

Fisica dell'incendio

Le caratteristiche dell'incendio condizionano la scelta e l'uso dei sistemi di spegnimento

- Calore prodotto
- Velocità di combustione
- Caratteristiche dell'ambiente
- Compatibilità dell'estinguente
- Capacità estinguente
- Tipologia di erogazione
- Possibilità di erogazione

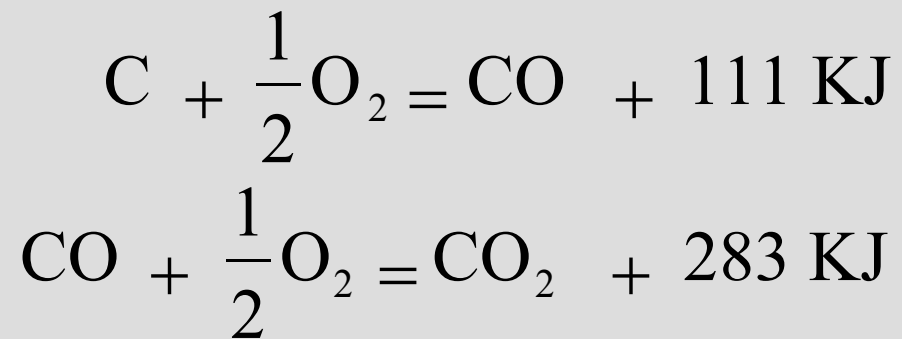
Estinzione degli incendi



- Rimozione del combustibile
- Inertizzazione
- Anticatalisi
- Raffreddamento

Combustione

La reazione di combustione è esotermica:



1 Kg di C sviluppa circa 30 MJ

Potere calorifico

Antracite: 32

Litantrace: 32

Lignite: 17

Torba: 15

Coke: 29

Benzina: 47

Gasolio: 46

Nafta pesante: 44

Alcool etilico: 30

Metano: 55

Idrogeno: 142

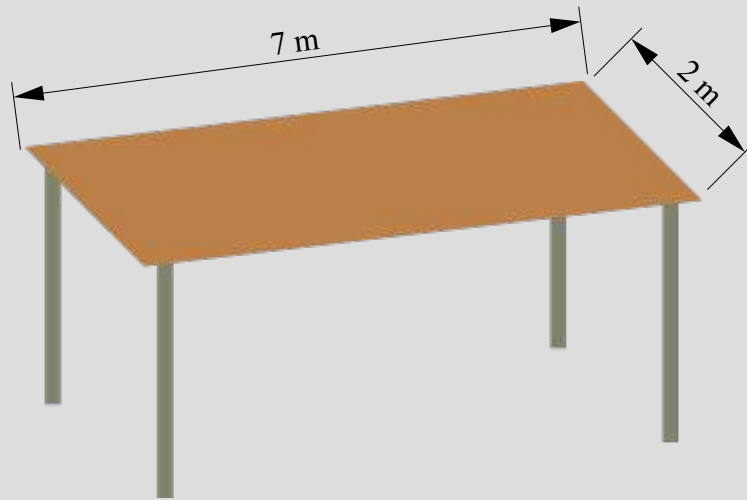
Legno: 18

[potere calorifico] = MJ / Kg

Raffreddamento



Rateo di combustione



$$A_c = 14 \text{ m}^2$$

$$r_c = 1 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

$$H = 18.5 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

$$\frac{dV_c}{dt} = 14 \frac{10^{-3}}{60} = 0.233 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\frac{dM_c}{dt} = \rho \frac{dV_c}{dt} = 500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.233 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,1167 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{dM}{dt} H = 0,1167 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \cdot 18.5 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} = 2.1 \text{ MW}$$

Raffreddamento con acqua

Calore di riscaldamento:

$$Q_r = c_{pv} \Delta T = 4190 \times 85 = 0.356 \text{ MJ / Kg}$$

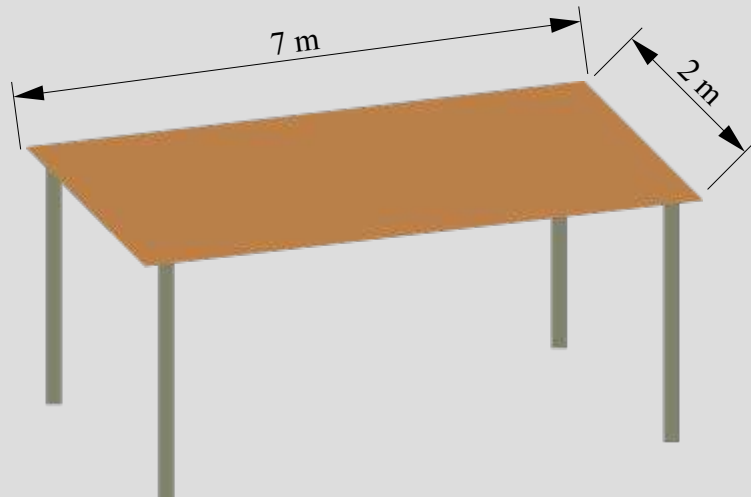
Calore di vaporizzazione:

$$Q_{lv} = 2.26 \text{ MJ / Kg}$$

Elementi caratteristici:

- Rendimento energetico
- Modalità di erogazione
- Possibilità di erogazione
- Efficacia
- Sicurezza

Raffreddamento



$$\frac{dQ_i}{dt} = 2.1 \text{ MW}$$

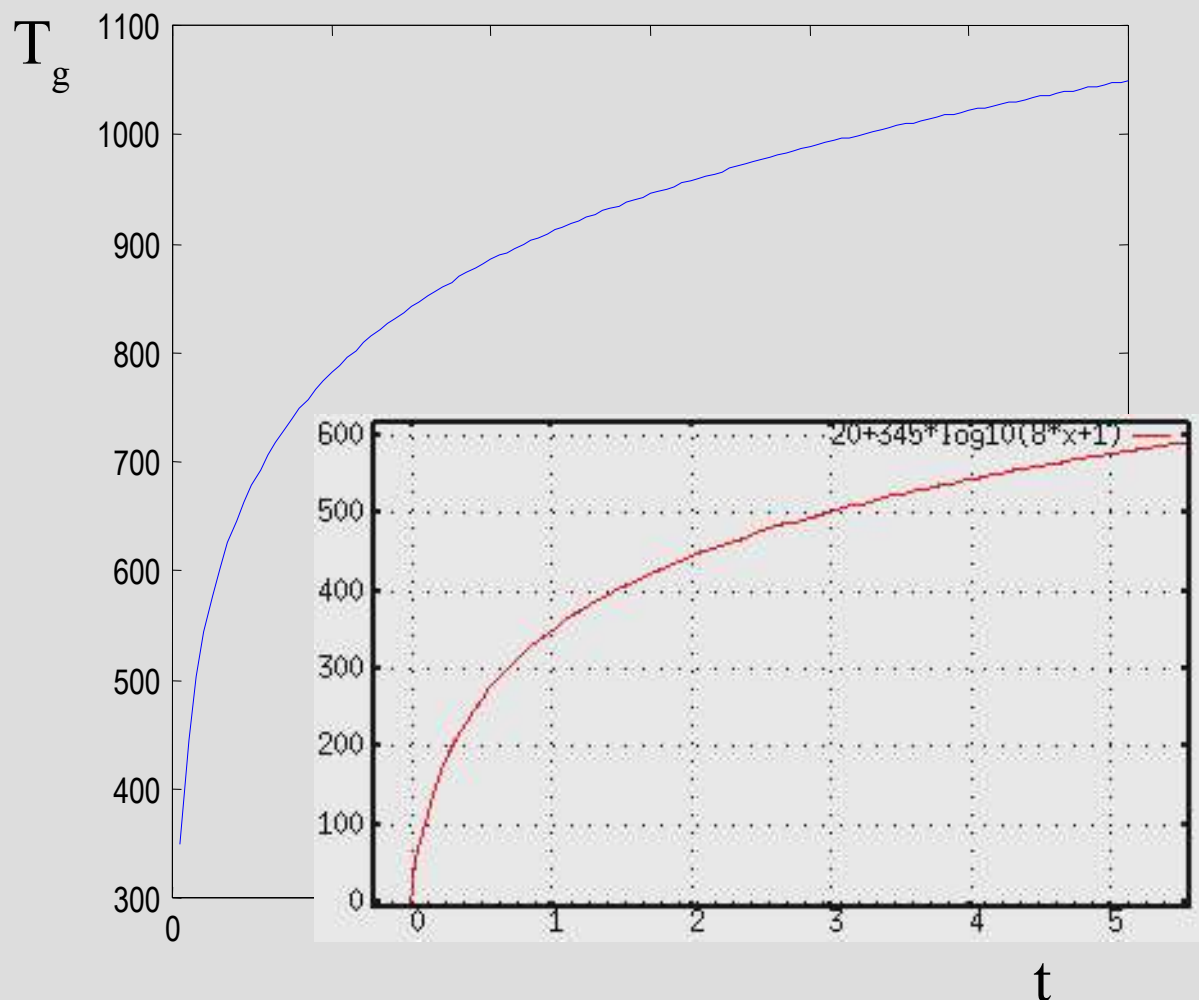
$$Q_{lv} = 2.26 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}}$$

$$\frac{\frac{dQ_i}{dt}}{Q_{lv}} = \frac{2.1}{2.26} = 0.93 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Bilancio termico

- Rateo di combustione
- Fattore di ventilazione
- Smaltimento del calore di combustione nell'ambiente
- Evacuazione calore
- Contributo d'inertizzazione
- Rendimento di vaporizzazione

Temperatura di accensione



Legno: 260 °C

Carta: 230 °C

PVC: 507 °C

Pani di gomma: 300 °C

Film di Nitrocellulosa: 140 °C

Benzina 280 °C

Metanolo 450 °C

Idrogeno 560 °C

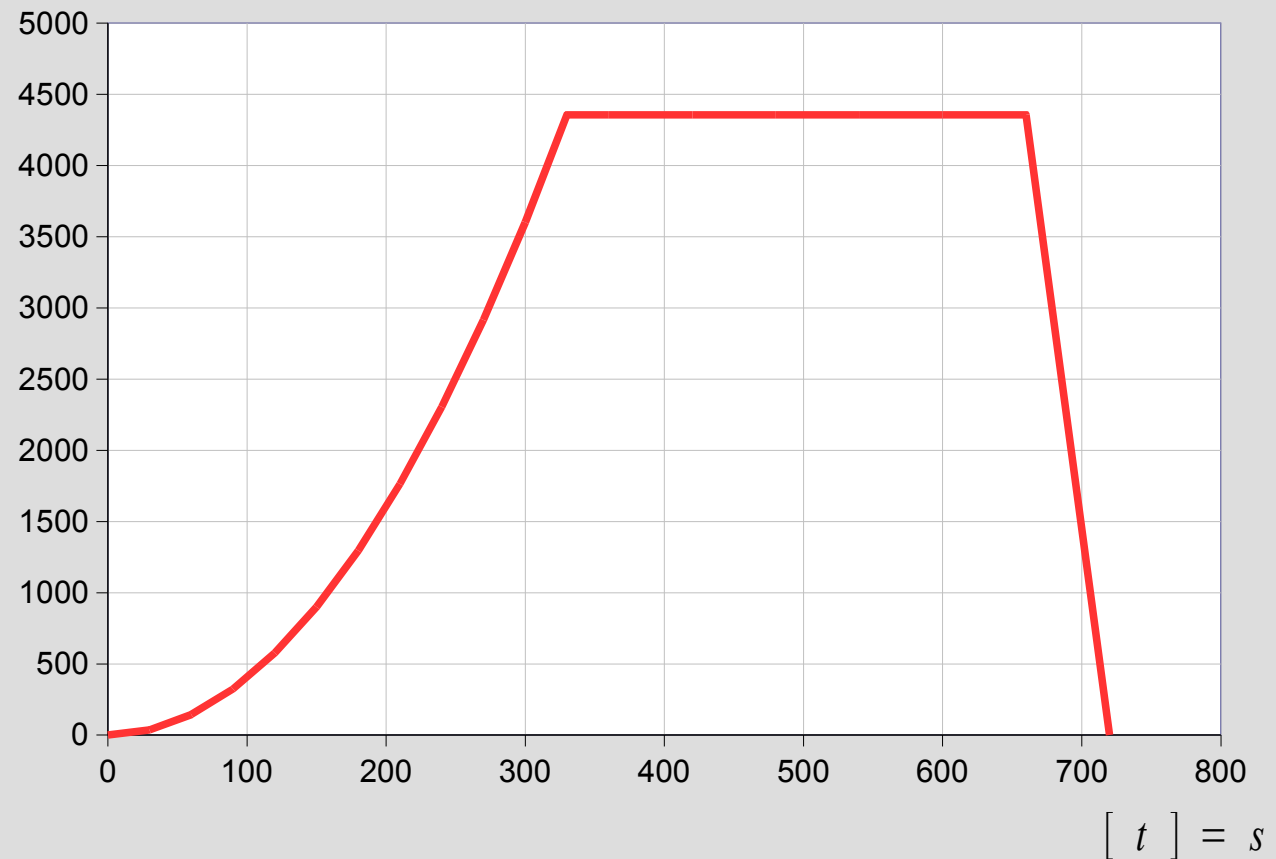
Metano 540 °C

Propagazione dell'incendio

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha t^2$$

$$\left[\frac{dQ}{dt} \right] = KW$$

Potenza emessa



Potenza specifica

Attività	Ps KW / mq	tg s	a KW / s ²
Uffici	250	300	0,0111
Supermercato	250	150	0,0444
Camera albergo	250	300	0,0111
Aula scolastica	250	300	0,0111
Cinema	500	150	0,0444
Biblioteca	500	150	0,0444
Scatole di cartone impilate (h=457 cm)			
	2270	57	0,3077
Contenitori di polistirene impacchettati			
	13620	52	0,3698
Pannelli polistirebe impilati (427 cm)			

$$S_i = \frac{dQ}{dt} = \frac{\alpha t^2}{P_s}$$

Consumo d'aria

$$\nu = \frac{H}{M_A}$$

$$Q_l = \nu M_{A,l}$$

Sostanza	νO MJ/Kg	νA MJ/Kg
Metano	12,54	2,91
Legno	13,85	3,23
PVC	12,84	2,98
Poliuretano	15,27	3,56

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha t^2 \Rightarrow Q_l = \int_0^{t_l} \alpha t^2 dt = \frac{\alpha t^3}{3}$$

$$t_l = \sqrt[3]{\frac{\nu M_{A,l}}{\alpha}}$$

Valutazione incendio

Aula scolastica

Superficie: 7 x 5 m²

Altezza: 3.5 m

$$\alpha = 0.0111 \frac{KW}{s^2}$$

$$V_l = 7 * 5 * 3.5 = 122.5 m^3$$

$$M_{A,l} = \rho_A V_l = 1.29 * 122.5 = 158 Kg$$

$$v = 3230 \frac{KJ}{Kg_A}$$

$$t_l = \sqrt[3]{\frac{v M_{A,l}}{\alpha}} = \sqrt[3]{\frac{3230 * 158}{0.0111}} = 358 s$$

$$\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{max} = \alpha t^2 = 0.0111 * 358^2 = 1424 KW$$

$$A_{inc} = \frac{\left(\frac{dQ}{dt}\right)_{max}}{P_s} = \frac{1424}{250} = 5.7 m^2$$

Potenzialità termica totale

Potenzialità totale

$$Q = \sum_{i=1} W_i \cdot H_i$$

$$= \dots = \dots$$

Etanolo: $H = 30,1 \text{ MJ/Kg}$

$W = 200 \text{ Kg}$

$Q = 6020 \text{ MJ}$

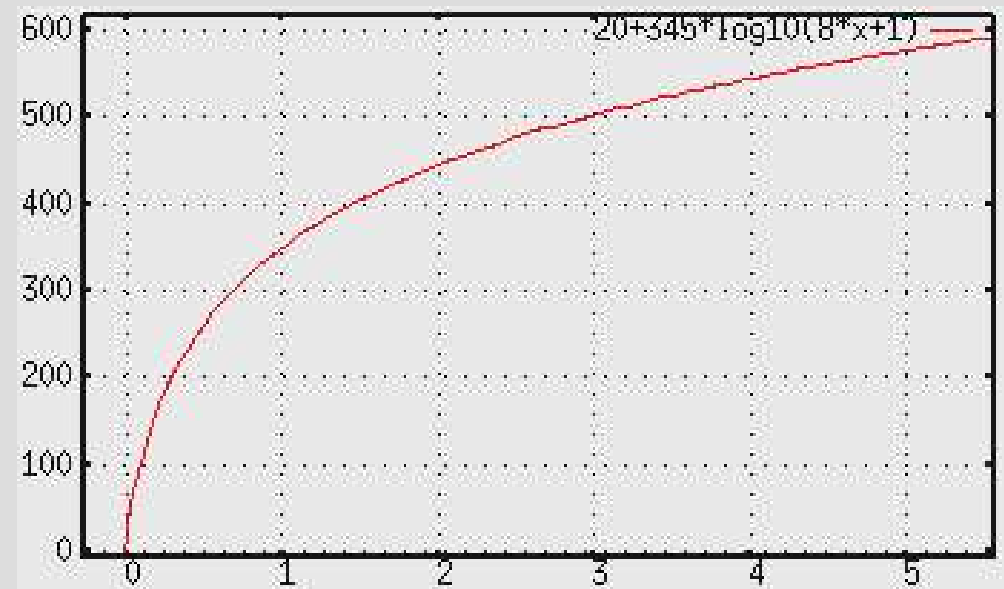
Potenzialità specifica

$$= \frac{\sum_{c=1}^{Nc} q_c \cdot S_c}{S}$$

$S = 30 \text{ m}^2$

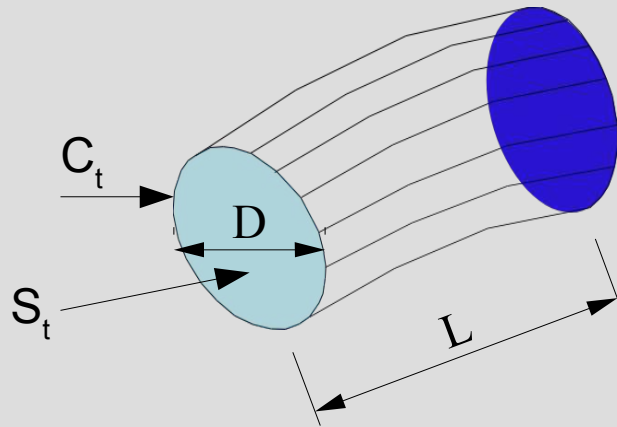
$q = 200,7 \text{ MJ / m}^2 \text{ (11 Kg di l.s.)}$

Incendio generalizzato



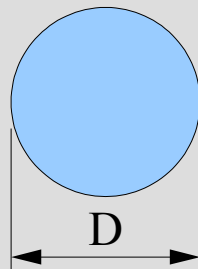
Modalità d'erogazione

Getto pieno



$$\sigma = \frac{S}{V} = \frac{2S_t + C_t L}{V} = \frac{2}{L} + \frac{4}{D}$$

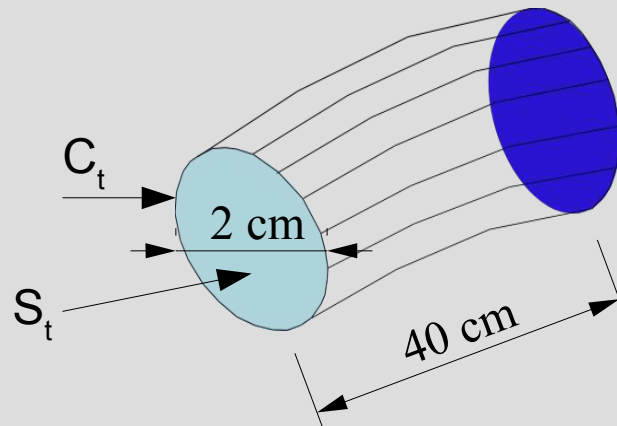
Getto frazionato



$$\sigma = \frac{S}{V} = \frac{6}{D}$$

Modalità d'erogazione

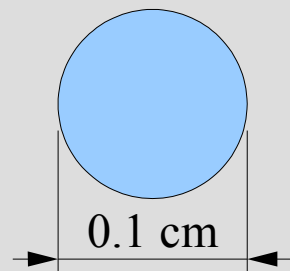
Getto pieno



$$\sigma = \frac{S}{V} = \frac{2}{L} + \frac{4}{D}$$

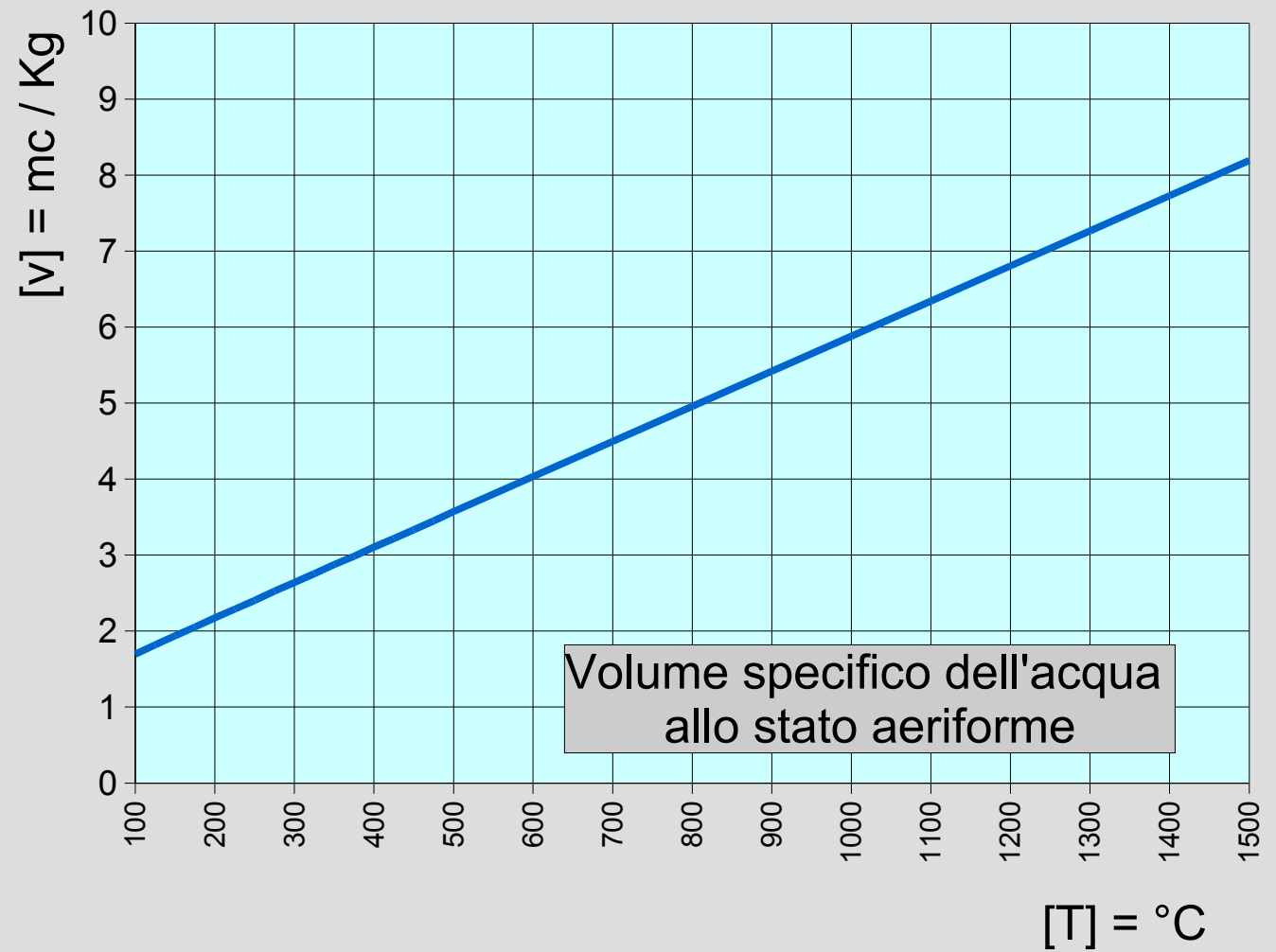
$$\sigma = 0.05 + 2 = 2.05 \text{ cm}^{-1}$$

Getto frazionato



$$\sigma = \frac{S}{V} = \frac{6}{D} = \frac{6}{0.1} = 60 \text{ cm}^{-1}$$

Inertizzazione



Possibilità d'erogazione

- Accessibilità del compartimento
- Agibilità del compartimento
- Grado di propagazione dell'incendio
- Disposizione dei combustibili nel compartimento
- Distribuzione degli ambienti nel compartimento
- Posizione degli erogatori

Volume dei gas di combustione

	Aria c. mc/Kg	Vg 20 °C mc	Vg 600 °C mc
Abete	5	5,7	17
Alcool etilico	7,5	8,5	25,3
Cellulosa	4	4,9	14,6
Benzina	12	12,8	38,1
Polietilene	12,2	13,1	39

Efficacia

- Tipo di combustibili
- Tipo di agente estinguente
- Disposizione dei combustibili nel compartimento
- Posizione degli erogatori
- Ritardo dell'intervento
- Durata dell'intervento
- Disponibilità dell'agente estinguente

Efficacia



- Tipo di combustibile
- Tipo di agente estinguente
- Caratteristiche degli ambienti
- Caratteristiche circuiti elettrici ordinari
- Caratteristiche circuiti elettrici d'emergenza
- Posizione degli erogatori

Compatibilità

COMBUSTIBILE	ESTINGUENTE				
	ACQUA		SCHIUMA	POLVERE	CO2
	G.P.	F.			
Carbone, legnami, tessuti, carta, paglia	SI	SI	SI	SI	SI
Liquidi infiammabili più leggeri dell'acqua e non miscibili con essa: vernici, benzine, oli lubrificanti	NO	SI	SI	SI	SI
Liquidi infiammabili più leggeri dell'acqua e miscibili o più pesanti anche non miscibili: alcol, acetone, acido acetico	SI	SI	SI	SI	SI
Sostanze comburenti: nitrati, nitriti, permanganati, clorati, perclorati	SI	NO	NO	NO	NO
Sostanze reagenti pericolosamente con l'acqua: carburo di calcio, sodio, potassio, acidi forti, metalli fusi	NO	NO	NO	SI	SI
Gas infiammabili: etilene, idrogeno, gas liquefatti, acetilene, ossido di carbonio, metano	NO	SI	NO	SI	SI
Apparecchiature elettriche: motori elettrici, cabine elettriche, interruttori, trasformatori	NO	NO	NO	SI	SI