthenium 44 101,07	Rh Rhodium 45 102,90550	Pd Palladium 46 106,42	Ag Zilver 47 107,8682	Cd Cadmium 48 112,411	In Indium 49 114,818	Sn Tin 50 118,710	Sb Antimon 51 121,760	Te Telluur 52 127,60	I Jood 53 126,90447	Xe Xenon 54 131,293
Cs Cesium 55 132,90545	Ba Barium 56 137,327	La Lanthaan 57 138,9055	Hf Hafnium 72 178,49	Ta Tantalum 73 180,9479	W Wolfram 74 183,84	Re Rhenium 75 186,207	Os Osmium 76 190,23	Ir Iridium 77 192,217	Pt Platina 78 195,078	Au Goud 79 196,96655	Hg Kwik 80 200,59	Tl Thallium 81 204,3833	Pb Lood 82 207,2	Bi Bismut 83 208,98038	Po Polonium 84 [209,982415] 102 j	At Astat 85 [209,987131] 8,1 u	Rn Radon 86 [222,017570] 3,8235 d
Fr Francium 87 [223,019731] 21,8 m	Ra Radium 88 [226,025403] 1600 j	Ac Actinium 89 [227,027747] 21,773 j	Rf Rutherfordium 104 [261,1088] 65 s	Db Dubnium 105 [268,1220] 21 s	Sg Seiborgium 106 [269,1037] 21 s	Bh Bohrium 107 [264,1247] 440 ms	Hs Hassium 108 [277] 12 m	Mt Meitnerium 109 [288,1388] 70 ms	Ds Darmstadtium 110 [281,1621] 1,1 m	Rg Roentgenium 111 [272,1536] 1,5 ms	112 [285] 10 m	113 [289] 21 s	114 [289] 21 s	115 [289] 21 s	116 [289] 21 s	117 [289] 21 s	118 [289] 21 s
Lanthaniden																	
Ce Ceriaan 58 140,116	Pr Praseodymium 59 140,90765	Nd Neodymium 60 144,24	Pm Promethium 61 [144,912743] 17,7 j	Sm Samarium 62 150,36	Eu Europium 63 151,964	Gd Gadolinium 64 157,25	Tb Terbium 65 158,92534	Dy Dysprosium 66 162,500	Ho Holmium 67 164,93032	Er Erbium 68 167,259	Tm Thulium 69 168,93421	Yb Ytterbium 70 173,04	Lu Lutetium 71 174,967				
Actiniden																	
Th Thorium 90 232,0381	Pa Protactinium 91 231,03588	U Uraan 92 238,02891	Np Neptunium 93 [237,048167] 2,144 MJ	Pu Plutoonium 94 [244,064198] 30,8 MJ	Am Americium 95 [243,061371] 7370 j	Cm Curium 96 [247,070347] 15,6 MJ	Bk Berkelium 97 [247,070299] 1,380 j	Cf Californium 98 [251,079580] 358 j	Es Einsteinium 99 [252,08297] 471,7 d	Fm Fermium 100 [257,095099] 100,5 d	Md Mendelevium 101 [258,1094] 51,5 d	No Nobelium 102 [259,1010] 58 m	Lr Lawrencium 103 [262,1097] 3,6 u				

Voorstellen en afbeeldings staan op een aparte pagina.

Er is ook een PDF-versie (Adobe Acrobat Reader) beschikbaar.

Een groot aantal [Ruwbare gegevens](#) van de elementen staat op een andere pagina.

Oscar van Vlijmen, juni 2000/June 2000

Deur laatste wijziging: 2004-09-29

aan: start: [Home](#)

Voorstellen en afbeeldingen staan op een aparte pagina.
Er is ook een PDF-versie (Adobe Acrobat Reader) beschikbaar.
Een groot aantal [chemische afbeeldingen](#) van de elementen staat op een andere pagina.

© Oscar van Vlijmen, juni 2000/Juni 2000
Datum laatste wijziging: 2004-09-29

[Ga naar startpagina](#)

5. WARMTETRANSPORT

Warmtetransportmechanismen

Stationair (1-dim.)

Geleiding: $q = \frac{\lambda}{d} \cdot (T_1 - T_0)$ [W/m²]

Straling: $q = \phi \cdot \sigma \cdot \varepsilon_{res} \cdot (T_1^4 - T_0^4)$ [W/m²]

Convectie: $q = \rho \cdot c \cdot v \cdot (T_1 - T_0)$ [W/m²]

Niet-stationair

Thermische diffusiteit:
(temp.-vereffeningscoëfficiënt) $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \rightarrow$ Thermisch dik indien $d > 2\sqrt{\alpha t}$

Thermische traagheid: $b = \sqrt{\lambda \rho c} \rightarrow$ Bepaalt de mate van warmtebuffering

NB: Indien $d > 2\sqrt{\alpha t}$ waar b verwaarloosbaar ($b < 100 \left[\frac{J}{m^2 K s^{1/2}} \right]$):
dan niet thermisch dik (dit geldt voor isolatiematerialen).

Afkoeling aan constructies: - thermisch dikke constructies
- ongeïsoleerde thermisch dunne constructies

Geen afkoeling aan constructies: - geïsoleerde thermisch dunne constructies

Symbolen en grootheden

q	Warmtestroomdichtheid, warmteflux	[W/m ²]
λ	Warmtegeleidingscoëfficiënt	[W/mK]
T ₁ , T ₀	Absolute temperatuur	[K]
d	Dikte van het materiaal	[m]
ϕ	Zichtfactor	[-]
σ	Constante van Stefan-Boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$	[W/(m ² K ⁴)]
ε_{res}	Emissiecoëfficiënt van het materiaal	[-]
ρ	Soortelijke massa	[kg/m ³]
c	Soortelijke warmte	[J/kgK]
v	Luchtsnelheid	[m/s]
t	Tijd	[seconde]

Formules

vermogen :

$$P_{(t)} = \frac{\partial Q_{(t)}}{\partial t}$$

gemiddeld vermogen :

$$\bar{P} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

warmtestroom :

$$P = \Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{1}{R} \cdot \Delta T = \frac{1}{R} \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot \Delta T$$

warmtestroom (uniforme doorsnede) :

$$\bar{P} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

warmtestroom (algemeen) :

$$P_{(x,t)} = \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right)_{(x,t)} = \lambda \cdot A \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{(x,t)}$$

warmtestroomdichtheid :

$$q = \frac{\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t} \right)}{A} = U \cdot \Delta T = \frac{1}{R} \cdot \Delta T = \frac{T_2 - T_1}{(d / \lambda)}$$

$$q = \frac{(T_2 - T_1)}{R_{c1}} = \frac{(T_3 - T_2)}{R_{c2}} = \frac{(T_n - T_{n-1})}{R_{cn-1}}$$

$$q = \frac{\sum_i \Delta T_{ci}}{\sum_i R_{ci}} = \frac{(\Delta T)_{tot}}{R_{ctot}}$$

totale warmteweerstand, ook wel "warmteweerstand lucht op lucht":

$$R_{tot} = R_i + R_c + R_e$$

specifieke warmteweerstand van een éénlaags constructie :

$$R_c = \frac{d}{\lambda}$$

warmtegeleidingscoëfficiënt in vochtige toestand (experimentele benadering) :

$$\lambda_{vochtig} = \lambda_{droog} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{v}}{3} \right)$$

(v = vochtgehalte in volumeprocenten)

specifieke warmteweerstand van een constructie (afgeleid) :

$$R_c = R_1 + R_2 + R_3 + \dots = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots$$

definitie warmteoverdrachtscoëfficiënt binnenzijde : $\alpha_i = \frac{1}{R_i}$ binnenzijde, $2 < \alpha < 25$ (brand)

definitie warmteoverdrachtscoëfficiënt buitenzijde : $\alpha_e = \frac{1}{R_e}$ buitenzijde, $\alpha \approx 25$ (richtwaarde)

warmteoverdrachtscoëfficiënt theoretisch : $\alpha_{\text{totaal}} = \alpha_{\text{geleiding}} + \alpha_{\text{stroming}} + \alpha_{\text{straling}}$

formule van Hütte : (windsnelheid $c < 5 \text{ m.s}^{-1}$) $\alpha_{\text{stroming}} = 5,5 + 4,0 \cdot c$
 (windsnelheid $c > 5 \text{ m.s}^{-1}$) $\alpha_{\text{stroming}} = 7,0 \cdot c^{0,8}$

soortelijke warmte (definitie) : $c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ geeft $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

volumieke soortelijke warmte : $\rho \cdot c = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ geeft $\Delta Q = V \cdot \rho c \cdot \Delta T$

warmteaccumulatie : $\frac{\Delta Q}{A} = \rho \cdot c \cdot d \cdot \Delta T$

lineaire uitzetting : $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \cdot \Delta t$ geeft $l_{(t)} = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta t)$

rek : $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot E = \varepsilon \cdot E$

thermische materiaalspanning : $\frac{F}{A} = \sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$

intensiteit (algemene definitie) : $I = \frac{P}{A}$

stralingswet van Stefan-Boltzmann : $I = \frac{P}{A} = \sigma_{\text{voorw.}} \cdot T^4 = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot T^4$

$$I = C_{\text{voorw.}} \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \varepsilon \cdot C_{\text{zwart}} \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

warmtetransport door straling tussen twee evenwijdige vlakken :

$$\frac{P}{A} = \varepsilon_{\text{res}} \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = \sigma_{\text{res}} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = C_{\text{res}} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

afkortingen : $\sigma = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}}$ $C = \varepsilon \cdot C_{\text{zwart}} = \varepsilon \cdot \sigma_{\text{zwart}} \cdot 10^8$

waarin :

$$\frac{1}{\varepsilon_{\text{res}}} = \frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1$$

$$\frac{1}{\sigma_{\text{res}}} = \frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_{\text{zwart}}}$$

$$\frac{1}{C_{\text{res}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{\text{zwart}}}$$

differentiaalvergelijking van Fourier : $\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_{(x,t)} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right)_{(x,t)}$

thermische diffusiteit (temperatuurvereffeningscoëfficiënt):

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}$$

opwarmtijd wand (indicatie) : $t = 0,5 \cdot \frac{d^2}{a}$

thermische traagheid (contactcoëfficiënt) $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$

contacttemperatuur : $T_C = \frac{b_A T_A + b_B T_B}{b_A + b_B}$

6. MATERIAALEIGENSCHAPPEN

Verbrandingswaarden

Gases	Calorific value (MJ/kg)
Acetylene	48
Butane	46
Carbon monoxide	10
Hydrogen	120
Propane	46
Methane	50
Ethanol	27

Conversion factor: 1MJ/kg $\approx$ 430 Btu/lb

Liquids	Calorific value (MJ/kg)
Gasoline	44
Diesel oil	41
Linseed oil	39
Methanol	20
Paraffin oil	41
Spirits	29
Tar	38
Benzene	40
Benzyl alcohol	33
Ethyl alcohol	27
Isopropyl alcohol	31

Conversion factor: 1MJ/kg $\approx$ 430 Btu/lb

Solids	Calorific value (MJ/kg)
Anthracite	34
Asphalt	41
Bitumen	42
Cellulose	17
Charcoal	35
Clothes	19
Coal, coke	31
Cork	29
Cotton	18
Grain	17
Grease	41
Kitchen refuse	18
Leather	19
Linoleum	20
Paper, cardboard	17
Paraffin wax	47
Foam rubber	37
Rubber isoprene	45
Rubber tyre	32
Silk	19
Straw	16
Wood	18
Wool	23
Particle board	18

Conversion factor:
1MJ/kg $\approx$ 430 Btu/lb

Plastics	Calorific value (MJ/kg)
ABS	36
Acrylic	28
Celluloid	19
Epoxy	34
Melamine resin	18
Phenol formaldehyde	29
Polyester	31
Polyester fibre reinforced	21
Polyethylene	44
Polystyrene	40
Polyisocyanurate foam	24
Polycarbonate	29
Polypropylene	43
Polyurethane	23
Polyurethane foam	26
Polyvinyl chloride	17
Urea formaldehyde	15
Urea formaldehyde foam	14

Conversion factor:
1MJ/kg $\approx$ 430 Btu/lb

Bindingsenthalpieën van enkele veel voorkomende atoombindingen

binding	bindingsenergie (kJ per mol bindingen)
H-H	-436
C-H	-360 (aldehyden) - -410 (overigen)
C-C	-505 (aromatisch) - -350 (overigen)
C=C	-610
C---C	-830
C-F	-440
C-Cl	-330
C-Br	-280
C-I	-240
C-O	-350
C=O	-800
C-N	-280
C---N	-890
N-H	-390
O-H	-450 - -463,5 (water)
O-O (peroxides)	-146
F-F	-153
Cl-Cl	-243

Vormingsenthalpieën

verbinding	vormingsenthalpie (kJ per mol)
CH ₄	-76 (g)
C ₂ H ₆	-86 (g)
C ₃ H ₈	-106 (g)
CO ₂	-393,5 (g)
CO	-110,5 (g)
CaCO ₃	-1207 (s)
CaO	-636 (s)
CuO	-155 (s)
HCl	-92 (g)
HNO ₃	-173 (l)
H ₂ O	-242 (g) -286 (l)
Fe ₂ O ₃	-822 (s)
MgCO ₃	-1113 (s)
NH ₃	-46 (g)
NO	+90,4 (g)
NO ₂	+33,9 (g)
O ₃	+142 (g)
SO ₃	-395 (g)
SO ₂	-297 (g)
ZnO	-348 (s)
NO ₂	+33,9

Verbrandingsenthalpieën

verbinding	(kJ per mol)	verbinding	(kJ per mol)
methaan(g)	-890	methanal(g)	-550
ethaan(g)	-1560	ethanal(g)	-1167
propaan(g)	-2220	methoxymethaan(g)	1454
<i>n</i> -butaan(g)	-2877	ethoxy-ethaan(l)	-2727
2-methylpropaan(g)	-2078	mierezuur(l)	-270
cyclopropaan(g)	-1411	azijnzuur(l)	-873
etheen(g)	-1411	propionzuur	-1574
propeen(g)	-2058	oxaalzuur(s)	-246
<i>l</i> -buteen(g)	-2717	fumaarzuur	-1339
<i>cis</i> -2-buteen(g)	-2710	melkzuur(s)	-1364
<i>trans</i> -2-buteen(g)	-2702	citroenzuur(s)	-1985
1,3-butadiëen(g)	-2542	alanine(s)	-1622
benzeen(l)	-3273	ureum(s)	-634
tolueen(l)	-3910	ribose(s)	-2349
ethyn(g)	-1300	glucose(s)	-2816
propyn(g)	-1938	galactose(s)	-2806
methanol(l)	-726	maltose(s)	-5649
ethanol(l)	-1367	saccharose(s)	-5647
glycerol(l)	-1661		

Heat flux required for radiant ignition of plastics and woods

Material	Minimum flux for ignition (kW m ⁻²)	
	Piloted	Autoignition
ABS	< 20	
chlorosulfonated polyethylene	16	
EVA	13 – 16	
nylon 6	< 20	
phenolic, foam	22 – 45	
PMMA	8 – 11	
polycarbonate		47
polyester	< 20	
polyetheretherketone	35	
polyethylene	17	
polyisocyanurate	< 10	23 – 24
polyoxymethylene	11	
polypropylene	11	
polystyrene, foam	15 – 25	27
polystyrene, solid	14	
polytetrafluoroethylene	33	
polyurethane, flexible	< 10 to 16	16
polyurethane, flexible FR	< 10 to 21	20
polyurethane, rigid	< 10	22 – 26
polyurethane, rigid FR		26
PVC: electrical conduit	15	35
PVC: flexible floor covering	< 10	35
PVC: floor tile	22	55
PVC: misc.	8	
PVC: misc., FR	11	
wood—heated for less than 30 min	12	20
wood—heated for several hours	4.3	4.3

Ignition temperatures of various solids grouped by category

Category of solid	Ignition temperature (°C)	
	Piloted	Auto ignition
thermoplastics	369 ± 73	457 ± 63
thermosetting plastics	441 ± 100	514 ± 92
elastomers	318 ± 42	353 ± 56
halogenated plastics	382 ± 70	469 ± 79
wood, paper, cotton	250 - 365	250 - 400

Ignition properties

Material	λ_{pc} [(kW/m ² K) ² s]	T _{ig} [°C]	q _{critical} [kW/m ²]
Plywood, plain (0,635 cm)	0,46	390	16
Plywood, plain (1,27 cm)	0,54	390	16
Plywood, FR (1,27 cm)	0,76	620	44
Hardboard (6,35 mm)	1,87	298	10
Hardboard (3,175 mm)	0,88	365	14
Hardboard (gloss paint), (3,4 mm)	1,22	400	17
Hardboard (nitrocellulose paint)	0,79	400	17
Particleboard (1,27 cm)	0,93	412	18
Douglas Fir particleboard (1,27 cm)	0,94	382	16
Fiber insulation board	0,46	355	14
Polyisocyanurate (5,08 cm)	0,020	445	21
Foam, rigid (2,54 cm)	0,030	435	20
Foam, flexible (2,54 cm)	0,32	390	16
Polystyrene (5,08 cm)	0,38	630	46
Polycarbonate (1,52 mm)	1,16	528	30
PMMA type G (1,27 cm)	1,02	378	15
PMMA polycast (1,59 cm)	0,73	278	9
Carpet #1 (wool, stock)	0,11	465	23
Carpet #2 (wool, untreated)	0,25	435	20
Carpet #2 (wool, treated)	0,24	455	22
Carpet (nylon/wool blend)	0,68	412	18
Carpet (acrylic)	0,42	300	10
Gypsum board, (common) (1,27 mm)	0,45	565	35
Gypsum board, FR (1,27 cm)	0,40	510	28
Gypsum board, wall paper	0,57	412	18
Asphalt shingle	0,70	378	15
Fibreglass shingle	0,50	445	21
Glass reinforced polyester (2,24 mm)	0,32	390	16
Glass reinforced polyester (1,14 mm)	0,72	400	17
Aircraft panel, epoxy fiberite	0,24	505	28

Bron: Principles of fire behaviour.

Thermal properties of some common materials

materiaal	eigenschappen (grootheden)				
	λ	c_p	ρ	α	$\lambda \rho c_p$
	[W/m.K]	[J/kg.K]	[kg/m ³]	[m ² /s]	[W ² .s/m ⁴ K ²]
koper	387,000	380	8940,0	1,14E-04	1,31E+09
staal	45,800	460	7850,0	1,27E-05	1,65E+08
metselwerk	0,690	840	1600,0	5,13E-07	9,27E+05
beton	2,000	880	2300,0	9,88E-07	4,05E+06
floatglas	0,760	840	2700,0	3,35E-07	1,72E+06
gipspleister	0,480	840	1440,0	3,97E-07	5,81E+05
PMMA	0,190	1420	1190,0	1,12E-07	3,21E+05
hardhout, eiken	0,170	2380	800,0	8,93E-08	3,24E+05
naaldhout, vuren	0,140	2850	640,0	7,68E-08	2,55E+05
asbest	0,150	1050	577,0	2,48E-07	9,09E+04
PUR-schuim	0,034	1400	20,0	1,21E-06	9,52E+02
lucht	0,026	1040	1,1	2,27E-05	2,97E+01

Bron: An introduction to fire dynamics.

materiaal	eigenschappen (grootheden)				
	θ	λ	c_p	ρ	$\lambda \rho c_p$
	[°C]	[W/m.K]	[J/kg.K]	[kg/m ³]	[W ² .s/m ⁴ K ²]
grindbeton	20	2,000	900	2300,0	4,14E+06
	200	1,630	1020	2300,0	3,82E+06
	500	1,210	1165	2300,0	3,24E+06
	1000	0,830	1290	2300,0	2,46E+06
lichtbeton	20	1,000	840	1500,0	1,26E+06
	200	0,875	840	1500,0	1,10E+06
	500	0,688	840	1500,0	8,67E+05
	1000	0,500	840	1500,0	6,30E+05
staal	20	54,000	425	7850,0	1,80E+08
	200	47,000	530	7850,0	1,96E+08
	500	37,000	666	7850,0	1,93E+08
	1000	27,000	650	7850,0	1,38E+08
calcium-silicaatplaten	20	0,069	750	450,0	2,33E+04
	250	0,079	955	450,0	3,40E+04
	450	0,095	1060	450,0	4,53E+04
	1050	0,157	1440	450,0	1,02E+05
hout	20	0,170	1110	450,0	8,49E+04
	250	0,170	1125	450,0	8,61E+04
	450	0,170	1135	450,0	8,68E+04
	1050	0,170	1165	450,0	8,91E+04
metselwerk	20	1,000	1110	1800,0	2,00E+06
	200	1,020	1125	1800,0	2,07E+06
	500	1,180	1135	1800,0	2,41E+06
	1000	1,400	1165	1800,0	2,94E+06
glas	20	0,780	840	2700,0	1,77E+06

Temperatuurvereffeningscoëfficiënt α

materiaal	α	materiaal	α
	m ² .s ⁻¹		m ² .s ⁻¹
hardhout	1,13 .10 ⁻⁷	baksteen (rood)	4,55 .10 ⁻⁷
naaldhout	1,35 .10 ⁻⁷	kunststofschuim	4,76 .10 ⁻⁷
houtwolcement	2,04 .10 ⁻⁷	aarde	5,33 .10 ⁻⁷
gasbeton	3,91 .10 ⁻⁷	zand (10% vochtig)	5,81 .10 ⁻⁷
asbestcement eternit	4,39 .10 ⁻⁷	beton (verdicht gewapend)	7,38 .10 ⁻⁷

Thermische traagheid $b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$

Materiaal	b
	$J.m^{-2}.K^{-1}.s^{-\frac{1}{2}}$
koper	30000
staal	15000
beton	1700 - 2000
hout **	700
linoleum	600
kurk (** droog)	140
wollen tapijt (** droog)	100
Huid	1120

** Er treden aanzienlijke afwijkingen op wanneer er wèl enig vocht in het materiaal aanwezig is.
Meestal is dit het geval.

Stralingsconstanten ε en σ

oppervlak	ε	σ
		$10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4}$
absoluut zwart oppervlak	1	5,67
aluminium, ruw	0,07 - 0,09	0,41 - 0,49
aluminium, gepolijst	0,05	0,30
lood met oxidelaag	0,28	1,6
staal met wals- of giethuid	0,76 - 0,81	4,3 - 4,6
bewerkt staal (o.m. gedraaid)	0,25 - 0,46	1,4 - 2,6
rood geoxideerd staal	0,69	3,9
staal met ruwe oxidelaag	0,81	4,62
mat vertind oppervlak	0,69	3,9
glanzend vertind oppervlak	0,09	0,50
verzinkt oppervlak	0,23 - 0,28	1,3 - 1,6
gepolijst koper	0,09	0,53
zwart geoxideerd koper	0,79	4,5
aluminiumverf	0,35 - 0,42	2,0 - 2,4
normale verf en lak	0,88 - 0,92	5,0 - 5,2
ruwe asbest	0,99	5,6
gips	0,92	5,2
glas (glad)	0,97	5,5
rubber (zacht)	0,88	5,0
rubber (hard, zwart)	0,93	5,3
papier	0,97	5,5
water (invalshoek licht 90°)	0,98	5,54
water (diffuus licht)	0,92	5,24
baksteen (ruw, rood)	0,93 - 0,97	5,3 - 5,5
wit geglazuurde tegels	0,88	5,0
asfalt, bitumen	0,92	5,2
geschaafd eikehout	0,90	5,1
glad ijs (condens !)	0,92	5,2

7. VUURBELASTINGEN

Vuurbelastingen, statistisch

gebruiksfunctie	gemiddeld [MJ/m ²]	80%-fractiel [MJ/m ²]
1 woonfunctie	780	870
slaapkamer		
woonkamer		
2 bijeenkomstfunctie	zie tabel 2	zie tabel 2
theater, bioscoop		
3 celfunctie	-	-
4 gezondheidszorg	230	350
opslag		
slaapkamer		
5 industriefunctie		
industriefunctie met opslag (branchbaar, <150 kg/m ²)		
6 kantoorfunctie	420	570
technische kantoren		
administratieve kantoren		
7 logiesfunctie	420	511
hotel (standaard)		
hotel (slaapkamer)		
8 onderwijsfunctie	285	360
basisonderwijs		
middelbaar onderwijs		
hoger onderwijs		
9 sportfunctie	-	-
10 winkelfunctie	zie tabel 2	zie tabel 2
bibliotheek		
winkelcentrum		
11 overige gebruiksfunctie	zie tabel 2	zie tabel 2
transportgebouw (publieke ruimte)		

gebruiksfunctie, gebouwtype	gemiddelde vuurbelasting [MJ/m ²]	80%-fractiel [MJ/m ²]
2 bijeenkomstfunctie		
bioscoop	300	
theater	300	
kinderopvang		370
7 logiesfunctie		
hotel (slaapkamer)	310	400
10 winkelfunctie		
bibliotheek		
bouwmarkt	600	
supermarkt	700	
kledingwinkel	600	
warenhuis	400	
schoenenwinkel	500	
11 overige gebruiksfunctie		
parkeergarage	200	
transportgebouw (publieke ruimte)	100	

Vuurbelastingen, gemiddeld, gedifferentieerd

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Academy	300	
Accumulator forwarding	800	
Accumulator mfg	400	800
Acetylene cylinder storage	700	
Acid plant	80	
Adhesive mfg	1000	3400
Administration	800	
Adsorbent plant for combustible vapours	>1700	
Aircraft hangar	200	
Airplane factory	200	
Aluminium mfg	40	
Aluminium processing	200	
Ammunition mfg	special	
Animal food preparing, mfg	2000	3300
Antique shop	700	
Apparatus forwarding	700	
Apparatus mfg	400	
Apparatus	600	
Apparatus testing	200	
Arms mfg	300	
Arms sales	300	
Artificial flower mfg	300	200
Artificial leather mfg	1000	1700
Artificial leather processing	300	
Artificial silk mfg	300	1100
Artificial silk processing	210	
Artificial stone mfg	40	
Asylum	400	
Authority office	800	
Awning mfg	300	
Bag mfg (jute, paper, plastic)	500	
Bakery	200	
Bakery, sales	300	
Ball bearing mfg	200	
Bandage mfg	400	
Bank, counters	300	
Bank offices	800	
Barrel mfg, wood	1000	800
Basement, dwellings	900	
Basket ware mfg	300	200
Bed sheeting production	500	1000
Bedding plant	600	
Bedding shop	500	
Beer mfg, brewery	80	
Beverage mfg, non-alcoholic	80	
Bicycle assembly	200	400
Biscuit factories	200	
Biscuit mfg	200	
Bitumen preparation	800	3400
Blind mfg, venetian	800	300
Blueprinting firm	400	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Boarding school	300	
Boat mfg	600	
Boiler house	200	
Bookbinding	1000	
Book-store	1000	
Box mfg	1000	600
Brick plant, burning	40	
Brick plant, clay preparation	40	
Brick plant, drying kiln with metal grates	40	
Brick plant, drying kiln with wooden grates	1000	
Brick plant, drying room with metal grates	40	
Brick plant, drying room with wooden grates	400	
Brick plant, pressing	200	
Briquette factories	1600	
Broom mfg	700	400
Brush mfg	700	800
Butter mfg	700	4000
Cabinet making (without wood yard)	600	
Cable mfg	300	600
Cafe	400	
Camera mfg	300	
Candle mfg	1300	22400
Candy mfg	400	1500
Candy packing	800	
Candy shop	400	
Cane products mfg	400	200
Canteen	300	
Car accessory sales	300	
Car assembly plant	300	
Car body repairing	150	
Car paint shop	500	
Car repair shop	300	
Car seat cover shop	700	
Cardboard box mfg	800	2500
Cardboard mfg	300	4200
Cardboard products mfg	800	2500
Carpenter shed	700	
Carpet dyeing	500	
Carpet mfg	600	1700
Carpet store	800	
Cartwright's shop	500	
Cast iron foundry	400	800
Celluloid mfg	800	3400
Cement mfg	1000	
Cement plant	40	
Cement products mfg	80	
Cheese factory	120	
Cheese mfg (in boxes)	170	
Cheese store	100	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Chemical plants (rough average)	300	100
Chemist's shop	1000	
Children's home	400	
China mfg	200	
Chipboard finishing	800	
Chipboard pressing	100	
Chocolate factory, intermediate storage	6000	
Chocolate factory, packing	500	
Chocolate factory, tumbling treatment	1000	
Chocolate factory, all other specialities	500	
Church	200	
Cider mfg (without crate storage)	200	
Cigarette plant	3000	
Cinema	300	
Clay, preparing	50	
Cloakroom, metal wardrobe	80	
Cloakroom, wooden wardrobe	400	
Cloth mfg	400	
Clothing plant	500	
Clothing store	600	
Coal bunker	2500	
Coal cellar	10500	
Cocoa processing	800	
Cold storage	2000	
Composing room	400	
Concrete products mfg	100	
Condiment mfg	50	
Congress hall	600	
Contractors	500	
Cooking stove mfg	600	
Coopering	600	
Cordage plant	300	600
Cordage store	500	
Cork products mfg	500	800
Cosmetic mfg	300	500
Cotton mills	1200	
Cotton wool mfg	300	
Cover mfg	500	
Cutlery mfg (household)	200	
Cutting-up shop, leather, artificial leather	300	
Cutting-up shop, textiles	500	
Cutting-up shop, wood	700	
Dairy	200	
Data processing	400	
Decoration studio	1200	2000
Dental surgeon's laboratory	300	
Dentist's office	200	
Department store	400	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Distilling plant, combustible materials	200	
Distilling plant, incombustible materials	50	
Doctor's office	200	
Door mfg, wood	800	1800
Dressing, textiles	200	
Dressing, paper	700	
Dressmaking shop	300	
Dry-cell battery	400	600
Dry cleaning	300	
Dyeing plant	500	
Edible fat forwarding	900	
Edible fat mfg	1000	18900
Electric appliance mfg	400	
Electric appliance repair	500	
Electric motor mfg	300	
Electrical repair shop	600	
Electrical supply storage H < 3 m	1200	
Electro industry	600	
Electronic device mfg	400	
Electronic device repair	500	
Embroidery	300	
Etching plant glass/metal	200	
Exhibition hall, cars including decoration	200	
Exhibition hall, furniture including decoration	500	
Exhibition hall, machines including decoration	80	
Exhibition of paintings including decoration	200	
Explosive industry	4000	
Fertiliser mfg	200	200
Filling plant/barrels		
liquid filled and/or barrels incombustible	<200	
liquid filled and/or barrels combustible		
Risk Class I - IV	> 3400	
Risk Class V	> 1700	
Filling plant/small casks:		
liquid filled and casks incombustible	<200	
Risk Class I - V	< 500	
Finishing plant, paper	500	
Finishing plant, textile	300	
Fireworks mfg	special	2000
Flat	300	
Floor covering mfg	500	6000
Floor covering store	1000	
Flooring plaster mfg	600	
Flour products	800	
Flower sales	80	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Fluorescent tube mfg	300	
Foamed plastics fabrication	3000	2500
Foamed plastics processing	600	800
Food forwarding	1000	
Food store	700	
Forge	80	
Forwarding, appliances partly made of plastic	700	
Forwarding, beverages	300	
Forwarding, cardboard goods	600	
Forwarding, food	1000	
Forwarding, furniture	600	
Forwarding, glassware	700	
Forwarding, plastic products	1000	
Forwarding, printed matter	1700	
Forwarding, textiles	600	
Forwarding, tinware	200	
Forwarding, varnish, polish	1300	
Forwarding, woodware (small)	600	
Foundry (metal)	40	
Fur, sewing	400	
Fur store	200	
Furniture exhibition	500	
Furniture mfg (wood)	600	
Furniture polishing	500	
Furniture store	400	
Furrier	500	
Galvanic station	200	
Gambling place	150	
Glass blowing plant	200	
Glass factory	100	
Glass mfg	100	
Glass painting	300	
Glass processing	200	
Glassware mfg	200	
Glassware store	200	
Glazier's workshop	700	
Gold plating (of metals)	800	
Goldsmith's workshop	200	
Grain mill, without storage	400	
Gravestone carving	50	
Graphic workshop	1000	
Greengrocer's shop	200	
Hairdressing shop	300	
Hardening plant	400	
Hardware mfg	200	
Hardware store	300	
Hat mfg	500	
Hat store	500	
Heating equipment room, wood coal firing	300	
Heat sealing of plastics	800	
High-rise office building	800	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Homes	500	
Homes for aged	400	
Hosiery mfg	300	1000
Hospital	300	
Hotel	300	
Household appliances, mfg	300	200
Household appliances, sales	300	
Ice cream plant (including packaging)	100	
Incandescent lamp plant	40	
Injection moulded parts mfg (metal)	80	
Injection moulded parts mfg (plastic)	500	
Institution building	500	
Ironing	500	
Jewellery mfg	200	
Jewellery shop	300	1300
Joinery	700	
Joiners (machine room)	500	
Joiner (workbench)	700	
Jute, weaving	400	1300
Laboratory, bacteriological	200	
Laboratory, chemical	500	
Laboratory, electric, electronic	200	
Laboratory, metallurgical	200	
Laboratory, physics	200	
Lacquer forwarding	1000	
Lacquer mfg	500	2500
Large metal constructions	80	
Lathe shop	600	
Laundry	200	
Leather goods sales	700	
Leather product mfg	500	
Leather, tanning, dressing, etc.	400	
Library	2000	2000
Lingerie mfg	400	800
Liqueur mfg	400	800
Liquor mfg	500	
Liquor store	700	
Loading ramp, including goods (rough average)	800	
Lumber room for miscellaneous goods	500	
Machinery mfg	200	
Match plant	300	800
Mattress mfg	500	500
Meat shop	50	
Mechanical workshop	200	
Metal goods mfg	200	
Metal grinding	80	
Metal working (general)	200	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Milk, condensed, evaporated mfg	200	9000
Milk, powdered, mfg	200	10500
Milling work, metal	200	
Mirror mfg	100	
Motion picture studio	300	
Motorcycle assembly	300	
Museum	300	
Musical instrument sales	281	
News stand	1300	
Nitrocellulose mfg	Special	1100
Nuclear research	2100	
Nursery school	300	
Office, business	800	
Office, engineering	600	
Office furniture	700	
Office, machinery mfg	300	
Oilcloth mfg	700	1300
Oilcloth processing	700	2100
Optical instrument mfg	200	200
Packing, incombustible goods	400	
Packing material, industry	1600	3000
Packing, printed matters	1700	
Packing, textiles	600	
Packing, all other combustible goods	600	
Paint and varnish, mfg	4200	
Paint and varnish, mixing plant	2000	
Paint and varnish shop	1000	
Painter's workshop	500	
Pain shop (cars, machines, etc.)	200	
Paint shop (furniture, etc.)	400	
Paper mfg	200	10000
Paper processing	800	1100
Parking building	200	
Parquetry mfg	2000	1200
Perambulator mfg	300	800
Perambulator shop	300	
Perfume sale	400	
Pharmaceutical's, packing	300	800
Pharmaceutical mfg	300	800
Pharmacy (including storage)	800	
Photographic laboratory	100	
Photographic store	300	
Photographic studio	300	
Picture frame mfg	300	
Plaster product mfg	80	
Plastic floor tile mfg	800	
Plastic mfg	2000	5900
Plastic processing	600	
Plastic products fabrication	600	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Plumber's workshop	100	
Plywood mfg	800	2900
Polish mfg	1700	
Post office	400	
Potato, flaked, mfg	200	
Pottery plant	200	
Power station	600	
Precision instrument mfg: (containing plastic parts)	200	
(without plastic parts)	100	
Printing, composing room	300	
Printing, ink mfg	700	3000
Printing, machine hall	400	
Printing office	1000	
Radio and TV mfg	400	
Radio and TV sales	500	
Radio studio	300	
Railway car mfg	200	
Railway station	800	
Railway workshop	800	
Record player mfg	300	
Record repository, documents	4200	
Refrigerator mfg	1000	300
Relay mfg	400	
Repair shop, general	400	
Restaurant	300	
Retouching department	300	
Rubber goods mfg	600	5000
Rubber goods store	800	
Rubber processing	600	5000
Saddlery mfg	300	
Safe mfg	80	
Salad oil forwarding	900	
Salad oil mfg	1000	18,900
Sawmill (without wood yard)	400	
Scale mfg	400	
School	300	
Scrap recovery	800	
Seed-store	600	
Sewing machine mfg	300	
Sewing machine store	300	
Sheet mfg	100	
Shoe factory, forwarding	600	
Shoe factory, mfg	500	
Shoe polish mfg	800	2100
Shoe repair with manufacture	700	
Shoe store	500	
Shutter mfg	1000	
Silk spinning (natural silk)	300	
Silk weaving (natural silk)	300	
Silverwares	400	
Ski mfg	400	1700
Slaughter house	40	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Soap mfg	200	4200
Soda mfg	40	
Soldering	300	
Solvent distillation	200	
Spinning mill, excluding garneting	300	
Sporting goods store	800	
Spray painting, wood prods.	500	
Stationery store	700	
Steel furniture mfg	300	
Stereotype plate mfg	200	
Stone masonry	40	
Storeroom (workshop storerooms etc.)	1200	
Synthetic fibre mfg	400	
Synthetic fibre processing	400	
Synthetic resin mfg	3400	4200
Tar-coated paper mfg	1700	
Tar preparation	800	
Telephone apparatus mfg	400	200
Telephone exchange	80	
Telephone exchange mfg	100	
Test room, electric app.	200	
Test room, machinery	100	
Test room, textiles	300	
Theatre	300	
Tin can mfg	100	
Tinned goods mfg	40	
Tinware mfg	120	
Tyre mfg	700	1800
Tobacco products mfg	200	2100
Tobacco shop	500	
Tool mfg	200	
Toy mfg (combustible)	100	
Toy mfg (incombustible)	200	
Toy store	500	
Tractor mfg	300	
Transformer mfg	300	
Transformer winding	600	
Travel agency	400	
Turnery (wood working)	500	
Turning section	200	
TV studio	300	
Twisting shop	250	
Umbrella mfg.	300	400
Umbrella store	300	
Underground garage, private	>200	
Underground garage, public	<200	
Upholstering plant	500	
Vacation home	500	
Varnishing, appliances	80	
Varnishing, paper	80	

Type of occupancies	Fabrication [MJ/m ²]	Storage [MJ/m ² /m]
Vegetable, dehydrating	1000	400
Vehicle mfg, assembly	400	
Veneering	500	2900
Veneer mfg	800	4200
Vinegar mfg	80	100
Vulcanising plant (without storage)	1000	
Waffle mfg	300	1700
Warping department	250	
Washing agent mfg	300	200
Washing machine mfg	300	40
Watch assembling	300	40
Watch mechanism mfg	40	
Watch repair shop	300	
Watch sales	300	
Water closets	~ 0	
Wax products forwarding	2100	
Wax products mfg	1300	2100
Weaving mill (without carpets)	300	
Welding shop (metal)	80	
Winding room	400	
Winding, textile fibres	600	
Window glass mfg	700	
Window mfg (wood)	800	
Wine cellar	20	
Wine merchant's shop	200	
Wire drawing	80	
Wire factory	800	
Wood carving	700	
Wood drying plant	800	
Wood grinding	200	
Wood pattern making shop	600	
Wood preserving plant	3000	
Youth hostel	300	

Conversion factors:

$$1\text{MJ} \approx 0.948 \text{ BTU}$$

$$1\text{m}^2 \approx 10.8 \text{ ft}^2$$

$$1\text{m} \approx 3.28 \text{ ft}$$

8. REKEN- EN BESLISMODEL 'beheersbaarheid van brand' (NL, 1995)

Maximale brandcompartimentsgrootte wordt bepaald met de volgende vuistregel:

$$A_{\max} = \frac{300.000}{q \cdot M} \quad [m^2]$$

- $A_{\max}$ = maximaal oppervlakte van een brandcompartiment in m^2
 q = gemiddelde vuurbelasting (permanent en variabel) in kg vurenhout-equivalent per m^2
 M = massafactor (-)

De vuurbelasting van een gebouw of een ruimte wordt als volgt bepaald:

$$q_{sp} = \frac{1}{A_{sp}} \sum H_i \cdot m_i \quad [MJ / m^2]$$

- A_{sp} = netto vloeroppervlak van de beschouwde ruimte of gebouw in m^2 conform NEN 2580
 H_i = netto verbrandingswaarde van het brandbaar materiaal in MJ/kg
 m_i = massa van het brandbaar materiaal in de beschouwde ruimte of gebouw in kg

NB.: 1 kg vurenhout-equivalent (ve) komt overeen met 19 MJ.

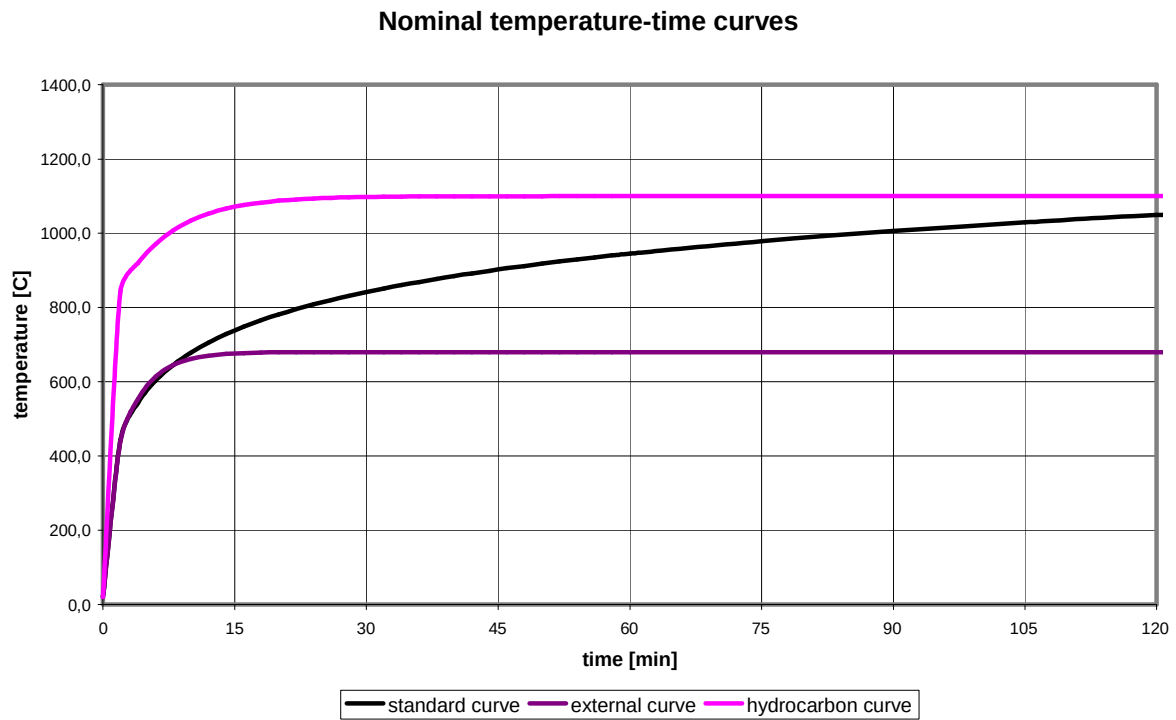
Maximale brandcompartimentsgrootte $A_{\max}$ in relatie tot de massafactor M.

massafactor :	M=0,1	M=0,3	M=0,5	M=1
voorwaarden :	spinkler		Binnenaanval	bouwkundig
	of $q > 300 \text{ kg ve/m}^2$	$q < 16 \text{ kg ve/m}^3$ Met lage afbrandsnelheid		Beperkte brandomvang
8 kg ve/ m^2	-	-	-	-
16 kg ve/ m^2	187500	62500	37500	18750
30 kg ve/ m^2	100000	n.v.t.	20000	10000
60 kg ve/ m^2	50000	n.v.t.	10000	5000
120 kg ve/ m^2	25000	n.v.t.	5000	2500
240 kg ve/ m^2	12500	n.v.t.	2500	1250
300 kg ve/ m^2	10000	n.v.t.	2000	1000

Hoofdschema brandcompartimentering																
1	Gemiddelde vuurbelasting hoogste 8 kg/m ²	(q) ten	ja	nee												
2	Sprinklers aanwezig? en dak/gevels 'onbrandbaar'		nvt	ja	nee (of niet doeltreffend)											
3	Binnenaanval mogelijk?		nvt	nvt	ja	nee										
4	Aantal verbindingen? =		nvt	nvt	nvt	0			1			2				>2
5	Is WBDO - qm>marge?		nvt	nvt	nvt	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	nvt
6	Compartment eronder, met faalkans overslagbescherming? zo ja, maximaal 1000 m ²		nvt	nvt	nvt	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	ja	nee	nvt
	Brandweerhulp nodig voor brandbeheersing		nee	nee	ja	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	Massafactor =		'0'	0,1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	(te veel)	nvt
	als q ten hoogste 16 kg/m ² dan is de massafactor M) (zie 3.3)		nvt	nvt	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	(0,3)	nvt	nvt
	(als q hoger dan 300 kg/m ² met lage afbrandsnelheid dan is massafactor M) (zie 3.3)		nvt	nvt	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	(0,1)	nvt	nvt
	gemiddelde vuurbelasting bepalend?		nee	ja	mede	mede	mede	mede	mede	mede	mede	mede	mede	mede	nvt	nvt
	inzet brandweer bepalend mbt:		nvt	nvt	binnenaanval	nvt	krit. zijde	verbinding	br. en/of diepte	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

9. BRANDONTWIKKELING

Nominale temperatuur-tijd curven



Standard curve:

$$T = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

External curve:

$$T = 20 + 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Hydrocarbon curve:

$$T = 20 + 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Hierin is:

T temperatuur in [°C]

T tijd in minuten

Vlammen, temperatuur en kleur

Kleuren bij verbranding		
	^o C	K
vuurrood	900	1170
Oranje	1100	1870
Wit	1400	1670

Vlamlengte (lokale brandhaard)

$$L = 0,24 \cdot Q^{0,4} - D_{eff}$$

$$D_{eff} = \sqrt{\frac{4 \cdot B \cdot D}{\pi}}$$

Hierin is:

L	vlamlengte
Q	brandvermogen
D _{eff}	effectieve diameter
B	breedte brandhaard
D	diepte brandhaard

Vlamtemperatuur

- top van de vlam: 793 K
- voet van de vlam: 1085 K
- voet van de vlam: 950 K (bij lage afbrandsnelheid)

Branduitbreidingssnelheid en tijdconstante

Definitie:

$$Q = \left(\frac{t - t_0}{t_c} \right)^2$$

Hierin is:

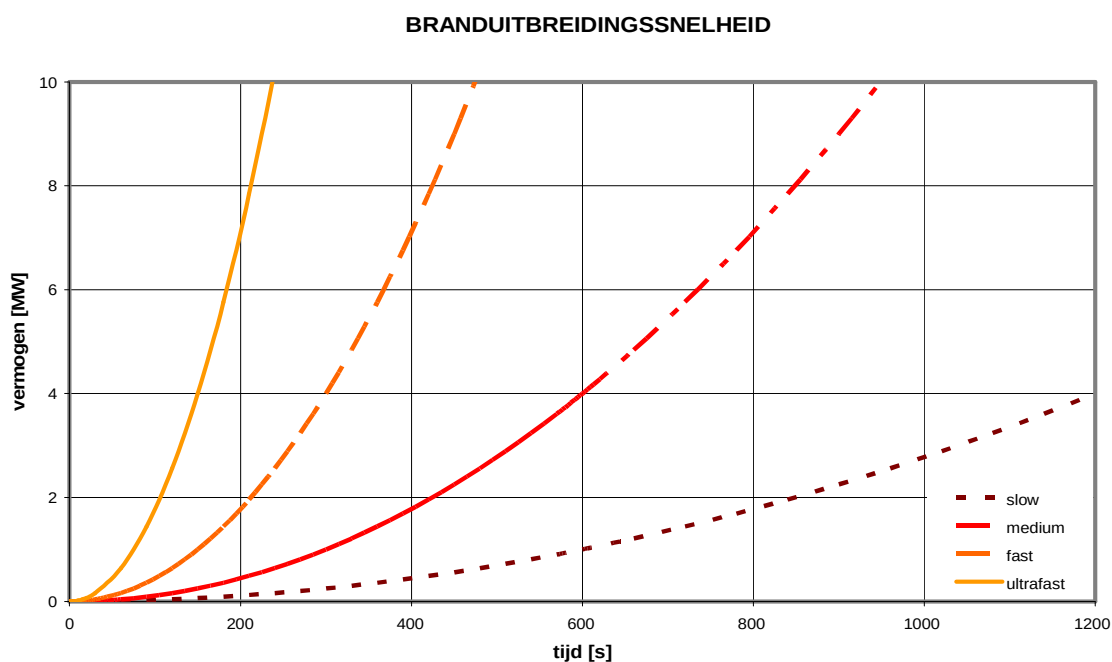
Q	= brandvermogen [MW]
t	= tijd sinds ontbranding [s]
t ₀	= incubatietijd [s] (t ₀ = 0 s: incubatietijd blijft buiten beschouwing)
t _c	= tijdconstante voor branduitbreiding tot 1 MW [s]

Klassificering tijdconstanten:

600 s	slow
300 s	medium
150 s	fast
75 s	ultrafast

Typisch brandscenario per tijdconstante

t_c [s]	typisch scenario
600	floor coverings
300	shop counters office furniture – horizontally distributed
150	bedding displays and padded work-station partitioning
75	cardboard or plastic boxes in vertical storage arrangement non-fire-retarded plastic foam storage lightweight furnishings upholstered furniture and stacked furniture near combustible linings

**Volledig ontwikkelde brand (compartimentsbrand)**

$$Q = 61.2 A_w H_w^{1/2}$$

Hierin is:

- Q = heat-release rate of fire (Btu per second)
- A_w = area of ventilation opening (square feet)
- H_w = height of ventilation opening (feet).

Branduitbreidingssnelheden en tijdconstanten per gebruiksfunctie

gebruiksfunctie	NEN 1991-1-2 ¹		Natuurlijk Brandconcept ²	
	snelheid [-]	t _g [s]	snelheid [-]	t _g [s]
1 woonfunctie	matig	300	matig	300
2 bijeenkomstfunctie				
theater, bioscoop	snel	150		
museum (schilderijen)			traag	600
3 celfunctie				
4 gezondheidszorg				
slaapkamer	matig	300		
5 industriefunctie				
opslag: slecht brandbaar of kleine hoeveelheden			traag	600
opslag: katoen, polyester, veren matrassen			matig	300
opslag: posterijen, kunststofschuim, houtopslag			snel	150
opslag: alcohol, gestoffeerde meubels			ultra snel	75
chemische fabriek			ultra snel	75
6 kantoorfunctie	matig	300	matig	300
7 logiesfunctie				
hotel (slaapkamer)	matig	300	matig	300
hotel (receptie)			matig	300
8 onderwijsfunctie				
klaslokaal	matig	300		
9 sportfunctie				
10 winkelfunctie			snel	150
bibliotheek	snel	150		
winkelcentrum	snel	150		
11 overige gebruiksfunctie				
transportgebouw (publieke ruimte)	traag	600		

10. BRANDVERMOGENSDICHTHEDEN

Brandvermogensdichtheden per gebruiksfunctie

gebruiksfunctie		
	klasse [-]	RHR [kW/m ²]
1 woonfunctie	Normaal	250
2 bijeenkomstfunctie		
theater, bioscoop	Hoog	500
museum (schilderijen)	Normaal	250
3 celfunctie		
4 gezondheidszorg		
slaapkamer	Normaal	250
5 industrie functie		
opslag: per m opslaghoogte	Hoog tot Zeer hoog	500 per m hoogte
opslag: bulkopslag fijnkorrelig, vuurbelasting: > 5700 MJ/m ²	Laag	100
6 kantoorfunctie	Normaal	250
7 logiesfunctie		
hotel (slaapkamer)	Normaal	250
hotel (receptie)	Normaal	250
8 onderwijsfunctie		
klaslokaal	Normaal	250
9 sportfunctie		
10 winkelfunctie		
bibliotheek	Hoog	500
winkelcentrum	Normaal	250
winkel (detailhandel)	Hoog	500
11 overige gebruiksfunctie		
transportgebouw (publieke ruimte)	Normaal	250

11. ROOK EN VEILIG VLUCHTEN

Rookdichtheid; Constant volume

Rookdichtheid:

$$RD = \frac{Z_{rook}}{V_{rook}} \quad [m^{-1}]$$

Zichtmassa:

$$Z_{rook} = R \cdot M_{mat} \quad [m^2]$$

Massa verbrande
brandstof:

$$M_{mat} = \frac{E_{rook}}{H_{mat}} \quad [kg]$$

Rookdichtheid; Stationair

Rookdichtheid:

$$RD = \frac{\dot{Z}_{rook}}{\dot{V}_{rook}} \quad [m^{-1}]$$

Zichtmassastroom:

$$\dot{Z}_{rook} = R \cdot \dot{M}_{mat} \quad [m^2/s]$$

Massastroom verbrande
Brandstof:

$$\dot{M}_{mat} = \frac{\dot{E}_{rook}}{H_{mat}} \quad [kg/s]$$

Zichtlengte

Zichtlengte:

$$Z_L = \frac{1}{RD}; \quad [m]$$

indien rookpotentieel is bepaald op basis
van $^{10}\log$ (mass optical density)

$$Z_L = \frac{2,3}{RD}; \quad [m]$$

indien rookpotentieel is bepaald op basis
van $\ln$ (natuurlijke logaritme)

Zichtlengtevergoting:

$$Z_L \times 1,3$$

$$Z_L \times 1,3$$

$$Z_L \times 3$$

Voor lichtreflecterende
voorwerpen;
Voor donkere niet-refelecterende
rook;
Voor lichtgevende voorwerpen.

Soortelijke massa van rook

Temperature [K]	ρ density [kg/m ³]
280	1,26
290	1,22
300	1,18
500	0,70
700	0,50
1100	0,32

Bron: An introduction to fire dynamics.

$$\rho = \frac{353}{T} \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

met T in [K]

Effect van blootstelling aan rook/luchttemperatuur

temperatuur [°C]	Responsie
127	moeilijk ademen
140	tolerantielimiet 5 minuten
149	moeilijk door de mond ademen, grens voor vluchten
160	ondraaglijke pijn
182	onomkeerbare schade in 30 seconden
200	ademhalingssysteem bezwijkt binnen 4 minuten

- Tussen 70 en 150 °C geldt de onderstaande betrekking tussen de maximale blootsteldingsduur t in seconden en de temperatuur T in °C:

$$t = \frac{5,33 \cdot 10^8}{T^{3,66}} [\text{s}]$$

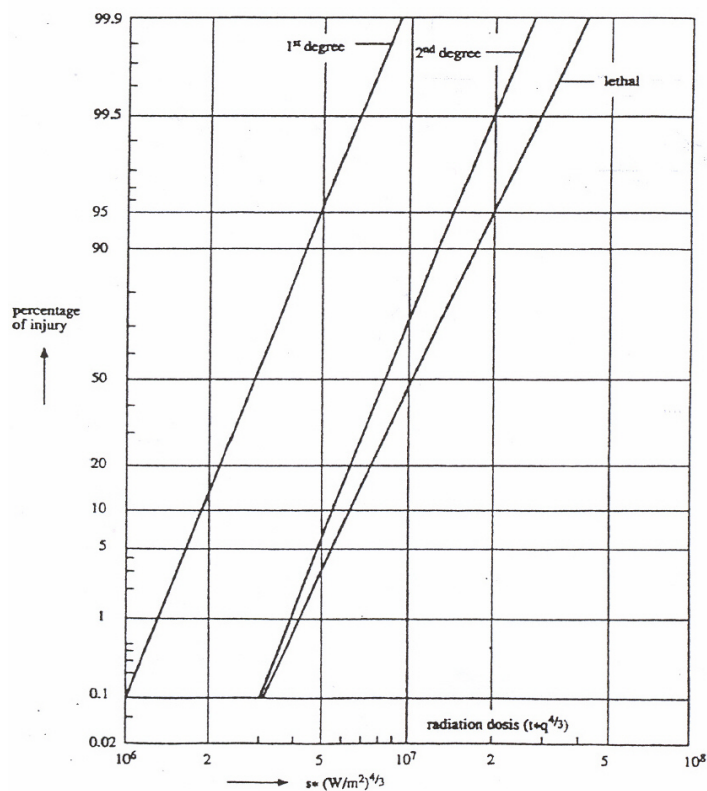
Effect van blootstelling aan CO-concentraties

- Lethaal (CO): Probit = 37,92 + 3,7 · ln (t · C)

Concentratie CO (ppm)	Effect
1500	Hoofdpijn na 15 minuten, bewusteloosheid na 30 minuten, dood na 60 minuten
2000	Hoofdpijn na 10 minuten, bewusteloosheid na 20 minuten, dood na 45 minuten
3000	Maximum veilig blootsteldingsduur 5 minuten, bewusteloosheid na 10 minuten
6000	Hoofdpijn en duizeligheid in 1 à 2 minuten, dood in 10 à 15 minuten
12800	Onmiddellijk effect, binnen 2 à 3 ademhalingen bewusteloosheid, dood in 1 – 3 minuten

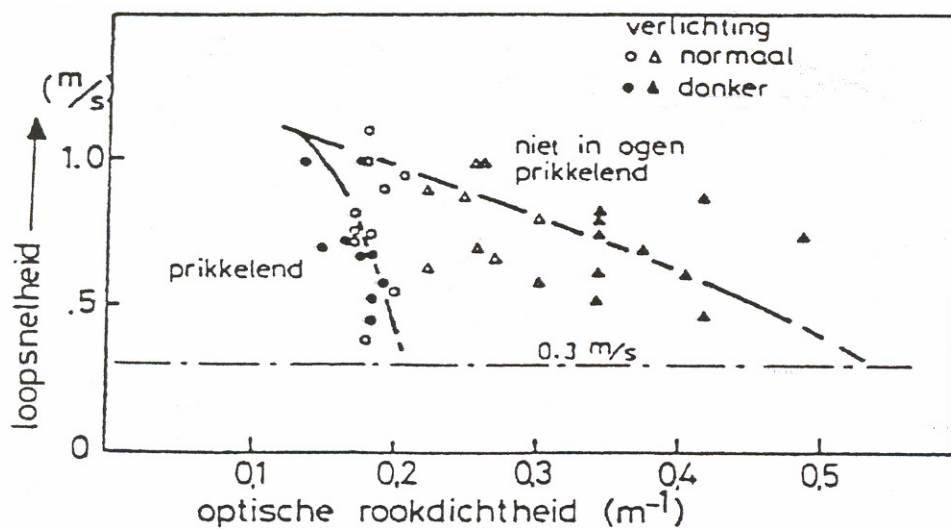
Effect van blootstelling aan warmtestraling

- eerstegraads brandwonden: $\text{Probit} = -39,83 + 3,0186 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3})$
- tweedegraads brandwonden: $\text{Probit} = -43,14 + 3,0186 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3})$
- dodelijk: $\text{Probit} = -36,38 + 2,5600 \cdot \ln(t \cdot q^{4/3})$



Schadeniveau versus stralingsdosis

Loopsnelheden, afhankelijk van de rookdichtheid



Bezettingsgraadklassen naar aantal personen per m² gebruiks- of vloeroppervlakte

Klasse	Bezettingsgraad In gebruiksoppervlakte van een gebouw	Bezettingsgraad In vloeroppervlakte aan verblijfsgebied
B1	per persoon: $\leq 2 \text{ m}^2$	per persoon $\leq 1.3 \text{ m}^2$
B2	$2 \text{ m}^2 \leq$ per persoon $\leq 5 \text{ m}^2$	$1.3 \text{ m}^2 \leq$ per persoon $\leq 3.3 \text{ m}^2$
B3	$5 \text{ m}^2 \leq$ per persoon $\leq 12 \text{ m}^2$	$3.3 \text{ m}^2 \leq$ per persoon $\leq 8 \text{ m}^2$
B4	12 m^2 per persoon $\leq 30 \text{ m}^2$	$8 \text{ m}^2 \leq$ per persoon $\leq 20 \text{ m}^2$
B5	per persoon $> 30 \text{ m}^2$	per persoon $> 20 \text{ m}^2$

Bron: bouwbesluit (staatsblad 2001-410)

Loopafstanden van punt in verblijfsgebied of -ruimte tot toegang rookcompartiment

Bezettingsgraadklasse	Verblijfsgebied	Verblijfsruimte	Indien opslag gevaarlijke stoffen
B1, B2 en B3	$\leq 20 \text{ m}$	$\leq 30 \text{ m}$	$\leq 15 \text{ m}$
B4	$\leq 30 \text{ m}$	$\leq 45 \text{ m}$	$\leq 22.5 \text{ m}$
B5	$\leq 45 \text{ m}$	$\leq 60 \text{ m}$	$\leq 30 \text{ m}$

Bron: bouwbesluit (staatsblad 2001-410)

Doorstroom- en opvangcapaciteiten

Voorziening	Doorstroomcapaciteit [pers/m]	Opvangcapaciteit [per/m ²]
Vlakke vloer	$135^{(1)} / 90^{(2)}$	-
Deur	$135^{(1)} / 90^{(2)}$	-
Trap	Kolom A: ⁽³⁾ Kolom B: $45^{(4)}$	Kolom A: ⁽⁵⁾ Kolom B: ⁽⁵⁾

Bron: bouwbesluit (staatsblad 2001-410)

- (1) Bij bovengrens bezettingsgraadklasse
- (2) Bij rekenwaarde bezettingsgraadklasse
- (3) Vaste waarde
- (4) Per m. trapbreedte
- (5) Per trede

12. RESPONSIETIJDEN

RTI indices voor sprinklers

(BS DD240) Response time indices for sprinklers	
Sprinkler sensitivity	RTI range $m^{1/2} \cdot s^{1/2}$
Quick response	≤ 50
Special response	$> 50 \leq 80$
Standard response A	$> 80 \leq 200$
Standard Response B	$> 200 \leq 350$

Response time limits for heat detectors

(BS DD 240) Lower response time limits for heat detectors conforming to EN 54-5 ¹⁾	
Response grade	Lower limit of response time s
Grade A1	20
Grade A2	40
Grade B	40
¹⁾ Revision in preparation	

Heat detectors

The following heat transfer equation may be used to calculate the temperature of a fixed-temperature heat detector or a sprinkler head exposed to fire gases, and hence to determine the time at which the unit reaches its operating temperature:

$$\frac{dT_d}{dt} = \frac{\sqrt{v}}{[RTI]} \cdot (T_g - T_d)$$

Where is:

- T_d is the detector temperature (in K);
- v is the instantaneous velocity of fire gases (in m/s);
- T_g is the temperature of fire gases (in K);
- RTI is the response time index (in $m^{1/2} s^{1/2}$).

Smoke Detectors As Equivalent Fixed Heat Detectors

A simple approach, which will generally provide a conservative result, is to model the smoke detector as an equivalent heat detector having the following characteristics:

- an RTI of $0.5 m^{1/2} s^{1/2}$;
- a fixed temperature rise of $13^\circ C$.

GENERIC DATABASE SPRINKLERS

(september 2004)

Source (VdS): www.vds.de/en/daten/verzeichnisse/pwla/pwla.htm

Recommended RTI calculation-values for generic sprinklers:

8 mm bulb (old):	250 [(m.s) ^{0.5}]
standard:	135 [(m.s) ^{0.5}]
special:	80 [(m.s) ^{0.5}]
quick:	50 [(m.s) ^{0.5}]

element	sprinklertype	K	RTI (ISO)	T(activation)
		[m ² /(s.Pa ^{0.5})]	[(m.s) ^{0.5}]	[°C]
glas bulb	conventional	K57	standard	57-68-79-93-141-182-260
			special	57-68-79-93-141-182-260
			quick	57-68-79-93-141
		K80	standard	57-68-79-93-141-182
			special	57-68-79-93-141
			quick	57-68-79-93-141
		K115	standard	57-68-79-93-141-182
			special	57-68-79-93-141-182
			quick	57-68-79-93-141
	spray	K57	standard	57-68-79-93-141-182
			special	57-68-79-93-141-182
			quick	57-68-79-93-141-182
		K80	standard	57-68-79-93-141-182
			special	57-68-79-93-141-182
			quick	57-68-79-93-141
		K115	standard	57-68-79-93-141-182
			special	57-68-79-93-141-182
			quick	57-68-79-93-141
	flat-spray	K57	standard	68-79-93-141
			quick	68-79-93-141
		K80	standard	57-68-79-93-141-182
	sidewall	K80	special	57-68-79-93-141-182-260
			quick	57-68-79-93-141
			standard	57-68-79-93-141-182-260
	drypipe	K57	standard	57-68-79-93-141-182-260
			special	57-68-79-93-141-182-260
		K80	standard	57-68-79-93-141-182
	Ext.coverage ESFR	K80	special	57-68-79-93-141-182-260
			quick	57-68-79
				68-93
fusible element	conventional	K80	standard	74-100-141
			quick	74
	spray	K57	standard	
			quick	74
		K80	standard	
		quick	74	
	drypipe	K115	standard	
			standard	74-100
			quick	74
	Ext.coverage ESFR	K80	quick	74
				74-101

13. BRANDOVERSLAGRISICO'S

Brandoverslag tussen gevelopeningen met normalen onder een scherpe hoek (NEN 6068)

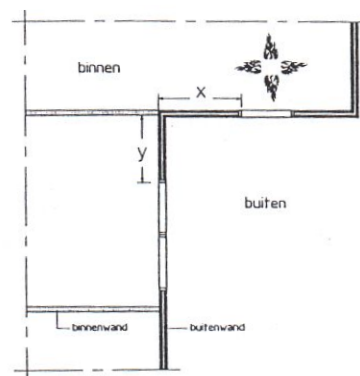
Met onderstaande vuistregels is de 'veilige afstand' te bepalen die tussen twee gevels onder een rechte hoek nodig is om brandoverslag door straling te voorkomen. Voor gevels met normalen onder een scherpe hoek geldt de met de vuistregels bepaalde 'veilige afstand' als veilige benadering.

Er treedt geen brandoverslag op indien:

$$\text{WBDBO 60 minuten: } \sqrt{(x^2 + y^2)} \geq 4,00 \quad [m]$$

$$\text{WBDBO 30 minuten: } \sqrt{(x^2 + y^2)} \geq 2,45 \quad [m]$$

x en y zijn de kleinste afstanden in meters tussen de kniklijn en een willekeurig punt in de gevelopeningen (zie figuur)



Deze vuistregels zijn alleen geldig voor afmetingen binnen de volgende grenzen:

- brandcompartiment: breed: 7.2 m tot 86.4 m, diep: 5.4 m tot 12.6 m, en hoog: 2.7 m tot 3.3 m.
- aantal en afmetingen van gevelopeningen (omgerekend naar een segmentbreedte van 3.6 m)
1 opening met breedte: 1.6 m tot segmentbreedte, en hoogte: 1.0 m tot 1.8 m.

Brandoverslag vanuit dakopeningen naar gevelopeningen (NEN 6068)

In onderstaande tabel is de 'veilige afstand' in meters gegeven die horizontaal gemeten tussen dakopeningen en een hoger opgaande gevel nodig is om brandoverslag door straling te voorkomen. De veilige afstand wordt met de volgende vuistregel uit NEN 6068:1991 bepaald:

$$x_1 = 4 \cdot A / P + 2; \quad x_2 = 10 \quad [m]$$

x_1 en x_2 = de horizontale (veilige) afstand in m.

A: = de oppervlakte van de dakopening in m^2

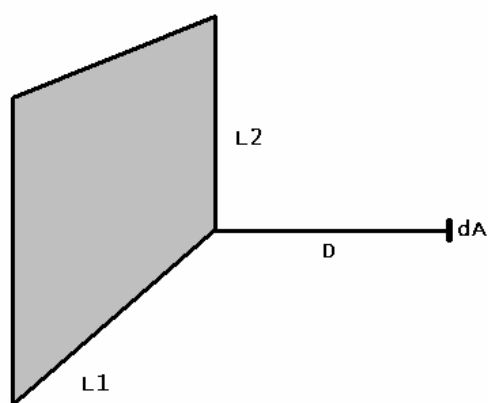
P: = de omtrek van de dakopening in m, afgerond op twee decimalen

De 'veilige afstand' is alleen afhankelijk van de afmetingen van de dakopeningen en bedraagt ten minste 2 meter (voor kleine dakopeningen) en ten hoogste 10 meter (voor zeer grote dakopeningen).

Veilige afstand tussen dakopening en hoger opgaande gevel

Breedte dakopening [m]	Lengte dakopening [m]							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0
0,5	2,50	2,67	2,75	2,80	2,83	2,91	2,95	2,98
1,0	2,67	3,00	3,20	3,33	3,43	3,67	3,82	3,90
1,5	2,75	3,20	3,50	3,71	3,88	4,31	4,61	4,79
2,0	2,80	3,33	3,71	4,00	4,22	4,86	5,33	5,64
2,5	2,83	3,43	3,88	4,22	4,50	5,33	6,00	6,44
5,0	2,91	3,67	4,31	4,86	5,33	7,00	8,67	10,00
10,0	2,95	3,82	4,61	5,33	6,00	8,67	10,00	10,00
20,0	2,98	3,90	4,79	5,64	6,44	10,00	10,00	10,00

BRON: NEN 6068

Brandoverslag door straling vanaf een heet vlak

ontvangvlakje dA op de normaal vanuit een hoekpunt van het stralend vlak L1xL2

$$q = \phi E \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Waarden van de zichtfactor Φ voor verschillende waarden van α en S

α	S=1	S=0,9	S=0,8	S=0,7	S=0,6	S=0,5	S=0,4	S=0,3	S=0,2	S=0,1
10,0	0,231	0,231	0,231	0,230	0,228	0,226	0,222	0,215	0,204	0,177
5,0	0,215	0,215	0,214	0,213	0,211	0,207	0,201	0,190	0,176	0,144
4,0	0,208	0,208	0,207	0,205	0,203	0,199	0,193	0,181	0,166	0,133
3,0	0,197	0,197	0,196	0,194	0,191	0,186	0,180	0,168	0,152	0,120
2,0	0,178	0,178	0,177	0,175	0,172	0,167	0,161	0,149	0,132	0,102
1,0	0,139	0,138	0,137	0,136	0,133	0,129	0,123	0,113	0,099	0,075
0,9	0,132	0,132	0,131	0,130	0,127	0,123	0,117	0,108	0,094	0,075
0,8	0,125	0,125	0,124	0,122	0,120	0,116	0,111	0,102	0,089	0,067
0,7	0,117	0,116	0,116	0,115	0,112	0,109	0,104	0,096	0,083	0,063
0,6	0,107	0,107	0,106	0,105	0,103	0,100	0,096	0,088	0,077	0,058
0,5	0,097	0,096	0,096	0,095	0,093	0,090	0,086	0,080	0,070	0,053
0,4	0,084	0,083	0,083	0,082	0,081	0,079	0,075	0,070	0,062	0,048
0,3	0,069	0,068	0,068	0,068	0,067	0,065	0,063	0,059	0,052	0,040
0,2	0,051	0,051	0,050	0,050	0,049	0,048	0,047	0,045	0,040	0,032
0,1	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,027	0,026	0,024	0,021
0,09	0,026	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,025	0,024	0,022	0,019
0,08	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,020	0,017
0,07	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020	0,020	0,020	0,019	0,018	0,016
0,06	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,016	0,014
0,05	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,014	0,013
0,04	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,010
0,03	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008
0,02	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
0,01	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

Hierin is:

$$\alpha = (L_1 \times L_2) / D^2$$

$$S = L_2 / L_1$$

Richtwaarden warmtestralingsflux t.g.v. straling

stralingsflux [kW/m ²]	omschrijving
0,7	zonnestraling op een zomerdag op 52° NB.
1,0	grenswaarde voor (langdurige) blootstelling van de huid zonder schadelijke gevolgen
6,4	pijn na 8 s blootstelling van de huid
10,4	pijn na 3 s blootstelling van de huid
15	Grenswaarde brandoverslagrisico NEN 6068
16	verbranding van de huid na 5 s
29	spontane ontbranding van hout bij langdurige blootstelling

Brandwerend glas: Enkelbladig

Soorten:

- draadglas;
- voorgespannen glas.

Eigenschappen:

- verwerking treedt op bij brand tussen 30 en 60 minuten (zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van de brandwerende functie);
- blijven transparant tijdens een brand;
- behoeft geen UV-bescherming.

Brandwerend glas: Meerbladig

Soorten:

- glas met een anorganische giethars tussenlaag;
- glas met een anorganische silicaatgel tussenlaag.

Respectievelijk de niet-opschuimende en de opschuimende brandwerende glastypen.

Eigenschappen:

- de ruit aan de niet brandzijde blijft over het algemeen langer stabiel door een lagere oppervlakte-temperatuur die ontstaat door de isolerende werking van de tussenlaag;
- de ruit verandert in de beginfase van de brand van transparant naar ondoorzichtig.

De hiervoor beschreven brandwerende beglazing kan worden opgenomen in verticaal toegepast isolerend dubbelglas, volgens de richtlijnen van de fabrikant.

Bij brandwerende glasconstructies moeten altijd de randaansluitingen en de beglazingsmaterialen mede in ogenschouw worden genomen.

Overzicht van maximaal toepasbare oppervlakte van brandwerend glas

Tijdsduur brandwering/soort glas		Maximaal toepasbare oppervlakte
30 minuten brandwering		
Enkelbladig glas:	• draadglas¹⁾ • diverse soorten enkelglas • diverse soorten dubbelglas	Tot 1,7 m ² Tot 10 m ² Van 10 m ² tot geen beperking
Meerbladig glas:	• diverse soorten	Van 4,5 m ² tot geen beperking
60 minuten brandwering		
Enkelbladig glas:	• draadglas¹⁾ • diverse soorten enkelglas • diverse soorten dubbelglas	Tot 0,9 m ² Tot 2,1 m ² Van 3,6 m ² tot 5,8 m ²
Meerbladig glas:	• diverse soorten	Van 3,1 m ² tot geen beperking

¹⁾voor draadglas geldt een toepassing in een segment van maximaal 2,5x2,5 m² en alleen mits een TNO rapport aanwezig is waarin de randvoorwaarden van de test zijn vastgelegd.

Bron: Poly technisch zakboek.

Brandwerende beglazingen

Merknaam/type	soort	brandwerendheid [min.]			dikte [mm]	geteste afmeting [mm]	TNO-test	randvoorwaarden voor toepassing			maximale afmeting [mm]
		E	EI	EW				UV-straling	temperatuur [oC]	plaatsing	
PYRAN	5	>50		40	6,5	1500x1000	B83-185				2000x1200
PYROBEL 12	4	>30	>30		12	900x2027	B92-1031	niet-bestand	min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBEL 17	4b	>60	>30		16	900x2027	B92-1031		min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBEL 21	4	67	67	>67	21	1010x1150	93-CVB-R0483	niet-bestand	min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBEL 21	4b	67	67	>67	25	1010x1150	93-CVB-R0483		min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBELITE 7	4	31			7	959x914	B92-1105	niet-bestand	min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBELITE versterkt	4b	31			11	959x914	B92-1105		min.-20 max.40	geen druk op glasrand	1200x2300
PYROBELITE 12	4	60	15	>59	12	1000x2200	94-CVB-R1175	niet-bestand		geen druk op glasrand	1400x2600
PYROBELITE 16	4	73	60	>73	16(of 19)	1364x2664	97-CVB-R0921	niet-bestand		geen druk op glasrand	1400x2600
PYRODUR 30-10	4	41		>41	7	1200x2600	2000-CVB-R02080	niet-bestand	max. 40	geen druk op glasrand	2600x1600
PYRODUR 30-20	4b	42		>43	10	1200x2600	2000-CVB-R02079		max. 40	geen druk op glasrand	2600x1600
PYRODUR 60-10	4	71	18	>71	10	914x1963	95-CVB-R0107	niet-bestand	max. 40	geen druk op glasrand	1200x1200
PYRODUR 60-20	4b	71			13	914x1963	95-CVB-R0107		max. 40	geen druk op glasrand	1200x1200
PYROGUARD C1060	3	66	8	>72	11	880x1080	93-CVB-R1128				1575x2500
PYROGUARD C1060-ISO	3	72	18	>71	11-12-6	894x1094	93-CVB-R1129				1575x2500
PYROGUARD C730	3	37			7	1392x712	B91-0970				2500x1550
PYROGUARD C730-ISO	3	56	13	45	7-12-6	894x1094	93-CVB-R0766				2500x1550
PYROGUARD CW730	2	46			7	1900x700	B89-554				2700x1600
PYROSTOP 30-10	4	62	51	>62	15	1400x2300	93-CVB-R1234	niet-bestand	max. 40	geen druk op glasrand	1600x2600
PYROSTOP 30-20	4b	62	51	>62	18	1400x2300	93-CVB-R1234		max. 40	geen druk op glasrand	1600x2600
PYROSTOP 60-10	4	72	63	>72	21	2000x1400	93-CVB-R1233	niet-bestand	max. 40	geen druk op glasrand	1600x2600
PYROSTOP 60-20	4b	72	63	>72	24	2000x1400	93-CVB-R1233		max. 40	geen druk op glasrand	1600x2600
PYROSWISS	6	>30			6	1900x870	97-CVB-R1660				2000x4000
PYROSWISS	6	>30			8-8-8	860x1920	97-CVB-R1659				4100x2130
RAPID FLAMESHIELD	7	44		>44	8-12-6	1360x2300	96-CVB-R0724			vignet naar vuurzijde	
RP-D 30											
RAPID FLAMESHIELD	7	>40		>40	6	1800x2440	96-CVB-R0855			vignet naar vuurzijde	
RP-S 30											
RAPID FLAMESHIELD	7	61		47	6	1167x1976	96-CVB-R0594			vignet naar vuurzijde	
RP-S 60											
SPIEGELDRAADGLAS	1	30			6/7	2607x1208	93-CVB-R1064				3300x1980
VETROFLAM	7	62	7	61	6	1700x1200	94-CVB-R1110			vignet naar vuurzijde	
SWISSFLAM lite	4b	68	10	>68	9,7	1350x1850	98-CVB-R1077		min. 15 max 45	geen druk op glasrand	1900x3100
CONTRAFLAM RF30	8		>60		45	<3 m	2000-CVB-R01628		min. 15 max 45		2000x3000
FIVESTAR	6	46		43	5	1080x1350	98-CVB-R0577				1,25 m2
INTERFLAM EW	7			>70	6	1000x1400	2000-CVB-R01532				1800x3500
INTERFLAM EW	7			60	6-8-6	1100x1900	2000-CVB-R01531				1800x3500

Klasse volgens pr EN 357	E = vlamdichtheid; EI = vlamdichtheid en temperatuur; EW = vlamdichtheid en straling
Glassoorten (kolom 2)	1 = draadglas; 2 = gelaagd draadglas; 3 = gelaagd glas; 4 = opschuimende laag tussen glasbladen; 4b = opschuimende laag tussen glasbladen + extra PVB folie (UV-filter)
	5 = thermisch versterkt borcilicaatglas; 6 = speciaal gehard glas; 7 = speciaal gehard glas + coating; 8 = speciaal gehard glas + gel in spouw

BRONNEN

NEN 6090:2006 (ontwerp), *Bepaling van de vuurbelasting*, Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.

Vuurbelastingen in industriegebouwen (1997), Arnhem: NIBRA.

DD 240-1:1997, *Fire safety engineering in buildings. Guide to the application of fire safety engineering principles*, London: BSI British Standards.

Herpen, R.A.P. van, N.J. Voogd (2006), *Fysisch brandmodel – Achtergronden: Normalisatie fysisch brandmodel – Statistische en probabilistische aspecten*, Zwolle: Adviesburo Nieman BV

International Fire Engineering Guidelines (Edition 2005), Australia / U.S.: International Code Council.

DiNenno, P.J. et al. (eds) (2002), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Quincy – U.S.: National Fire Protection Association

Drysdale, D. (2002), *An introduction to Fire Dynamics*, Chichester - England: John Wiley & Sons, 2nd edition

Quintiere, J.G. (1998), *Principles of Fire Behavior*, Albany - U.S.: Delmar Publishers

Leijendeckers, P.H.H., et al. (2002), *Polytechnisch Zakboek*, Arnhem: Elsevier bedrijfsinformatie BV

Verhoeven, A.C. (1978), *Bouwfysisch Tabellarium*, Delft: TH Delft, afdeling Civiele Techniek

NVON-commissie (1986), *Binas Tabellenboek*, Groningen: Wolters-Noordhoff BV