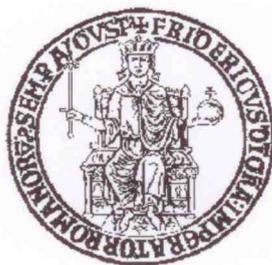


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO**

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

ELABORATO DI LAUREA

**SIMULAZIONE DINAMICA DI UN IMPIANTO SOLARE
TERMODINAMICO BASATO SU COLLETTORI PIANI
EVACUATI E CICLI ORC**

RELATORE

CH.MO PROF. ING FRANCESCO CALISE

CORRELATORE ING. MARCO SCARPELLINO

CANDIDATO

MUOIO RAFFAELLA

MATR. M 67/106

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

Scopo della Tesi

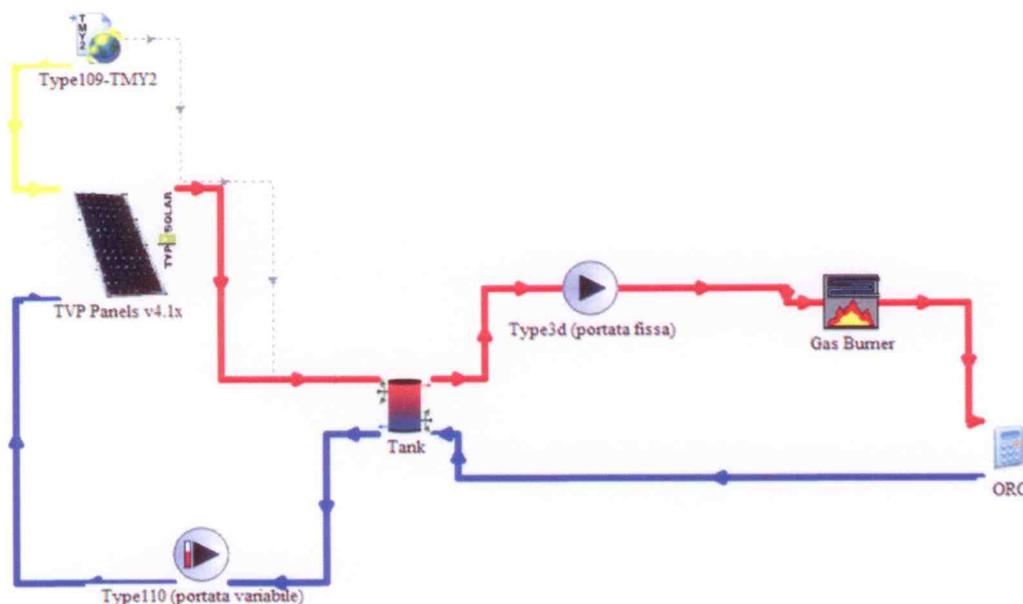
Soddisfare il fabbisogno energetico mondiale attraverso l'utilizzo dei tradizionali combustibili fossili (gas, petrolio, carbone) diviene sempre più difficile, considerando il loro effetto inquinante sull'atmosfera e la loro scarsa disponibilità nel prossimo futuro.

In questo quadro, l'energia prodotta da fonti rinnovabili è fondamentale. Infatti, sono sempre più diffusi nel mondo impianti che riescono a convertire l'energia rinnovabile nell'energia utile richiesta, sia nei processi industriali sia semplicemente per lo svolgimento delle attività domestiche (riscaldamento/raffrescamento degli ambienti, produzione di acqua calda sanitaria, produzione di energia elettrica).

Porgendo particolare attenzione nei dispositivi di conversione dell'energia solare si è analizzato il comportamento di un impianto di generazione dell'energia elettrica basato principalmente sull'integrazione di:

- collettori solari termodinamici di tipo piano evacuato, "TVP Solar", in grado di produrre energia termica;
- una macchina ORC, ENEFCOGEN^{GREEN};
- una caldaia ausiliaria a combustibile fossile che fornisce calore a sostegno dell'ORC;
- serbatoio di accumulo termico stratificato.

In figura lo schema generale dell'impianto:



Schema generale dell'impianto

In particolare, utilizzando la fonte solare per la produzione di energia elettrica, si è fatto riferimento alla possibilità di usare la turbina del ciclo Rankine organico per la generazione di elettricità che ad

oggi rimane fondamentale per sfruttare in molti paesi del mondo la presenza di un intenso livello di radiazione solare.

Il ciclo ORC simulato nell'impianto consta macchina, ENEFCOGEN^{GREEN}, che funziona con una temperatura del fluido in ingresso di 180°C e con una portata fissa di 97 l/min. Il fluido di lavoro è l' R245fa e la potenza nominale della macchina è di 10 kW. Inoltre, il calore latente rilasciato dalla condensazione del vapore, è considerato prevedendo un impianto di cogenerazione a valle del ciclo ORC.

I collettori, "TVP Solar", utilizzati nell'impianto oggetto di studio sono solari termici piani evacuati. Si tratta di collettori che riescono a captare sia la radiazione diffusa che quella diretta. Si è scelta una inclinazione di 30° rispetto all'orizzontale ed un'esposizione verso Sud. Questi pannelli mantengono un'efficienza elevata anche ad alte temperature, senza avere bisogno di un sistema a concentrazione.

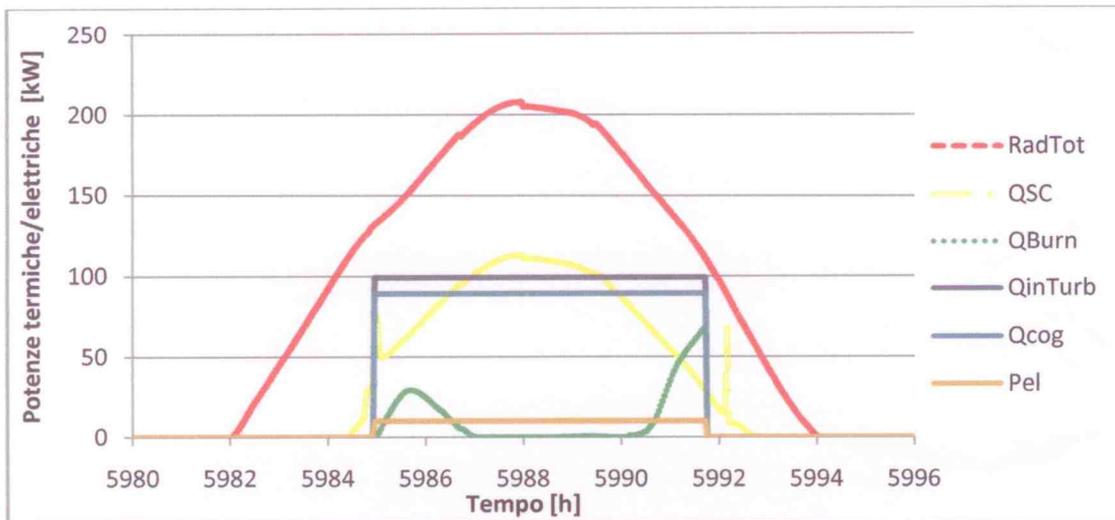
Per poter avere risposte in tempo reale sulle performance dell'impianto si è utilizzato il software TRNSYS, un programma di simulazione dinamica pensato per l'analisi delle prestazioni di sistemi energetici. L'impianto così modellato è costituito da una serie di componenti i cui modelli matematici di base derivano sia dalla libreria standard del software TRNSYS sia da modelli elaborati esternamente e poi implementati.

I componenti vengono collegati tra loro in modo opportuno, al fine di poter simulare le prestazioni e il funzionamento dell'impianto, e sono definiti tutti i parametri di input/costanti e mediante i modelli alla base di ogni componente è possibile ottenere e visualizzare in modo dinamico i parametri di output oggetto di interesse.

Le analisi svolte hanno mostrato un significativo e potenziale risparmio energetico.

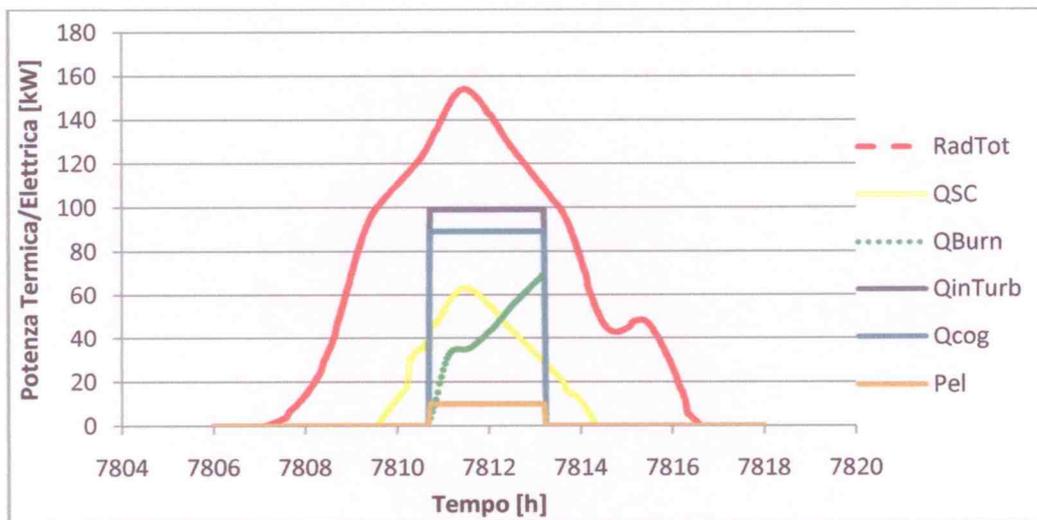
Il motivo principale di tale risparmio risiede nella possibilità di massimizzare il fattore di utilizzazione dell'energia termica in uscita al condensatore del ciclo ORC, soprattutto durante l'estate, comportando notevoli risparmi di energia termica prodotta mediante i sistemi tradizionali.

Anche i risparmi di energia elettrica, utilizzata per alimentare i dispositivi elettrici dell'impianto, e i rispettivi ritorni economici quando tale energia è ceduta alla rete, comportano un soddisfacente risultato.



Funzionamento estivo

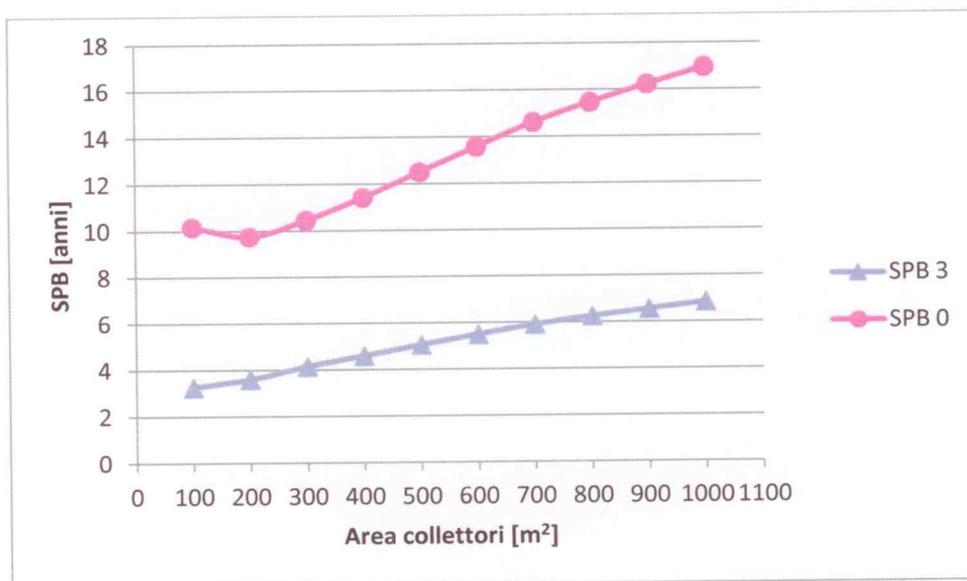
Di contro il funzionamento invernale è meno soddisfacente, poiché le produzioni termiche dei pannelli solari diminuiscono, anche se non drasticamente come accadrebbe per i CTP. Ciò deriva dall'utilizzo di collettori piani, in grado di convertire anche la radiazione diffusa oltre che quella diretta che periodo invernale è decisamente inferiore rispetto il periodo estivo. In tale periodo la quantità di calore prodotta dai pannelli non è sempre sufficiente per fornire all'olio diatermico la temperatura utile al ciclo ORC, la cui attivazione avviene esclusivamente grazie all'energia termica fornita dalla caldaia ausiliaria a metano. Trattandosi di una caldaia alimentata da combustibile fossile, fonte non rinnovabile, ne consegue un aumento dei costi della gestione con una riduzione del risparmio economico annuale.



Funzionamento estivo

Per quanto riguarda gli indici economici, Figura sottostante, risultati soddisfacenti per quanto concerne il tempo di ritorno semplice, SPB, si sono raggiunti considerando gli incentivi in conto

energia sull'energia elettrica prodotta, ma soprattutto imponendo un fattore di utilizzo unitario dell'energia termica in eccesso al condensatore (SPB 0). Imposizione che per ora non può essere ancora resa effettiva perché nella zona in cui è prevista la costruzione di questo impianto non è ancor noto il fabbisogno termico reale della probabile utenza residenziale, in quanto lo scopo di tale sistema è quello di alimentare un'attività industriale, per la quale l'energia termica in eccesso potrebbe essere usata per il riscaldamento degli ambienti, ma ne sarebbe sfruttata comunque solo una piccola parte.



Andamento SPB con incentivi

Risultati ancor migliori si sono ottenuti considerando un ulteriore incentivo in conto energia (SPB 3), questa volta però sull'energia termica prodotta, di 0.20 €/kWh, che ha permesso di raggiungere SPB anche inferiori a 4 anni. Il problema è che questo tipo di incentivazione non esiste in Italia in questo momento, ma se venisse istituita renderebbe il sistema simulato in questo elaborato di tesi veramente soddisfacente.