

Efficienza energetica e secondo principio

Dove investire prioritariamente nell'efficienza: sul lato della produzione o dell'utilizzo?

Con questa scheda vogliamo contribuire a chiarire le idee sulle priorità richieste nella gestione dell'energia. Si riscontrano posizioni differenti nel campo tecnico commerciale a seconda del ruolo assunto nella filiera energetica dai soggetti che svolgono le analisi.

I produttori di energia insistono sull'importanza di efficientare la produzione: ad esempio introducendo sull'inceneritore un sistema di recupero del calore contenuto nei gas di scarico sottoforma di vapore d'acqua. Oppure convertendo una centrale termoelettrica semplice a cogeneratore, fornendo quindi alle utenze anche calore.

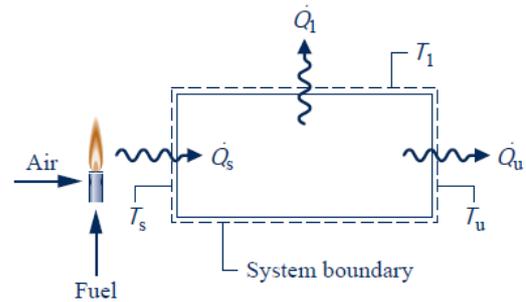
Sul lato della domanda, chi si occupa di audit energetici, ed il settore delle costruzioni, insiste sull'importanza di riqualificare gli edifici per combattere il cambiamento climatico riducendo i consumi degli stessi.

La fisica tecnica può fornire indicazioni ai decisori per allocare risorse dove è prioritario per ridurre il rischio climatico?

Analisi di 1° e 2° principio

Di seguito si è schematizzato un dispositivo in grado di produrre calore bruciando un combustibile.

In generale, abbiamo una sorgente a temperatura T_s , un circuito utilizzatore a temperatura T_u , ed una quota di energia



dissipata a temperatura T_1 . In base ad un bilancio energetico sappiamo che il rendimento del generatore può essere definito come il rapporto tra la potenza termica utile ceduta al circuito di riscaldamento e la potenza termica sviluppata dal combustibile (la cosiddetta "potenza al focolare").

$$\eta_I = \frac{\dot{Q}_u}{\dot{Q}_s}$$

I generatori industriali conseguono rendimenti di primo principio del 90-92% circa, quelli domestici possono superare il 100% rispetto al PCI.

Ora consideriamo il rendimento di secondo principio o rendimento exergetico:

$$\eta_{ex} = \frac{E_{x-out}}{E_{x-in}}$$

Trattandosi di calore, l'exergia (la massima quantità di lavoro che può essere ottenuta facendo evolvere il sistema fino a portarlo in equilibrio con l'ambiente di riferimento) si calcola come il prodotto della potenza termica per il rendimento del ciclo di Carnot tra temperatura cui è fornito il calore e l'ambiente esterno ("fattore di Carnot").

$$E_x = \dot{Q} * \left(1 - \frac{T_o}{T}\right)$$

L'exergia tiene conto di primo e secondo principio. È l'indicatore scientifico più attendibile per valutare le irreversibilità dei sistemi.

Pertanto, il rendimento exergetico risulta:

$$\eta_{ex} = \frac{E_{x-out}}{E_{x-in}} = \frac{\left(1 - \frac{T_0}{T_u}\right) \dot{Q}_u}{\left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right) \dot{Q}_s}$$

Nell'espressione abbiamo a destra il rendimento di primo principio, quindi diventa:

$$\eta_{ex} = \eta_I * \frac{\left(1 - \frac{T_0}{T_u}\right)}{\left(1 - \frac{T_0}{T_s}\right)}$$

Il rendimento exergetico è il prodotto di quello di primo principio per il rapporto tra i fattori di Carnot del calore sul circuito di riscaldamento e del calore generato nella combustione. I termini tra parentesi costituiscono un rapporto sempre inferiore a uno, che riduce il rendimento di primo principio tanto più, quanto maggiore è la differenza tra le temperature di produzione del calore e di utilizzo.

Il rendimento exergetico è massimo quando è minimo il salto termico tra sorgente e utilizzo: quindi è importante la resa energetica, ma è più importante l'equilibrio tra qualità dell'energia fornita e richiesta. Se puntiamo sull'efficienza di generazione, scopriremo tra poco con alcuni esempi che l'efficienza exergetica non cambia. E ciò dimostra il nostro assunto: che è più importante investire su sistemi che forniscono calore a temperature paragonabili a quelle richieste negli ambienti da riscaldare. E ciò si può ottenere solo con fonti rinnovabili e giacimenti naturali.

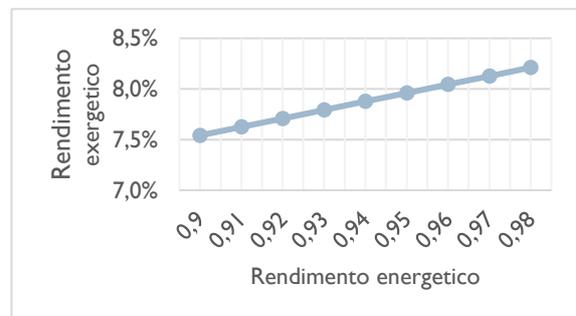
Cerchiamo conferma con alcune simulazioni di differenti tipi di generatore.

Simulazioni con generatori differenti

La caldaia a gas

Abbiamo ipotizzato di avere una combustione a 1200 °C e un circuito di riscaldamento che riscalda un ambiente a 20°C. Se analizziamo l'andamento del rendimento exergetico al variare di quello di primo principio, notiamo che esso ha una variazione modesta, pur incrementandosi in modo significativo il primo.

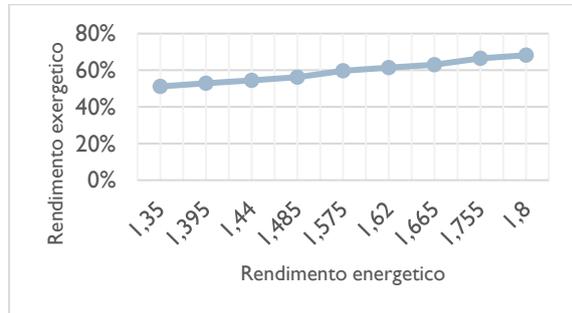
L'efficienza di produzione è elevata, ma il rendimento exergetico è molto basso e non varia. Il motivo è molto semplice: la caldaia ha un salto di temperatura tra combustione e utilizzatore che è causa di elevate irreversibilità. È uno spreco produrre calore a 1200°C per ottenere calore utile a 20°C.



La pompa di calore

Ipotizziamo ora di analizzare una pompa di calore, facendo variare il proprio COP tra 3 e 4. Sia utilizzata per riscaldare un ambiente a 20°C producendo acqua calda a 60°C. Il rendimento di primo principio come noto è il prodotto del COP per il rendimento di produzione

dell'elettricità sulla rete elettrica nazionale (si è ipotizzato 0,45).



La macchina ha un rendimento energetico più alto della caldaia, e anche quello exergetico è molto più alto, ma anche per essa è poco significativo l'incremento del rendimento di primo principio, mentre è più rilevante il salto di temperatura tra sorgente e ambiente utilizzatore.

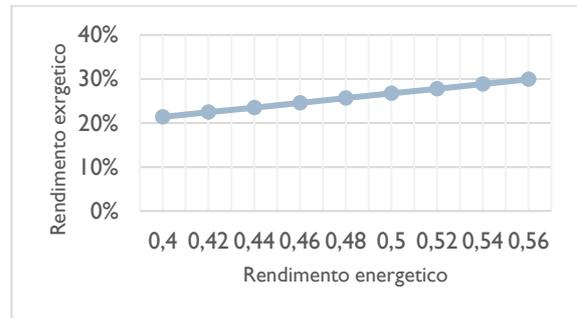
Il rendimento exergetico è elevato perché il calore prodotto a bassa temperatura ha un salto termico molto basso rispetto alla temperatura dell'ambiente da riscaldare.

Se consideriamo oltre alla pompa di calore anche la rete di fornitura di elettricità, con rendimento exergetico 0,45, otteniamo un rendimento exergetico complessivo medio pari al 30% sempre superiore rispetto a quello della caldaia.

Impianto solare termico con riscaldamento a bassa temperatura

In questo caso abbiamo ipotizzato di fornire acqua calda a 40°C medi ad un sistema di riscaldamento radiante. Il rendimento di primo principio si è ipotizzato molto basso, pari a 0,4, per tener conto

del rendimento medio dei collettori e delle dispersioni del sistema di accumulo e trasmissione.



È evidente che il sistema dal punto di vista del rendimento di primo principio è il peggiore. Tuttavia, consente di sfruttare una fonte di energia rinnovabile, e per rendimento exergetico ha prestazioni molto superiori alle caldaie e compete con le pompe di calore. Viene minimizzato il salto termico tra sorgente e ambiente utilizzatore, quindi le irreversibilità. Anche in questo caso, non è così influente il rendimento di primo principio: un suo incremento anche significativo, incide poco.

Considerazioni

L'analisi di secondo principio, condotta utilizzando la grandezza exergia, mostra che è più rilevante utilizzare fonti di energia con salti termici minimi, piuttosto che investire risorse nel miglioramento del rendimento di generazione. Tale analisi ci dice anche che si deve dare priorità ai giacimenti termici naturali nel riscaldamento degli ambienti, anche con l'ausilio di pompe di calore: calore geotermico, calore solare termico, o da fluidi di scarto a bassa temperatura. La coibentazione degli edifici è l'intervento cardine di politica energetica, perché consente di ridurre le potenze assorbite, di utilizzare reti a bassa temperatura, che si prestano ad essere alimentate con sorgenti naturali senza combustioni.