



**Effettuare misure sugli
impianti di riscaldamento in
modo efficiente e sicuro**

Indice

1. Controllo del funzionamento e regolazione di impianti di combustione a gas	3
1.1. Controllo della pressione al raccordo del gas	3
1.2. Impostazione del rapporto gas-aria	4
1.3. Preparazione dell'analizzatore di combustione	6
1.4. Determinazione della perdita di calore sensibile	6
1.5. Calcolo del rendimento (η)	9
1.6. Misura del tiraggio del camino	10
1.7. Misura della concentrazione di CO	10
1.8. Controllo dei percorsi dei fumi	11
1.9. Cura dello strumento di misura	11
2. Controlli supplementari	12
2.1. Controllo degli ossidi di azoto (NO_x)	12
2.2. Misura del CO ambiente	12
2.3. Misura del CO_2 ambiente	13
3. Controllo del funzionamento e regolazione di impianti di combustione a gasolio	13
3.1. Misura dell'indice di fumosità	13
3.2. Regolazione dei bruciatori a gasolio	14

Controllo del funzionamento e regolazione di impianti di combustione a gas

Le operazioni e istruzioni descritte qui di seguito mostrano a titolo di esempio come fare il controllo del funzionamento e la regolazione durante la messa in funzione di caldaie a gas

atmosferiche e caldaie a condensazione. Le operazioni sui bruciatori a gas a combustione interna non vengono invece considerate in questa sede.

1. Controllo della pressione al raccordo del gas

Prima della messa in funzione, è necessario controllare la pressione al raccordo del gas sotto forma di pressione dinamica. Questa deve rientrare nel range di pressione consentito dal costruttore (per gas metano di solito tra 18 e 25 mbar). In caso contrario la caldaia a gas non può essere messa in funzione ed è necessario informare il fornitore di gas per localizzare la causa.

Per misurare la pressione al raccordo del gas procedere in questo modo: con rubinetto del gas chiuso, collegare un manometro all'apposito raccordo di misura situato nel quadro comandi della caldaia. Quindi aprire il rubinetto del gas, attraverso il menu della centralina portare il bruciatore alla massima potenza e misurare la pressione al raccordo del gas sotto forma di pressione dinamica. Se il valore di pressione misurato è corretto, chiudere nuovamente il raccordo di misura e continuare la procedura di messa in funzione.



Per le operazioni di regolazione è indispensabile un analizzatore di combustione, come ad es. testo 330i



Letture della pressione al raccordo del gas e della pressione del getto sullo strumento testo 510

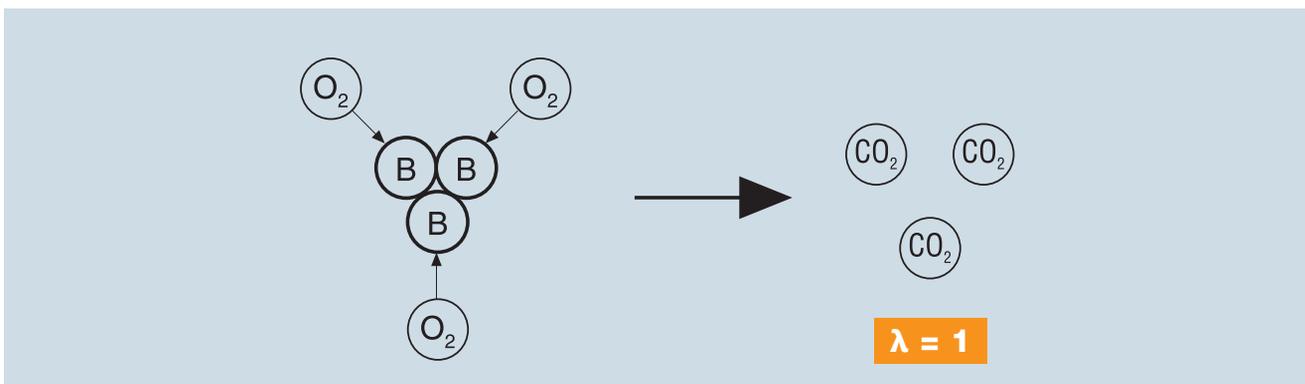
Possibili conseguenze di una pressione del gas sbagliata

<u>Pressione del gas troppo alta</u>	<u>Pressione del gas troppo bassa</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Spegnimento della fiamma • Combustione incompleta • Alta concentrazione di CO (pericolo di avvelenamento) • Consumo elevato di gas 	<ul style="list-style-type: none"> • Spegnimento della fiamma • Elevata perdita di calore sensibile • Elevato contenuto di O₂ • Basso contenuto di CO₂

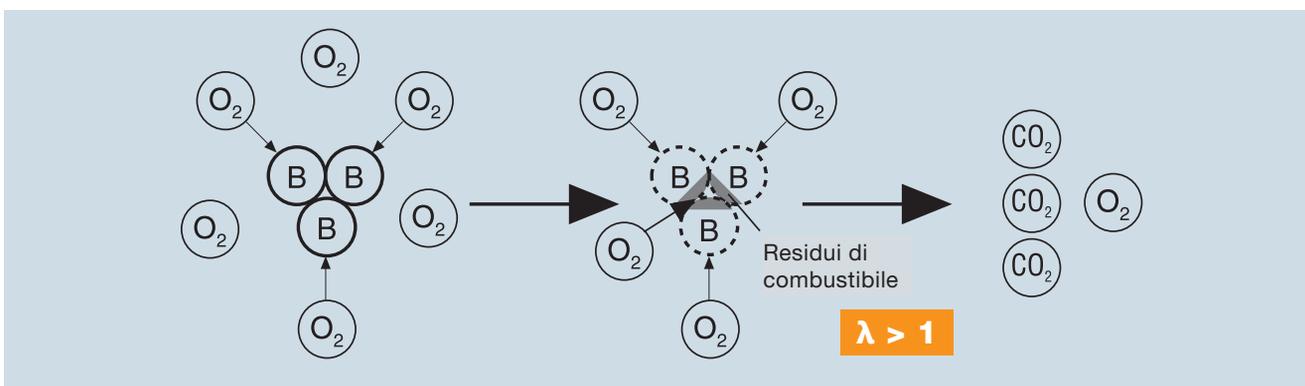
2. Impostazione del rapporto gas-aria

Gli obiettivi di un impianto che funziona nel pieno rispetto dell'ambiente sono una combustione completa del combustibile e uno sfruttamento ottimale dell'impianto. Una delle grandezze principali per un esercizio ottimale è la quantità di aria comburente. Nell'esperienza pratica, per l'esercizio dell'impianto si è dimostrato ottimale un leggero eccesso d'aria. Per la combustione viene cioè alimentata un po' più di aria di quella teoricamente necessaria.

Il rapporto tra eccesso di aria comburente e fabbisogno teorico di aria viene chiamato aria teorica λ (lambda). Il seguente modello di combustione rappresenta bene questo rapporto:



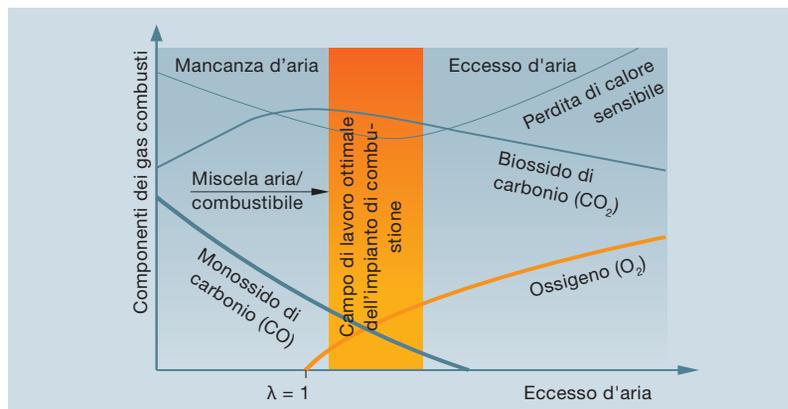
Combustione ideale



Combustione effettiva

L'aria teorica viene calcolata in funzione della concentrazione dei componenti dei gas combustibili CO, CO₂ e O₂. Le relazioni tra un componente e l'altro vengono illustrate nel cosiddetto diagramma di combustione (cfr. fig. in basso). Durante la combustione, ad ogni contenuto di CO₂ corrisponde un determinato contenuto di CO (in caso di mancanza d'aria/ $\lambda < 1$) o di O₂ (in caso di eccesso

d'aria/ $\lambda > 1$). Quando però il valore di CO₂ supera una soglia massima, non è più indicativo ed è necessario misurare anche il CO o l'O₂. Per l'esercizio con eccesso d'aria (caso normale), oggi viene di norma preferito il calcolo dell'O₂. Per ciascun combustibile risultano un diagramma specifico e un valore specifico per il parametro CO_{2max}'



Dal diagramma si evince che la perdita di calore sensibile aumenta sia con una determinata mancanza d'aria, sia con un determinato eccesso d'aria. Questo fatto si spiega così:

1. Nell'area dove manca l'aria, il combustibile disponibile non viene completamente bruciato e trasformato in calore.
2. Nell'area dove c'è un eccesso d'aria, viene riscaldato troppo ossigeno e direttamente disperso nell'ambiente attraverso il camino, senza poter essere utilizzato per la produzione di calore.

Nelle caldaie convenzionali (non a condensazione), il rapporto gas-aria viene impostato con il metodo manometrico, cioè viene regolata la pressione del getto per la potenza minima e per quella massima. A tal fine, svitare la vite di tenuta dal raccordo di misura per la pressione del getto e collegare al raccordo un manometro. Attraverso il menu della centralina, di norma la caldaia a gas viene prima portata alla potenza massima (pieno carico) e poi alla potenza minima (carico minimo). Per ciascuno degli stadi di potenza, la pressione del getto viene modificata, intervenendo sulle relative viti di regolazione situate nel quadro comandi della caldaia, e controllata con il manometro. I dati sulla pressione del getto necessaria sono reperibili nella documentazione del costruttore (in funzione dell'indice di Wobbe del gas utilizzato, che può essere richiesto al fornitore di gas): nelle caldaie a condensazione, solitamente il rapporto gas-aria viene impostato misurando il contenuto di biossido di carbonio (CO₂) nei gas combustibili.

L'analizzatore di combustione deve essere preparato come descritto nel capitolo 3 e la sonda per gas combustibili va sistemata nel canale dei gas combustibili. Quindi, attraverso il menu della centralina, la caldaia a gas va portata alla potenza massima e va misurato il contenuto di CO₂ nei gas combustibili. Per impostare il rapporto gas-aria, è necessario modificare la quantità di gas intervenendo sulla vite di regolazione (farfalla del gas), fino a quando il tenore di CO₂ nei gas combustibili corrisponde a quello previsto dal costruttore. Alcuni costruttori indicano anche i valori di regolazione per la potenza minima della caldaia. In questo caso l'impostazione è analoga a quella già vista per la potenza massima. Al termine di queste regolazioni fondamentali è necessario verificare il corretto funzionamento della caldaia a gas regolata. Questa verifica include la misura della perdita di calore sensibile (qA) e del contenuto di monossido di carbonio (CO) nei gas combustibili.

Pressione del getto (mbar)		Potenza termica (kW)			
		11	13	15	17
Indice di Wobbe	12,0 – 16,1	6,0	8,4	11,2	14,5
(kWh/m ³)	10,0 – 13,1	4,8	6,9	8,7	11,3

Valori esemplificativi per la pressione del getto

Tipo di gas	CO ₂ alla massima potenza termica	CO ₂ alla minima potenza termica
Gas metano E (H)	9,5 %	8,7 %
Gas metano LL (L)	9,2 %	8,6 %

Valori di regolazione esemplificativi per il CO₂

3. Preparazione dell'analizzatore di combustione

- Definizione della protezione dei sensori: in presenza di alte concentrazioni di CO, per proteggere i sensori dal sovraccarico, è possibile impostare delle soglie a partire dalle quali viene spenta la pompa di fumosità e i gas combustibili non vengono più aspirati nello strumento di misura. In alcuni strumenti (testo 330-2, testo 330i), al superamento delle soglie impostate, i gas combustibili vengono diluiti con aria fresca e la misura non deve essere interrotta.
- Prova di tenuta: per evitare che l'aria fresca venga inavvertitamente aspirata nello strumento causando un'alterazione del risultato della misura, prima della misura è consigliabile fare una prova di tenuta. A tal fine, la sonda per gas combustibili viene chiusa con un tappo, in modo che dopo un determinato intervallo di tempo la portata nella pompa fumi scenda a zero. In caso contrario, significa che lo strumento non è perfettamente a tenuta e che occorre controllare ad es. se il coperchio del raccoglitore di condensa è chiuso correttamente.
- Azzeramento dei sensori dei gas e del sensore di tiraggio: per azzerare i sensori, la sonda per gas combustibili deve trovarsi al di fuori del canale o, meglio ancora, all'aria fresca. Lo strumento aspira l'aria presente nell'ambiente attraverso la sonda per gas combustibili e la convoglia verso i sensori dei gas. Questi vengono così "rinfrescati" e la concentrazione dei gas impostata come "punto zero". Contemporaneamente, il sensore di pressione dell'analizzatore di combustione viene azzerato alla pressione barometrica presente nel locale della caldaia. In alcuni strumenti, come ad es. testo 330-2 o testo 330i, la sonda può rimanere nel canale dei gas combustibili anche durante l'azzeramento. A tal fine, durante l'azzeramento, sia il percorso dei gas che il sensore di pressione vengono disaccoppiati dalla sonda per gas combustibili e la concentrazione dei gas così come la pressione barometrica presente nell'ambiente dello strumento sono utilizzati per l'azzeramento.

4. Determinazione della perdita di calore sensibile

La perdita di calore sensibile è la differenza tra l'entalpia dei gas combustibili e l'entalpia dell'aria comburente, riferita al potere calorifico del combustibile. Si tratta quindi di una misura per l'entalpia dei gas combustibili

convogliati attraverso il camino. Più è alta la perdita di calore sensibile, peggiore sarà il rendimento e quindi il rendimento energetico e maggiori saranno le emissioni dell'impianto di riscaldamento. Per questo motivo, la perdita di calore sensibile consentita per un impianto di combustione è limitata in alcuni paesi. Dopo aver rilevato il contenuto di ossigeno e la differenza tra la temperatura dei gas combustibili e quella dell'aria comburente, con i fattori specifici del combustibile è possibile calcolare la perdita di calore sensibile. I fattori specifici del combustibile (A2, B) sono archiviati negli analizzatori di combustione. Affinché vengano impostati i valori corretti per A2 e B, è necessario selezionare il relativo combustibile nello strumento di misura. Per il calcolo, al posto del contenuto di ossigeno è possibile ricorrere anche alla concentrazione di biossido di carbonio (CO₂). Durante la misura, la temperatura dei gas combustibili (TF) e il contenuto di ossigeno o di biossido di carbonio (CO₂) devono essere misurati contemporaneamente in un punto. Anche la temperatura dell'aria comburente (TA) dovrebbe essere misurata contemporaneamente.

La regolazione ottimale dell'impianto di riscaldamento attraverso il calcolo della perdita di calore sensibile si ottiene da:

- 1 % perdita di rendimento per calore sensibile = 1 % maggiore consumo di combustibile
- perdita di energia/anno = perdita di energia x consumo di combustibile/anno

Con una perdita di rendimento calcolata del 10 % e un consumo di 3000 l di gasolio all'anno, la perdita di energia è di circa 300 l di gasolio/anno.

Una perdita di calore sensibile insolitamente alta può avere le seguenti cause:

- Lo strumento di misura non è correttamente azzerato
- È stato impostato un combustibile sbagliato

Un abbassamento improvviso della temperatura dei gas combustibili può essere causato da:

- Presenza di condensa sulla termocoppia (sensore di temperatura)
- Rimedio: montare la sonda per gas combustibili in posizione orizzontale o rivolta verso il basso, in modo che la condensa possa gocciolare via.

Formule per il calcolo della perdita di calore sensibile

Perdita di rendimento: $qA = (TF - TA) \left[\frac{A1}{(21 - O_2)} + B \right] - ET$

$qA = fx \frac{(TF - TA)}{CO_2}$

TF: temperatura dei gas combusti
 TA: temperatura dell'aria comburente
 A1/B: fattori specifici del combustibile (vedere tabella)
 21: contenuto di ossigeno dell'aria
 O₂: valore di O₂ misurato (arrotondato a numeri interi)
 ET: coefficiente per indicare la perdita di rendimento per calore sensibile (qA) come valore negativo quando viene superata la soglia minima del punto di rugiada. Necessario per la misura sugli impianti a condensazione. Se la soglia minima della temperatura del punto di rugiada non viene superata, ET = 0.

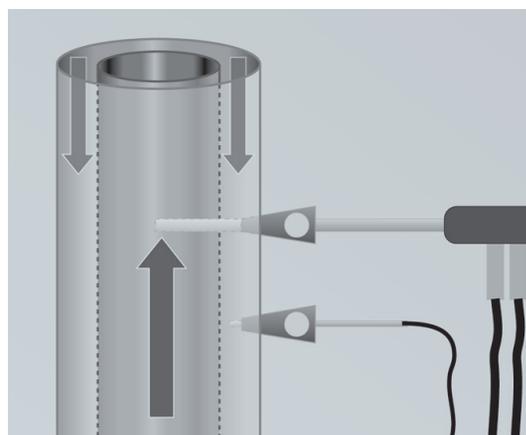
Formula di Siegert per il calcolo della perdita di rendimento per calore sensibile. Viene utilizzata quando i fattori specifici del combustibile A1 e B (cfr. tabella) sono uguali a zero.

Tabella dei fattori specifici del combustibile

Combustibile	A1	B	f	CO _{2max}
Gasolio	0,68	0,007	-	15,1
Gas metano	0,66	0,010	-	11,7
GPL	0,63	0,008	-	13,9
Coke, carbone	-	-	0,74	20,0
Olio comb.	0,68	0,007	-	15,7
Lignite	-	-	0,90	19,2
Carbone fossile	-	-	0,60	18,5
Gas di cokeria	0,6	0,011	-	-
Gas di città	0,63	0,011	-	11,6
Gas di prova	-	-	-	13,0

Temperatura dell'aria comburente (TA)

La maggior parte degli analizzatori di combustione è equipaggiata di serie con una sonda di temperatura. Sistemando lo strumento di misura sul corpo del bruciatore, diventa così possibile misurare la temperatura dell'aria comburente nelle immediate vicinanze del punto di aspirazione del bruciatore. Negli impianti a tenuta stagna, questa sonda viene sostituita da una sonda di temperatura separata che viene inserita nel canale di alimentazione dell'aria fresca/aria comburente:



Misura svolta su impianti a tenuta stagna

Temperatura dei gas combusti (TF)

Per misurare la temperatura dei gas combusti viene utilizzata la termocoppia situata nella sonda per gas combusti. A tal fine la sonda viene inserita nel canale gas combusti, facendola passare attraverso l'apposito foro di misura (la distanza tra foro di misura e caldaia dovrebbe essere almeno pari al doppio del diametro del canale gas combusti). Misurando continuamente la temperatura, occorre cercare il punto in cui i gas combusti raggiungono la temperatura massima (il cosiddetto centro del flusso) e quindi sistemare la sonda in quel punto. Nel centro del flusso, la temperatura e la concentrazione di biossido di carbonio (CO_2) raggiungono valori massimi, mentre il contenuto di ossigeno (O_2) raggiunge valori minimi.

Concentrazione di O_2

L'ossigeno che non viene consumato durante una combustione con eccesso d'aria, si manifesta sotto forma di percentuale gassosa dei gas combusti ed è un parametro che serve per calcolare il rendimento della combustione. I gas combusti vengono aspirati, tramite una pompa, dalla sonda per gas combusti e attraversano il percorso dei gas dell'analizzatore di combustione. Qui vengono convogliati verso il sensore (cella di misura) di O_2 che misura la concentrazione dei gas. Il contenuto di O_2 viene inoltre utilizzato per calcolare la concentrazione di CO_2 nei gas combusti, che serve per la regolazione delle caldaie a gas a condensazione (come descritto sopra).

Concentrazione di biossido di carbonio (CO_2)

Come già accennato in precedenza, per calcolare la perdita di calore sensibile al posto del contenuto di ossigeno è possibile ricorrere anche alla concentrazione di biossido di carbonio. Se con un basso eccesso d'aria (combustione completa) è presente una percentuale possibilmente alta di CO_2 , le perdite di calore sensibile raggiungono i valori più bassi. Per ciascun combustibile esiste un contenuto massimo di CO_2 ($\text{CO}_{2\text{max}}$) raggiungibile nei gas combusti,

che è dato dalla composizione chimica del combustibile. Nella pratica questo valore non viene tuttavia mai raggiunto, perché per garantire un funzionamento in sicurezza del bruciatore è sempre necessario un determinato eccesso d'aria che riduce la percentuale di CO_2 nei gas combusti. Per questo motivo, quando viene regolato il bruciatore l'obiettivo non è quello di raggiungere il valore di $\text{CO}_{2\text{max}}$ ma quello più alto possibile.

Valori di $\text{CO}_{2\text{max}}$ per diversi combustibili:

- Gasolio 15,1 %vol. CO_2
- Gas metano 11,7 %vol. CO_2
- GPL 13,9 %vol. CO_2

Nella documentazione del costruttore si trovano spesso informazioni sulle concentrazioni di CO_2 che possono essere raggiunte e come deve essere regolata la quantità d'aria per raggiungere questi valori. Nella maggior parte degli analizzatori di combustione non è presente un sensore di CO_2 , perché la concentrazione di CO_2 nei gas combusti viene calcolata in base al contenuto di O_2 misurato. Ciò è possibile, perché entrambi i valori hanno un rapporto fisso tra di loro. Dal momento che in questo calcolo confluisce il contenuto massimo di CO_2 del relativo combustibile, prima di ogni misura occorre impostare nell'analizzatore di combustione il combustibile utilizzato nell'impianto.

5. Calcolo del rendimento (η)

Impianti di riscaldamento convenzionali

Il rendimento della combustione (η) di un impianto di riscaldamento convenzionale (non a condensazione) viene calcolato sottraendo la perdita di rendimento per calore sensibile (q_A) dall'energia totale fornita (potere calorifico inferiore PCI = 100% dell'energia fornita).

Impianti a condensazione

Dal momento che nei moderni impianti a condensazione viene recuperato il calore di condensazione, per un calcolo corretto è stato introdotto il coefficiente ET, che include l'utilizzo del calore di condensazione riferito al potere calorifico. Se i gas combusti si raffreddano al di sotto della temperatura del loro punto di rugiada, il cui valore teorico in funzione del combustibile è archiviato nello strumento di misura Testo, il coefficiente ET indica il

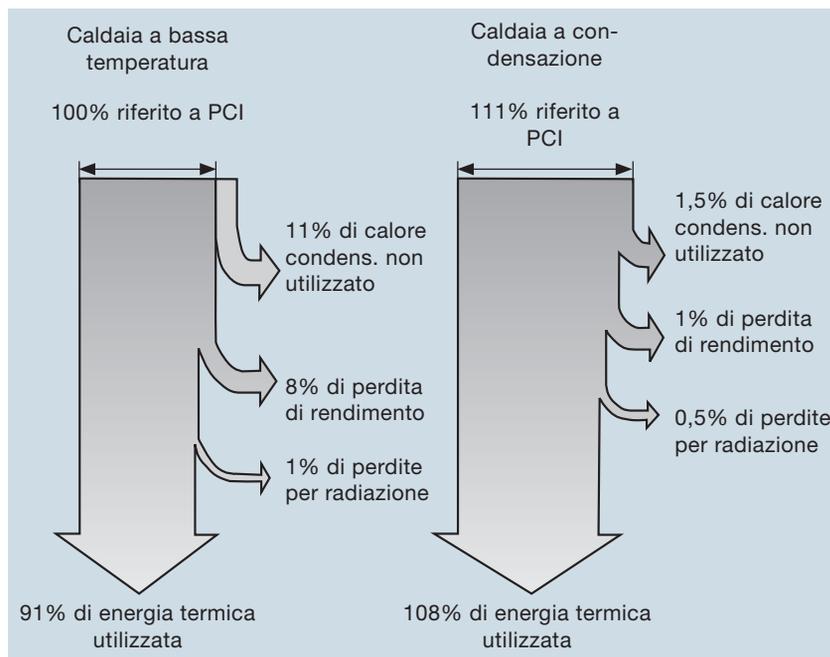
calore di vaporizzazione dell'acqua condensata recuperato sotto forma di valore negativo, per cui la perdita di calore sensibile diminuisce e/o può diventare negativa.

Il rendimento riferito al potere calorifico può quindi assumere valori superiori al 100%.

Esempio:

$A_1 = 0,68$
 $B = 0,007$
 $TF = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
 $TA = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
 $O_2 = 3\%$
 $ET = 5,47\%$
 $q_A \text{ (senza coefficiente ET)} = 1\%$
 $q_A \text{ (con coefficiente ET)} = -5\%$
 $\eta = 100\% - (-5\%)$

Nel seguente grafico viene spiegato ancora una volta, attraverso un ulteriore esempio, perché negli impianti a condensazione il rendimento è superiore al 100%:



Perdite di energia con caldaie a condensazione e a bassa temperatura

Quando il combustibile viene trasformato completamente, si formano calore e vapore acqueo.

- Quando il calore viene rilevato completamente, si ottiene il 100% del potere calorifico PCI.
- Se si considera inoltre l'energia contenuta nel vapore acqueo (calore di condensazione), si ottiene il valore energetico PCS.
- Il valore energetico totale PCS è sempre superiore al potere calorifico PCI.
- Per il calcolo del rendimento viene sempre posto alla base il potere calorifico PCI.
- Tuttavia, le caldaie a condensazione sfruttano, oltre al potere calorifico, anche l'energia di condensazione. Ecco perché dal punto di vista aritmetico il rendimento può essere superiore al 100%.

6. Misura del tiraggio del camino

Nelle caldaie a tiraggio naturale, la spinta ascensionale o tiraggio del camino è un presupposto fondamentale per lo scarico dei gas combustibili attraverso il camino. A causa della minore densità dei gas combustibili caldi rispetto all'aria fredda esterna, nel camino si forma una depressione che viene chiamata anche tiraggio del camino. Grazie a questa depressione, l'aria comburente viene aspirata e vengono vinte tutte le resistenze della caldaia e del condotto dei gas combustibili. Nelle caldaie a sovrappressione è possibile ignorare le condizioni di pressione nel camino, perché in questi casi un bruciatore a combustione interna crea la sovrappressione necessaria per scaricare i gas combustibili. Con questi impianti può essere utilizzato un camino con diametro inferiore. Per misurare il tiraggio del camino, è necessario calcolare la differenza tra la pressione all'interno del canale gas combustibili e la pressione presente nel locale di installazione. Ciò avviene, come per il calcolo della perdita di calore sensibile, nel centro del flusso all'interno del canale gas combustibili. Come accennato precedentemente, prima di procedere con la misura è necessario azzerare il sensore di pressione dello strumento di misura.

Valori tipici del tiraggio del camino

Caldaia a sovrappressione con bruciatore a combustione interna + condensazione:

0,12 – 0,20 hPa (mbar) di sovrappressione

Bruciatore a gasolio a vaporizzazione e impianto a combustione atmosferica: 0,03 – 0,10 hPa (mbar) di depressione

Valori troppo bassi durante la misura del tiraggio possono avere le seguenti cause:

- Percorso di tiraggio nello strumento di misura non a tenuta
- Sensore di pressione non azzerato correttamente

Valori troppo alti possono avere le seguenti cause:

- Tiraggio del camino troppo forte
- Sensore di pressione non azzerato correttamente

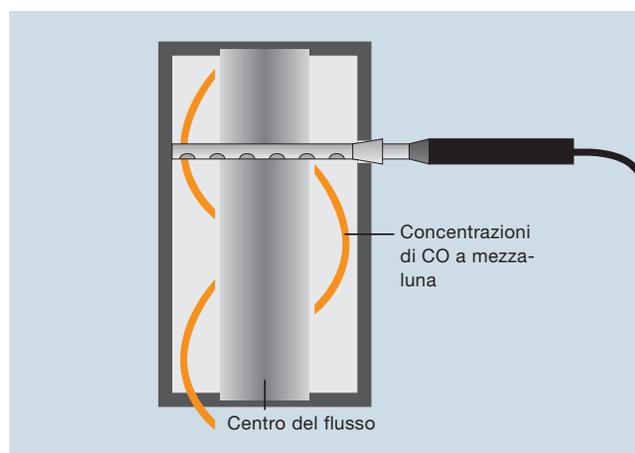
7. Misura della concentrazione di CO

Il controllo del valore CO fornisce indizi sulla qualità della combustione e serve per la sicurezza del gestore dell'impianto. Se il percorso dei gas combustibili si intasa, i gas combustibili ad es. di una caldaia a gas atmosferica giungerebbero – a causa dell'interruttore di tiraggio – nel locale della caldaia, causando un pericolo per il gestore dell'impianto. Di conseguenza, dopo i lavori di regolazione

sulla caldaia a gas occorre misurare la concentrazione di monossido di carbonio (CO) e controllare il percorso dei gas combustibili. Nei bruciatori a gas con ventilatore questa misura di sicurezza non è necessaria, perché in questo caso i gas combustibili vengono spinti nel camino.

La misura deve essere effettuata non prima di 2 minuti dalla messa in funzione dell'impianto di combustione a gas, perché solo allora il maggiore contenuto di CO che si registra durante l'avviamento dell'impianto è di nuovo sceso al normale valore d'esercizio. Lo stesso vale anche per caldaie a gas con regolazione della combustione, perché quando si avvia il bruciatore effettuano una taratura durante la quale possono verificarsi emissioni di CO molto alte. La misura avviene, come per il calcolo della perdita di calore sensibile, nel centro del flusso all'interno del canale gas combustibili. Dal momento che però i gas combustibili sono diluiti con aria fresca, il contenuto di CO deve essere convertito per gas combustibili non diluiti, altrimenti il contenuto di CO potrebbe essere manipolato attraverso l'aggiunta di aria. A tal fine, lo strumento di misura calcola, con l'aiuto del contenuto di ossigeno misurato contemporaneamente nel canale gas combustibili, la concentrazione di CO non diluita e la visualizza sotto forma di CO non diluito.

Nelle caldaie a gas atmosferiche, la concentrazione di CO nel condotto dei gas combustibili non è la stessa in tutti i punti (concentrazioni a mezzaluna). In presenza di una concentrazione > 500 ppm, il campionamento deve quindi essere fatto con una sonda multiforo (ad es: sonda Testo per misure negli impianti di riscaldamento a camera stagna, codice 0632 1260). Come rivela il nome, la sonda multiforo presenta una serie di fori che rilevano la concentrazione di CO lungo tutto il diametro del condotto dei gas combustibili.



Misura del CO con l'aiuto della sonda multiforo

8. Controllo dei percorsi dei fumi

Controllo dell'interruttore di tiraggio

Nelle caldaie a gas atmosferiche dotate di interruttore di tiraggio, un tiraggio perfetto dei gas combusti è una condizione indispensabile per garantire un funzionamento sicuro dell'impianto di combustione. A tal fine è possibile utilizzare un rilevatore di reflussi di gas che viene tenuto vicino all'interruttore di tiraggio, per rilevare l'eventuale ritorno dei gas combusti all'interno dell'ambiente.

Le cause di un riflusso possono essere le seguenti:

- Restringimento del condotto dei gas combusti causato da sporco o deformazioni
- Alimentazione insufficiente di aria comburente
- Affaticamento del materiale (guarnizioni), raccordi allentati, corrosione



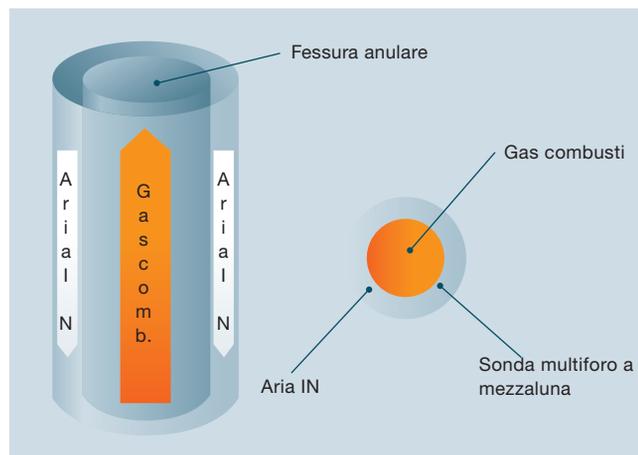
Uso del rilevatore di reflussi di gas testo 317-1

Verifica di tenuta dei condotti di evacuazione fumi

Negli impianti di riscaldamento a tenuta stagna, la tenuta dei condotti coassiali di evacuazione fumi viene controllata misurando l'alimentazione di O_2 nella fessura anulare. La concentrazione di O_2 nell'aria aspirata nella fessura anulare dovrebbe generalmente essere del 21%. Se vengono misurati valori inferiori al 20,5%, devono essere interpretati come una mancanza di tenuta nel condotto e l'impianto deve essere controllato.

La sonda multiforo a mezzaluna di Testo (codice 0632 1260) permette una misura sicura e veloce del contenuto di O_2 nella fessura anulare.

Un rilevatore di reflussi di gas, come ad es. lo strumento testo 317-1 (codice 0632 3170), permette di individuare in modo veloce e affidabile eventuali perdite nel percorso dei gas combusti.



Misura dell' O_2 nella fessura anulare con la sonda multiforo a mezzaluna

9. Cura dello strumento di misura

Conclusa la misura, la sonda per gas combusti dovrebbe essere estratta dal canale fumi con la pompa di aspirazione dell'analizzatore accesa. Grazie a questo accorgimento, l'aria ambiente pulita attraversa i sensori dei gas e li rinfresca.

Controlli supplementari degli impianti di combustione

Controllo degli ossidi di azoto (NO_x)

Misurando gli ossidi di azoto è possibile controllare i sistemi tecnologici adottati per ridurre le emissioni di ossido di azoto dagli impianti di combustione. Gli ossidi di azoto (NO_x) sono la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂). Nei piccoli impianti di combustione (eccetto quelli a condensazione), il rapporto tra NO e NO₂ è costante (97% NO, 3% NO₂). Per questo motivo, gli ossidi di azoto NO_x vengono calcolati misurando solo il monossido di azoto NO. Se invece sono necessarie misure precise degli NO_x, occorre misurare separatamente e sommare le percentuali di monossido di azoto (NO) e di biossido di azoto (NO₂). Questo è necessario nelle caldaie a condensazione o se si usano combustibili misti, in quanto il rapporto non è più 97% - 3%.

Dal momento che il biossido di azoto (NO₂) è molto solubile in acqua, per misurare l'esatta concentrazione di

NO₂ occorre fare in modo che i gas combusti da misurare siano perfettamente asciutti, altrimenti l'NO₂ disciolto nella condensa non verrebbe considerato. Quando si misura il biossido di azoto occorre quindi sempre usare un sistema di trattamento dei gas combusti che provvede ad essiccare i gas prima della misura vera e propria.

- Se la misura viene svolta nelle vicinanze di un precipitatore elettrostatico, a causa della carica statica la sonda per gas combusti deve essere collegata a terra.
- Se si prevedono alte concentrazioni di polvere e di particolato, è necessario utilizzare filtri puliti e asciutti. Eventualmente utilizzare anche dei prefiltri.

Misura del CO ambiente.

Durante la manutenzione di una caldaia a gas situata all'interno di un'abitazione, per motivi di sicurezza occorre misurare - parallelamente ai gas combusti - anche il CO ambiente, perché il riflusso dei gas combusti può causare alte concentrazioni di CO e quindi un pericolo

di avvelenamento del gestore dell'impianto. Una concentrazione di CO a partire dallo 0,16%vol. (1.600 ppm) nell'aria respirabile causa la morte.

Questa misura dovrebbe in ogni caso essere svolta prima di tutte le altre.

Concentrazione di CO nell'aria		Tempo di inalazione e conseguenze
30 ppm	0,003%	Massima concentrazione consentita sul posto di lavoro, con orario di lavoro di otto ore
200 ppm 400 ppm	0,02% 0,04%	Leggera cefalea entro 2 - 3 ore Cefalea nella parte frontale entro 1 - 2 ore, si diffonde in tutta la zona del capo
800 ppm	0,08%	Capogiro, nausea e contrazione degli arti entro 45 minuti, perdita di coscienza entro 2 ore
1.600 ppm	0,16%	Cefalea, nausea e capogiro entro 20 minuti, morte entro 2 ore
3.200 ppm	0,32%	Cefalea, nausea e capogiro entro 5 - 10 minuti, morte entro 30 minuti
6.400 ppm	0,64%	Cefalea e capogiro entro 1 - 2 minuti, morte entro 10 - 15 minuti
12.800 ppm	1,28%	Morte entro 1 - 3 minuti

Misura del CO₂ ambiente

Quando si misurano le condizioni ambientali spesso viene solo misurato il contenuto di CO nell'aria ambiente. Tuttavia, a partire da una determinata concentrazione – come quella che può formarsi quando si blocca un condotto dei gas combusti – anche il CO₂ è dannoso per

l'uomo. Per escludere con sicurezza possibili pericoli, occorre misurare entrambi i valori. Il contenuto di CO₂ è un affidabile indicatore precoce di avvelenamenti e quindi un completamento ottimale della misura del CO. Una misura parallela di entrambi i valori permette di valutare tempestivamente la presenza di concentrazioni pericolose.

Effetti della concentrazione di CO ₂ sull'uomo		
387 ppm	0,0387%	Normale concentrazione di CO ₂ all'aria aperta
5.000 ppm	0,5%	Max. concentrazione consentita sul posto di lavoro
15.000 ppm	1,5%	Il volume respiratorio al minuto aumenta almeno del 40 per cento
40.000 ppm	4%	Concentrazione di CO ₂ durante l'espirazione
50.000 ppm	5%	Capogiro, cefalea
80.000 – 100.000 ppm	Dall'8 al 10%	Difficoltà respiratoria, senso di debolezza sino a perdita di coscienza Morte dopo 30 – 60 minuti
200.000 ppm	20%	Rapida perdita di conoscenza Morte dopo 5 – 10 minuti

Controllo del funzionamento e regolazione di impianti di combustione a gasolio

Le operazioni e istruzioni descritte qui di seguito mostrano a titolo di esempio come fare le regolazioni e le misure durante la messa in funzione di caldaie convenzionali (non a condensazione). In particolare, si tratta di caldaie a bassa temperatura con bruciatore a gasolio a combustione interna. Le caldaie a condensazione non vengono considerate in questa sede.

1. Misura dell'indice di fumosità

Inserire la pompa di fumosità con filtro di carta nel canale gas combusti e aspirare i gas combusti. Quindi prelevare il filtro di carta e controllare se sono presenti prodotti derivati dal gasolio (gocce d'olio). Se viene rilevato un cambiamento di colore causato da prodotti derivati dal gasolio o se il filtro si è inumidito in seguito alla formazione di condensa, è necessario ripetere la misura. Per una misura dell'indice di

fumosità conforme alle norme, occorre effettuare tre misure singole. Il grado di annerimento del filtro di carta viene confrontato ogni volta con la scala di Bacharach. L'indice di fumosità ideale è pari a 0.

Se non si conosce l'impianto, occorre prima effettuare una misura della fumosità, in modo che gli strumenti di misura non vengano sollecitati inutilmente da eventuali residui della combustione (particolato e prodotti derivati dal gasolio). In presenza di alti indici di fumosità, occorre prima di tutto controllare e modificare le regolazioni di base del bruciatore a gasolio, quindi ottimizzare ulteriormente le regolazioni con l'aiuto di un analizzatore di combustione. Il successivo punto 2 spiega la relativa procedura.

2. Regolazione dei bruciatori a gasolio

Durante la messa in funzione e la manutenzione dei bruciatori a gasolio è necessario regolare e controllare i principali parametri. Le singole operazioni necessarie sono illustrate dettagliatamente nella documentazione del costruttore e qui di seguito vengono quindi descritte solo in generale per i cosiddetti bruciatori a fiamma gialla.

Scelta dell'ugello giusto

Nella tabella di selezione dell'ugello vengono selezionati, sulla base delle prestazioni desiderate del bruciatore, l'ugello corretto e la pressione da regolare.

Regolazione base della quantità d'aria

La documentazione del costruttore contiene informazioni sulla regolazione base della necessaria quantità d'aria del bruciatore. In funzione della potenza termica richiesta alla combustione, su una scala vengono indicati i valori per la regolazione del registro dell'aria e dello stabilizzatore di fiamma.

Regolazione base della pompa del gasolio (pressione della pompa)

La pressione della pompa è già stata stabilita sulla base delle prestazioni desiderate del bruciatore e della scelta dell'ugello della tabella. Per leggere la pressione della pompa, viene avvitato un manometro alla pompa del gasolio. La pressione della pompa viene regolata di conseguenza, attraverso l'apposita vite di regolazione. Tramite un vacuometro, anch'esso collegato alla pompa del gasolio, accertarsi che la depressione nel condotto di aspirazione non scenda sotto gli 0,4 bar.

Ottimizzazione e controllo della combustione

Con la regolazione base della quantità d'aria e della pressione dovrebbero già essere stati raggiunti valori di combustione ottimali che possono essere ulteriormente ottimizzati con l'aiuto di un analizzatore di combustione. In questo caso, la combustione viene generalmente ottimizzata modificando la quantità d'aria tramite il registro dell'aria (regolazione di massima) o lo stabilizzatore di fiamma (regolazione di precisione). Una quantità insufficiente di aria comburente impedisce una combustione completa e quindi un utilizzo completo del combustibile, causando la formazione di particolato. Una quantità eccessiva di aria comburente fa sì che nella camera di combustione venga riscaldata aria in eccesso, che viene poi scaricata dal camino senza poter essere utilizzata. A seconda del costruttore del bruciatore, per l'ottimizzazione della combustione vengono prescritti valori per CO_2 , CO, eccesso d'aria o perdita di calore sensibile/rendimento. Questi valori vengono misurati con l'aiuto di un analizzatore di combustione.

Nei bruciatori a fiamma gialla

il gasolio viene polverizzato da un ugello e la gassificazione del gasolio avviene all'interno della fiamma. Durante la combustione è riconoscibile una fiamma di colore giallo.

Nei bruciatori a fiamma blu

i gas combusti caldi vengono utilizzati per riscaldare il gasolio polverizzato ancor prima della combustione vera e propria. Quindi la gassificazione del gasolio avviene a monte della fiamma. In questo caso è riconoscibile una fiamma di colore blu.

Be sure. **testo**



Tutti gli strumenti di
misura per gli impianti
di riscaldamento sono
disponibili qui:
www.testo.it

0984 7293/TT707.2017 - Con riserva di modifiche, anche di carattere tecnico.

Testo SpA
via F.lli Rosselli 3/2
20019 Settimo Milanese (MI)
Tel: 02/33519.1
e-mail: info@testo.it

www.testo.it