

Industria alimentare

Tecnologia ORC per la produzione di energia ad alta temperatura

L'adozione di un sistema di cogenerazione ORC (Organic Rankine Cycle) consente una grande flessibilità nella scelta di differenti sorgenti di calore, prima fra tutte la biomassa. Tante le applicazioni nell'industria alimentare con ottima valorizzazione termica e produzione elettrica, il tutto rispettando l'ambiente e in modo economicamente vantaggioso e sostenibile.

Il ciclo Rankine organico (ORC) si basa sul principio termodinamico che utilizza fluidi organici anziché acqua per la produzione di energia elettrica e calore da recuperi termici, nelle tipologie più svariate: da rifiuti urbani, cascami di calore da processi produttivi ma anche da altre fonti quali il calore geotermico o dalla combustione di biomassa. Nell'ambito della produzione combinata di energia elettrica e calore, ricopre una precisa collocazione in funzione delle prestazioni energetiche fornite (**Figura 1**). Realizzato in concreto attraverso moduli standardizzati, con questi sistemi si sfrutta la potenza termica, alla pari di una centrale a vapore, per l'azionamento di una turbina collegata ad un generatore di corrente. Il fluido di lavoro è un mezzo organico

(olio sintetico, siliconico) particolarmente pregiato per le sue proprietà termodinamiche, caratterizzato da un'alta massa molecolare che porta ad una rotazione più lenta della turbina, una minor pressione e nessuna erosione delle parti metalliche e delle palette. Dal punto di vista realizzativo l'intero ciclo termodinamico è costituito da un'unità compatta, fornita separatamente dal resto dell'impianto (**Figura 2**). L'adozione di questo tipo di unità di produzione elettrica consente svariati vantaggi di esercizio:

Figura 3 | Centrale di produzione energetica a biomassa. Impianti di questo tipo consentono di produrre calore ed energia elettrica utilizzando come combustibile legno grezzo. Costituiscono una delle principali applicazioni della tecnologia ORC.



- il fluido organico non provoca, all'interno del suo circuito (ermeticamente chiuso), alcuna azione corrosiva né di decadimento del materiale;
- il fluido non necessita di rabbocco né di rigenerazione;
- le particolari caratteristiche del fluido consentono di non necessitare di un surriscaldatore, non essendovi presenza di condensa;
- Non è richiesto utilizzo alcuno di acqua.
- Quanto sopra consente ai sistemi ORC di possedere un eccellente comportamento in fase di accensione e di esercizio, inoltre;
- le pressioni d'esercizio sono basse, perciò risultano dei costi di investimento periferici limitati ed un basso potenziale di rischio per il personale;
- l'impianto non deve sottostare alla legislazione riguardante gli impianti a rischio e non necessita di sorveglianza continua;
- un modulo ORC lavora automaticamente, può essere gestito e mantenuto facilmente e ciò implica una richiesta limitata di specializzazione del personale, nonché bassi costi di manutenzione ed esercizio;
- il controllo da remoto consente comunque l'intervento in tempo reale in caso di necessità.

L'applicazione principale: impianti a biomassa

Un tipico caso di applicazione dei cicli ORC è quello degli impianti a biomassa. Impianti che consentono di produrre calore ed energia elettrica utilizzando come combustibile legname grezzo (sovente sotto forma di cippato, **Figura 3**). Pur rimandando a testi specia-

lizzati per gli approfondimenti del caso, il processo utilizzato è così sintetizzabile:

- la biomassa viene bruciata in una caldaia producendo fumi a circa 950 °C, tali da riscaldare un circuito chiuso contenente olio diatermico. L'olio viene riscaldato fino ad oltre i 300 °C;
- l'olio diatermico riscalda un circuito secondario, sempre chiuso, contenente un fluido organico che è fluido "di lavoro" per il sistema ORC, nel quale il fluido organico evapora e aziona una turbina accoppiata ad un alternatore per la produzione di energia elettrica (**Figura 4**);
- un condensatore ad acqua preleva calore dal vapore allo scarico della turbina e l'acqua di raffreddamento così riscaldata viene utilizzata in una rete di teleriscaldamento.

La realizzazione pratica prevede due sezioni di impianto, entrambe contenute nel medesimo edificio, distinte per la loro funzione e per la gestione della costruzione: l'impianto termico e quello di produzione elettrica.

L'impianto termico, basato sulla combustione della biomassa si compone, principalmente, delle seguenti componenti meccaniche di base:

- un impianto di estrazione del combustibile dal silo di stoccaggio;
- un impianto di combustione, inclusi i dispositivi per l'alimentazione del combustibile e la rimozione delle ceneri;
- una caldaia a olio diatermico completa di economizzatori secondari e relativo circuito oleodinamico;
- un impianto di estrazione e trattamento dei gas combusti con relativo camino,

Figura 1 | Ruolo che occupa la tecnologia ORC nell'ambito del più generale panorama della cogenerazione (zona rossa).

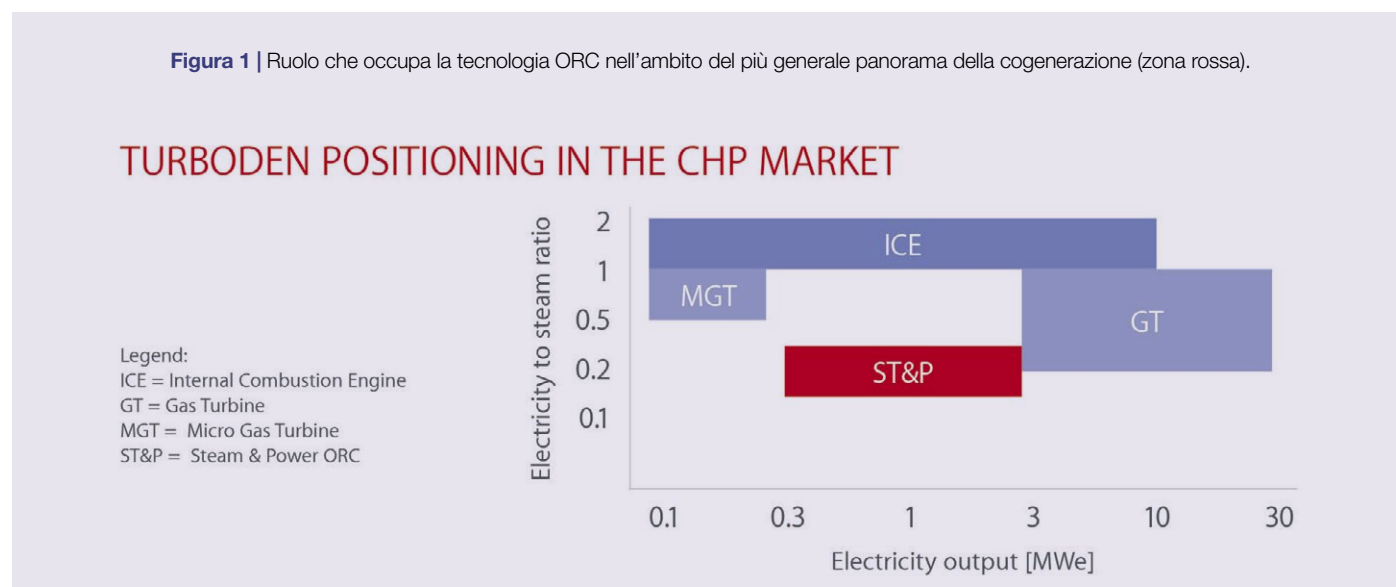




Figura 2 | Modulo ORC, Organic Rankine Cycle, nel quale il fluido organico evapora e aziona una turbina accoppiata ad un alternatore per la produzione di energia elettrica. I moduli ORC hanno lasciato da tempo lo stadio di prototipo e si contano svariate applicazioni. (*Turboden*)

L'impianto di produzione di energia elettrica (tecnologia ORC) è stato progettato appositamente per soddisfare le condizioni del processo di funzionamento specifici del caso. Per aumentare il rendimento del processo di produzione di elettricità, la caldaia a olio diatermico viene integrata da due economizzatori in grado di abbassare la temperatura dei gas combusti in uscita dalla caldaia ad olio diatermico, e di conseguenza di aumentare il grado di efficienza elettrica dell'impianto nel suo insieme (in termini di quoziente tra output elettrico e input di biomassa).

Layout di impianto

Dal punto di vista della dislocazione delle apparecchiature, tutte poste all'interno di un edificio, l'intero impianto consta essenzialmente di 4 parti: impianto di produzione del calore o del recupero da altri impianti, impianto ad olio diatermico, modulo ORC (incluso l'allacciamento alla rete elettrica pubblica) e apparecchi per l'utilizzo dei cascami termici (**Figura 5**).

Lo sforzo dei progettisti è di dimensionare ed equilibrare le sezioni in maniera ottimale, per consentire un funzionamento affidabile e soddisfare le caratteristiche richieste. Nel caso specifico, la scelta tecnica più consueta per questa tipologia di impianti prevede l'utilizzo di caldaie a 2 giri di fumo, posizionate direttamente sulla camera di combustione. Va osservato che questo impianto deve essere pulito annualmente in modalità manuale, operazione che richiede lo spegnimento dell'intero sistema.

Sono state, comunque, adottate tecnologie convenzionali e collaudate in tutte le parti dell'impianto. Anche i moduli ORC hanno lasciato da tempo lo stadio di prototipo e si contano svariate applicazioni. L'esperienza maturata in questo impianto ha mostrato che, complessivamente, il rischio legato all'investimento viene conside-

rato piuttosto limitato e può essere efficacemente contenuto grazie ad una accurata pianificazione finanziaria.

Gestione dell'impianto e service

L'impianto è dotato, come visto sopra, di un avanzato sistema di controllo. La duplicazione in remoto di tutti i parametri di regolazione consente al servizio di assistenza di intervenire in caso di anomalia, o semplicemente per variare, in modo concordato con la Società che gestisce dell'impianto, i parametri di funzionamento. In realtà la competenza degli interventi prevedibili sulla centrale viene ripartita in relazione alle rispettive forniture: la parte di combustione e produzione di olio diatermico è infatti scissa da quella relativa alla produzione elettrica e posta sotto la responsabilità dei rispettivi costruttori. Laddove il servizio sia a livello di cittadinanza (ad esempio il caso del teleriscaldamento), la gestione è riservata ad un altro soggetto che interviene sulla rete e le sottocentrali di utenza.

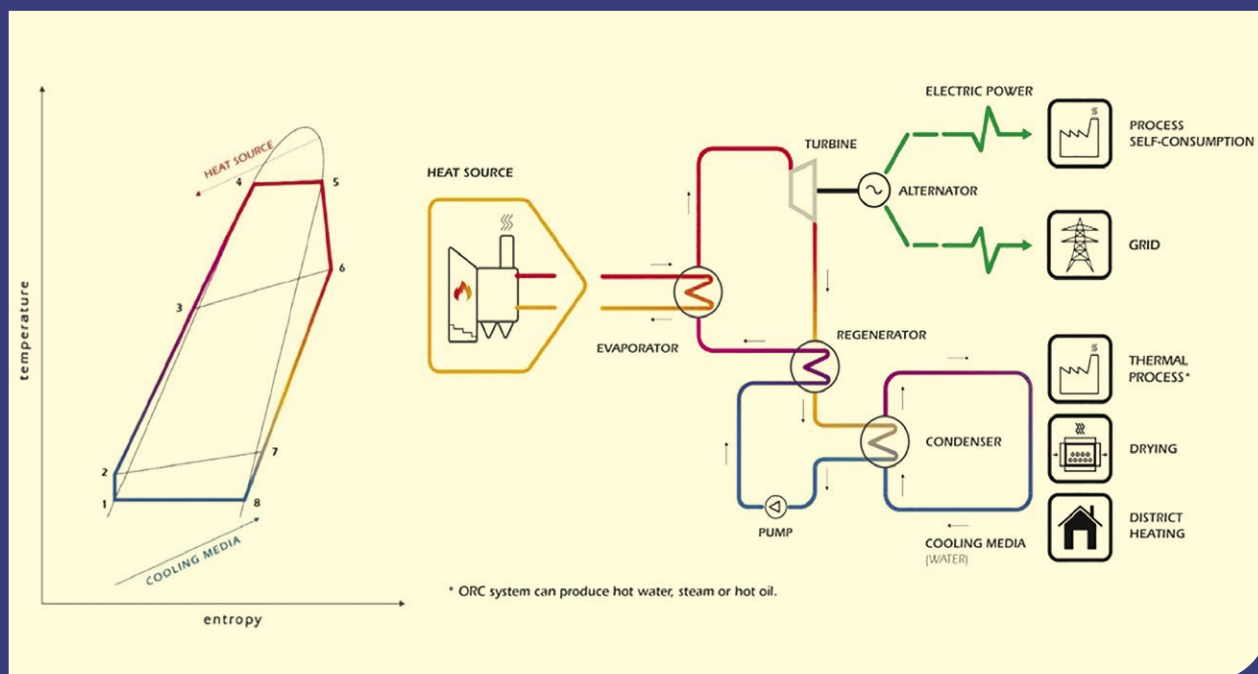
Casi tipici nell'industria alimentare

Vediamo due casi tipici di applicazione di queste tecnologie all'industria della produzione alimentare, o assimilabile ad essa.

La necessità di disporre di vapore è essenziale nel settore della prima trasformazione dei mangimi e degli alimenti, producendo ingredienti tra cui pasti, oli e lecitina, derivati da semi oleosi (soia, girasole e colza) e cereali destinati ad applicazioni nei settori alimentare, farmaceutico, cosmetico, mangimistico, tecnico ed energetico. Una soluzione per la produzione di vapore è l'installazione di un sistema ORC CHP (Cogeneration of Heat & Power) per co-generare circa 1.350 kW di potenza elettrica e 10,5 ton/ora di calore ad alta temperatura (vapore alla pressione di 12 bar) necessari per l'estrazione e la raffinazione dell'olio da semi.

Economia degli impianti ORC

I moduli ORC vengono sempre più utilizzati da alcuni anni in diversi settori di impiego, dove sussiste una consistente possibilità di recupero di calore. In realtà la gran parte delle applicazioni è legata alla combustione della biomassa. L'economicità di questo sistema dipende da molteplici fattori. Il criterio determinante è la disponibilità della biomassa: l'impiego dei moduli ORC risulta infatti interessante qualora il combustibile sia a disposizione in quantitativi sufficienti ed a prezzi bassi. Attualmente i costruttori offrono moduli ORC standardizzati e costituiti in moduli, con potenze elettriche da 300 kWe fino a circa 3000 kWe. In funzione dei rendimenti, sia del modulo ORC che della unità di combustione, risulta necessaria una potenza termica al focolare variabile, all'incirca, fra 2,1 MW e 15 MW per unità. L'investimento in questo tipo di impianti generalmente è ammortizzabile in misura accettabile soltanto se può essere previsto un utilizzo del "cascame termico", risultante dalla condensazione del fluido di lavoro del ciclo termodinamico ORC; si tratta infatti di una cessione di calore obbligatoria e connaturata con il funzionamento del ciclo termodinamico (*ciclo Rankine*). La recuperabilità di questo calore ammonta quantitativamente a circa l'80% della potenza termica in ingresso al modulo ORC e viene realizzato in pratica attraverso l'uso di uno scambiatore di calore con funzione di condensatore "caldo". Infatti, il calore risultante è a disposizione ad una temperatura di circa 80-90°C, livello termico ideale anche per alimentare una rete di teleriscaldamento. Altri possibili utilizzi sono nell'essiccazione del legno o in impianti di lavaggio, ma laddove necessario, un livello termico superiore consente di occupare il campo del vapore tecnologico ad uso dei processi produttivi. Stime effettuate a consuntivo su diversi impianti di questo tipo consentono di affermare che l'investimento in questa tecnologia può essere interessante anche senza la fruizione di incentivi statali



Schema di impianto ORC. A sinistra il grafico del ciclo termodinamico, a destra lo schema di base dell'impianto. Il calore di scarto da processi produttivi viene trasferito al fluido di lavoro del modulo ORC. I fluidi intermedi possono essere olio diatermico, vapore saturo o acqua surriscaldata.



Figura 5 | L'impianto consta essenzialmente di quattro parti: impianto di produzione del calore o del recupero da altri impianti, impianto ad olio diatermico, modulo ORC e apparecchi per l'utilizzo dei cascami termici. (Turboden)



Figura 4 | Un modulo ORC lavora automaticamente, può essere gestito e mantenuto facilmente e ciò implica una richiesta limitata di specializzazione del personale, nonché bassi costi di manutenzione ed esercizio. (Turboden)

Altro caso di utilizzo del vapore si ha nei caseifici, ad esempio per la produzione di latte a lunga conservazione. In questo caso, la tecnologia ORC può adattarsi in modo adeguato al fabbisogno energetico generando circa 700 kW di energia elettrica e una portata di 5 ton/ora di vapore alla pressione di 15 bar necessari per pastorizzare il latte a lunga conservazione.

Conclusioni

Pur presente da diversi anni nel panorama tecnologico della produzione combinata di energia elettrica e calore, grazie all'estrema versatilità nell'utilizzo delle fonti energetiche disponibili, la tecnologia ORC vede oggi un'ulteriore sviluppo nell'industria alimentare, grazie alla possibilità di generazione termica ad alta temperatura (produzione di vapore). La standardizzazione dei moduli aiuta nella fase di progettazione e realizzazione degli impianti. L'affidabilità delle macchine e la semplificazione delle procedure di funzionamento rendono inoltre possibile il completo governo delle apparecchiature anche da remoto.

MA