

### CARATTERISTICHE DEI COMBUSTIBILI

**Combustibili solidi.** Le caratteristiche dei combustibili solidi si ottengono sottoponendo all'analisi un campione rappresentativo della composizione media effettiva del combustibile. Quattro caratteristiche (umidità, sostanze volatili, carbonio fisso, ceneri) costituiscono i dati dell'*analisi immediata*. Un dato importante derivante dall'analisi è l'*umidità*. Il legno e la torba presentano valori molto elevati del contenuto di acqua: dal 50% del legno appena tagliato al 90% della torba umida. Mediante stagionatura all'aria si riesce comunque a essiccare il combustibile.

Le *ligniti* si distinguono in *torbose* (con struttura simile alla torba, *xiloidi* (con struttura molto simile a quella del legno) e *picce* (le più prossime al carbon fossile).

I *carboni fossili* si distinguono in *carboni secchi* (o carboni subbituminosi) molto ricchi di sostanze volatili, *carboni grassi* (o carboni bituminosi) con un inferiore contenuto di sostanze volatili, *carboni magri antracitosi* e *antraciti* (semiantracite, antracite e metaantracite) che contengono pochissime sostanze volatili. La tabella A riporta i valori medi della composizione di alcuni combustibili solidi. Il contenuto di zolfo di un carbone, per esempio, può anche arrivare al 4%, mentre nella tabella figurano valori medi attorno all'1%.

**Combustibili liquidi.** Le principali caratteristiche compaiono nella tabella B. Gli oli combustibili si possono distinguere in funzione della viscosità cinematica  $\nu$ , misurata alla temperatura di 50 °C, in: *fluidissimi* ( $\nu < 21,2 \text{ mm}^2/\text{s}$ ), *fluidi* ( $\nu = 21,2-37,4 \text{ mm}^2/\text{s}$ ), *semifluidi* ( $\nu = 37,4-53 \text{ mm}^2/\text{s}$ ), *densi* ( $\nu > 53 \text{ mm}^2/\text{s}$ ).

La viscosità dei combustibili liquidi è espressa molto spesso in gradi Engler che rappresentano il rapporto tra il tempo di efflusso di 200 cm<sup>3</sup> di olio combustibile alla temperatura di 50 °C e il tempo di efflusso della stessa quantità di acqua distillata alla temperatura di 20 °C. Si ottiene la velocità cinematica dai gradi Engler secondo la formula seguente:  $\nu = 10^{-6}[7,32\varepsilon - (6,31/\varepsilon)]$  dove  $\nu$  è espressa in m<sup>2</sup>/s e  $\varepsilon$  è espressa in gradi Engler.

Gli *oli combustibili* hanno comunemente un contenuto di zolfo piuttosto elevato (fino al 2,5-4% in massa); fa eccezione un particolare tipo indicato come BTZ (a Basso Tenore di Zolfo), con contenuto di zolfo inferiore all'1% e anche sensibilmente inferiore a 0,1% in massa. Il punto di accensione indicato nella tabella non deve essere confuso con il *punto d'infiammabilità*. Quest'ultimo (*flash point*) è la minima temperatura in corrispondenza della quale, in determinate condizioni (vaso chiuso), la quantità di vapori prodotta è sufficiente a formare con l'aria una miscela infiammabile, in presenza di fiamma, senza che necessariamente la combustione continui. Il punto di accensione, è la temperatura alla quale il vapore viene prodotto in vaso aperto in quantità tale da instaurare una combustione continua anche dopo l'allontanamento della fiamma che ne ha provocato l'accensione. La conoscenza del punto di infiammabilità è importante per la predisposizione di misure di sicurezza contro il pericolo di incendio durante le operazioni di stoccaggio e trasporto. Il valore attualmente ammesso non deve essere inferiore a 65 °C.

**Combustibili gassosi.** La tabella C riporta le caratteristiche dei principali combustibili gassosi. Di notevole interesse per le applicazioni è il Gas di Petrolio Liquefatto (GPL), miscela in proporzioni variabili di propano e butano: sono idrocarburi gassosi, nelle ordinarie condizioni di pressioni e temperatura, che passano facilmente allo stato liquido per compressione a temperatura ambiente. Vengono poi ricondotti facilmente allo stato gassoso per essere utilizzati come combustibili domestici e industriali.

#### A Caratteristiche dei combustibili solidi

Sostanza	Umidità*	Ceneri	Carbonio	Idrogeno	Ossigeno	Azoto	Zolfo
Valori medi [% in massa]							
Legno secco	20	1	39,5	4	35	0,5	—
Torba secca	30	5	36,0	3,6	23,1	1,6	0,7
Lignite picea	10	6	48,9	4,3	27,8	1,7	1,3
Carboni secchi	8	3	55,7	5,5	25,4	1,1	1,3
Carboni grassi	2,2	5	76,8	5,3	8,4	1,3	1,0
Carboni magri	2,1	5,2	80,9	4,7	4,8	1,3	1,0
Antraciti	1,3	5	83,1	3,9	4,4	1,5	0,8
Coke metallurgico	0,4	9	87,5	0,7	0,1	1,3	1,0
Coke di petrolio	1,1	1,2	90,4	3,0	2,8	0,7	0,8

#### B Caratteristiche dei combustibili liquidi

Sostanza	Massa volumica [kg/dm <sup>3</sup> ]	Calore di vaporizzazione [kJ/kg]	Punto di accensione [°C]	Limiti di accensione inferiore superiore [%in volume di vapori in aria]	
Benzina super	0,730÷0,760	—	≈400	—	—
Gasolio	0,815÷0,855	≈250	≈250	≈0,6	≈6,5
Petrolio greggio	0,70÷1,0	222÷352	≈220	≈0,6	≈6,5
Olio combustibile	0,9÷1,0	—	—	—	—
n-Eptano C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,68	310	220	1,1	6,7
Isoottano C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	0,69	297	410	1,0	6,0
Benzolo C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,88	394	550	1,2	8,0
Toluolo C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,87	364	530	1,2	7,0
Xilolo C <sub>8</sub> H <sub>11</sub>	0,88	339	460	1,0	7,6

#### C Caratteristiche dei combustibili gassosi

Sostanza	Massa volumica a 0°C e 101,3 kPa [kg/m <sup>3</sup> ]	Punto di accensione [°C]	Limiti di accensione inferiore superiore [%in volume di gas in aria]	
Gas di petrolio liquefatto (GPL)	2,25(1)	≈400	1,5	15
Gas naturale	≈0,83	—	—	—
Idrogeno H <sub>2</sub>	0,09	560	4,0	77
Monossido di carbonio CO	1,25	605	12,5	75
Metano CH <sub>4</sub>	0,72	650	5,0	15
Etano C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,36	515	3,0	14
Propano C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,0(1)	470	1,9	9,5
Butano C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2,7(1)	365	1,5	8,5

(1) Massa volumica del GPL allo stato liquido: 0,54 kg/dm<sup>3</sup>; massa volumica del propano liquido: 0,51 kg/dm<sup>3</sup>; massa volumica del butano liquido: 0,58 kg/dm<sup>3</sup>

(2) Il biogas purificato contiene il 95% di metano (CH<sub>4</sub>) e ha potere calorifico inferiore H<sub>i</sub> = 37,7 MJ/kg

