

## POTERE CALORIFICO DEI COMBUSTIBILI

**Generalità.** I combustibili si possono definire come sostanze capaci di produrre energia termica a seguito di una reazione chimica detta comunemente *combustione*. I combustibili tradizionali sono costituiti principalmente da carbonio (C) e idrogeno (H).

**Classificazione.** I combustibili si classificano in *solidi*, *liquidi* e *gassosi*. I *combustibili solidi* vanno frantumati in modo da facilitarne sia il trasporto sia la successiva utilizzazione nell'impianto di combustione. I *combustibili liquidi* presentano, rispetto agli altri tipi di combustibili, importanti vantaggi dal punto di vista del trasporto; essi, inoltre, non pongono particolari problemi di miscelazione con l'ossidante. I *combustibili gassosi* presentano le migliori caratteristiche di miscibilità con l'aria comburente, ma per contro possono presentare problemi di trasporto critici sia nel trasferimento dal luogo di estrazione o di produzione sia nella distribuzione all'utilizzatore. Viene poi comunemente fatta un'ulteriore distinzione dei vari tipi di combustibili e cioè in *combustibili naturali* e *derivati*, in relazione alle condizioni in cui vengono impiegati: naturali, se si adoperano così come si trovano in natura; derivati se ricavati da processi di trasformazione di sostanze che di per sé non sarebbero in grado di bruciare, (per esempio il biogas risultato della decomposizione dei rifiuti solidi urbani), oppure ottenuti con trasformazioni rilevanti dai combustibili naturali in modo da renderli adatti all'utilizzazione, (per esempio la sintesi da metano e ossigeno per l'impiego nei trasporti su strada).

**Potere calorifico.** La quantità di calore prodotta dall'unità di massa di un determinato combustibile, quando questo brucia completamente, rappresenta il potere calorifico di quel combustibile. Si distingue tra: • *Potere calorifico superiore* ( $H_s$ ): quantità di calore che si rende disponibile per effetto della combustione completa, a pressione costante della massa unitaria del combustibile, quando i prodotti della combustione siano riportati alla temperatura iniziale del combustibile e del comburente. La quantità complessiva di calore della combustione è minore se, nel riportare i prodotti di combustione alla temperatura iniziale di combustibile e comburente, il vapore d'acqua (contenuto nei gas di combustione) non viene condensato e non rilascia il proprio calore di condensazione. Si definisce pertanto: • *Potere calorifico inferiore* ( $H_i$ ): potere calorifico superiore diminuito del calore di condensazione del vapore d'acqua formatosi durante la combustione. Il vapore d'acqua non viene condensato nei processi di combustione in caldaia e quindi è al potere inferiore che si fa normalmente riferimento nella termotecnica.

Una valutazione approssimata del potere calorifico di un combustibile può essere fatta conoscendo la composizione chimica elementare dello stesso, con l'ipotesi che il potere calorifico globale sia pari alla somma dei poteri calorifici dei singoli elementi costituenti. In particolare, il potere calorifico superiore è pari a:  $H_s = (C) \times (kg_C/kg_{comb}) \times (34,03 \text{ MJ/kg}_C) + (H_2) \times (kg_{H_2}/kg_{comb}) \times (144,42 \text{ MJ/kg}_{H_2})$ ; dove  $kg_{comb}$ ,  $kg_C$ ,  $kg_{H_2}$  sono le masse in kg di combustibile e rispettivamente di carbonio e idrogeno contenuti, mentre (C) e ( $H_2$ ) sono le percentuali in massa di carbonio e idrogeno. Il potere calorifico inferiore si determina tenendo conto che nel processo di combustione si produce vapor d'acqua sia per l'ossidazione di idrogeno che per l'evaporazione dell'acqua contenuta nel combustibile, e ogni kg di vapor d'acqua che si produce assorbe circa 2500 kJ, che si disperdono sotto forma di vapore. Perciò:  $H_i = H_s - [9(H_2) + (H_2O)] \times (kg_{H_2O}/kg_{comb}) \times (2500 \text{ kJ/kg}_{H_2O})$ ; dove  $kg_{H_2O}$  e ( $H_2O$ ) sono rispettivamente la massa in kg e la percentuale in massa di acqua contenuta nel combustibile.

A Combustibili solidi			
Sostanza		Potere calorico inferiore [MJ/kg]	
Legno secco		15,0	
Torba secca		13,0	
Lignite picea		22,0	
Carboni secchi		24,0	
Carboni grassi		31,3	
Carboni magri		32,4	
Antraciti		33,5	
Coke metallurgico		30,0	
Coke di petrolio		34,2	

  

B Combustibili liquidi			
Sostanza		Potere calorico inferiore [MJ/kg]	
Benzina normale		43,6	
Benzina super		44,0	
Benzina per aviazione		44,0	
Cherosene		43,5	
Gasolio		43,3	
Petrolio greggio		39,8+46,1	
Oli pesanti di catrame		40,2+41,9	
Olio combustibile		40,0+42,0	
n-Pentano	$C_5H_{14}$	45,4	
n-Esano	$C_6H_{14}$	44,7	
n-Eptano	$C_7H_{16}$	44,4	
n-Esadecano	$C_{16}H_{34}$	43,5	
Isocitano	$C_8H_{18}$	41,6	
Benzolo	$C_6H_6$	40,2	
Toluolo	$C_7H_8$	40,6	
Xilolo	$C_8H_{11}$	40,6	
Etere	$(C_2H_5)_2O$	34,3	
Acetone	$(CH_3)_2CO$	28,5	
Etanolo	$C_2H_5OH$	26,5	
Metanolo	$CH_3OH$	19,7	

  

C Combustibili gassosi		
Sostanza	Potere calorifico inferiore riferito a	
	combustibile [MJ/kg]	miscela aria-combustibile [MJ/m <sup>3</sup> ]
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	46,1	3,39
Gas di città'	≈ 30,0	≈ 3,25
Gas naturale	47,7	—
Gas d'acqua	15,1	3,10
Gas d'altoforno	3,2	1,88
Biogas	27,2	3,22
Idrogeno	$H_2$ 120,0	2,97
Monossido di carbonio	CO 10,05	3,48
Metano	$CH_4$ 50,0	3,22
Acetilene	$C_2H_2$ 48,1	4,38
Etano	$C_2H_6$ 47,5	—
Etilene	$C_2H_4$ 47,1	—
Propano	$C_3H_8$ 46,3	3,35
Propilene	$C_3H_6$ 45,8	—
Butano	$C_4H_{10}$ 45,6	3,39
Butene	$C_4H_8$ 45,2	—

