

Titolo:	Caso studio
Data:	Marzo 2014
Descrizione:	Integrazione di un impianto solare con superficie di 1.000 mq a servizio della rete di teleriscaldamento dell'utility BEA (Brianza Energia e Ambiente) di Desio.
Autore:	Riccardo Borsatti – riccardo.borsatti@polimi.it
Co-autore:	Marco Calderoni – marco.calderoni@polimi.it
Lingua:	Italiano
Versione:	1.2

Sommario

1	Introduzione.....	2
2	Descrizione della rete di teleriscaldamento (TLR) di BEA	5
3	Impianto solare proposto	8
4	Benefici dell'impianto	10
5	Aspetto economico	11

Introduzione

1.1 Applicazioni del solare termico

Il mercato del solare termico è in larga parte costituito da piccoli sistemi per acqua calda sanitaria (circa il 90%) e, in alcuni casi, anche per riscaldamento degli ambienti. Poco spazio trovano, ad oggi, gli impianti solari termici di grande taglia, nonostante sia stato più volte calcolato un potenziale enorme per l'utilizzo del solare termico in applicazioni speciali, come la produzione di calore di processo a bassa e media temperatura in alcuni settori industriali, il raffrescamento degli ambienti utilizzando macchine ad assorbimento (solar cooling), oltre che al suo impiego nelle reti di teleriscaldamento.

Sotto il profilo tecnico si tratta di impianti più estesi e non sempre standardizzabili come i sistemi per acqua calda sanitaria ad uso residenziale. Per questo motivo necessitano di una progettazione *ad hoc*.

1.2 Il solare termico nelle reti di teleriscaldamento

1.2.1 Impianti centralizzati e distribuiti

L'integrazione di un impianto solare termico in una rete di teleriscaldamento può avvenire secondo due principali modalità: centralizzata e distribuita.

Negli impianti centralizzati, comuni soprattutto in Austria, Danimarca, Germania e Svezia, il campo solare termico, attraverso un suo circuito, è collegato direttamente alla centrale di produzione, dove altre fonti energetiche, come unità cogenerative alimentate a gas o biomassa, contribuiscono a soddisfare il fabbisogno termico della rete. È frequente che impianti di questo tipo siano realizzati e gestiti dallo stesso soggetto che ha la responsabilità anche dell'intera rete di teleriscaldamento, ovvero l'azienda locale che si occupa della gestione dell'energia. Il concetto di impianto centralizzato si riferisce quindi alla connessione idraulica e non alla posizione dei collettori solari che può essere di carattere distribuito.

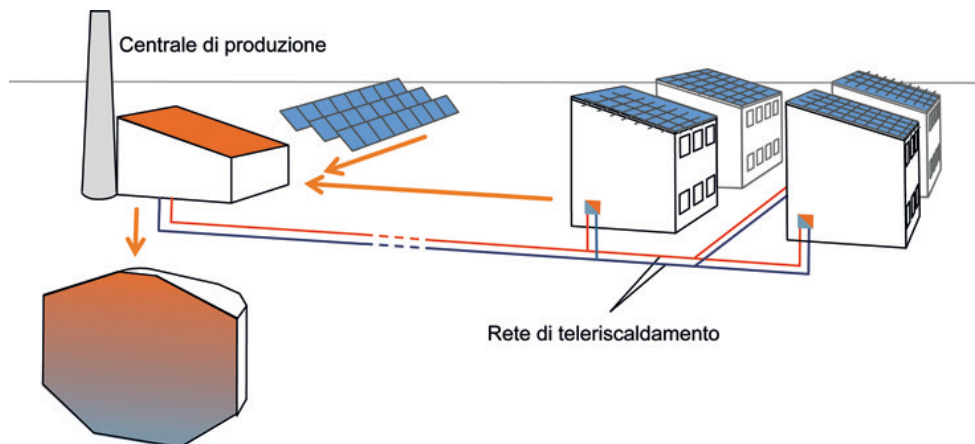


Figura 0-1 Impianto solare centralizzato in rete di teleriscaldamento (fonte: Solites, www.solites.de)

L'impianto si dirà invece *distribuito* quando alimenta la rete di teleriscaldamento senza passare per la centrale termica generale. Negli impianti distribuiti, spesso è la rete stessa che viene utilizzata come accumulo di calore; questo è dovuto al fatto che il solare, nella maggior parte dei casi, fornisce solo una piccola parte della domanda complessiva di calore e il volume di acqua contenuto nella rete è sufficiente ad immagazzinare il calore solare fornito.

È importante sottolineare che la soluzione dell'impianto distribuito, che potrebbe minimizzare le perdite di calore, è però attuabile solo in presenza di valori di pressione e temperatura della rete compatibili con i parametri di funzionamento dell'impianto solare.

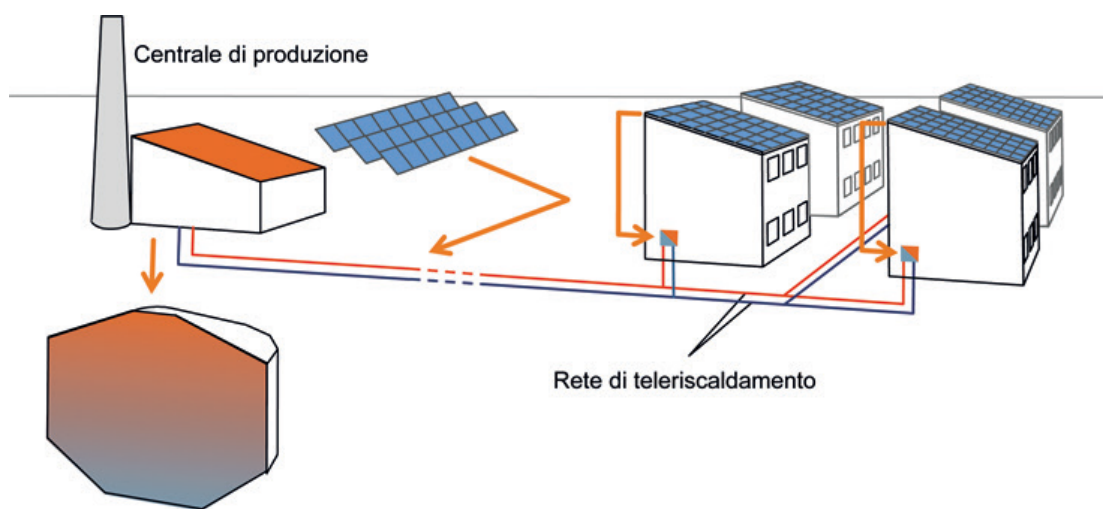


Figura 0-2 Impianto solare distribuito in rete di teleriscaldamento (fonte: Solites, www.solites.de)

1.2.2 Connessione alla rete negli impianti distribuiti

Per gli impianti distribuiti si possono individuare tre principali modalità di connessione con la rete.

La prima è chiamata *alimentazione dal ritorno alla mandata* (*feed-in return – flow*): qui l'impianto solare deve operare in modo che la sua portata sia regolata in maniera tale da ottenere la temperatura di mandata della rete. Questa tipologia di integrazione del solare è generalmente accettata dai gestori delle reti, dal momento che non modifica la temperatura di ritorno sulla linea e inoltre il costo della pompa è a carico di chi realizza l'impianto solare.

La seconda modalità, detta *alimentazione dal ritorno al ritorno* (*feed-in return – return*), prevede invece che il solare prelevi calore e lo restituisca sulla linea del ritorno; in questo modo si garantiscono le minime temperature di funzionamento per i collettori solari e, di conseguenza, la loro massima efficienza. In questo caso le perdite di carico delle tubazioni e dello scambiatore di calore sono coperte dalle pompe di rete già presenti, e, soprattutto, il circuito solare può lavorare a portata costante. Questa modalità tuttavia può risultare poco favorevole per il gestore della rete, poiché è necessario intervenire sul controllo della portata allo scambiatore di calore proveniente dal circuito solare e anche perché l'aumento della temperatura di ritorno aumenta le dispersioni termiche e può diminuire l'efficienza degli altri generatori di calore alimentati proprio dalla linea di ritorno, tipicamente i cogeneratori.

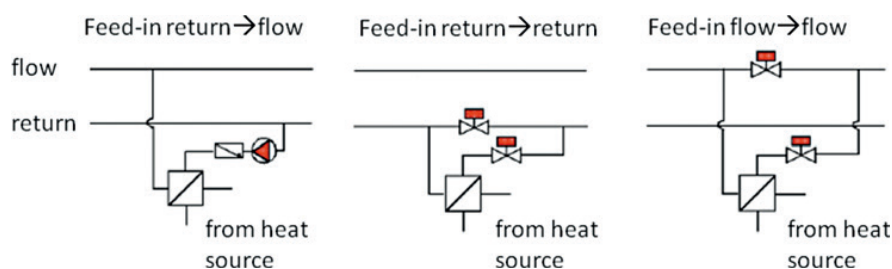


Figura 0-3 Integrazione idraulica del solare termico in una rete di teleriscaldamento (fonte: Solar District Heating)

L' *alimentazione dalla mandata alla mandata* (*feed-in flow – flow*), è la terza modalità operativa e anche quella meno utilizzata, in quanto comporta temperature di funzionamento più elevate, peggiorano l'efficienza dei collettori solari termici.



Se la rete viene impiegata come accumulo termico, è evidente che anche la temperatura di ritorno tenderà ad aumentare durante il funzionamento dell'impianto solare. Per garantire un funzionamento efficiente, la temperatura di ritorno deve essere mantenuta più bassa possibile la mattina, prima che il solare cominci ad alimentare la rete. Nel tardo pomeriggio, dato l'incremento della temperatura di ritorno e la diminuzione dell'irraggiamento solare, potrebbe essere necessario effettuare il by-pass dell'impianto solare.

In inverno è fondamentale considerare il fatto che la temperatura di mandata sulla rete possa salire fino a $90 \div 100$ °C e anche oltre. Nonostante i collettori solari possano raggiungere queste temperature anche in inverno, per non ridurre troppo l'efficienza di conversione energetica, è consigliabile far funzionare il sistema tra 60 °C e 80 °C. Se questo risulta impossibile, il calore solare può in alcuni casi essere utilizzato direttamente come alimentazione di alcuni edifici.

La fermata di parte della rete per lavori di manutenzione può essere causa di stagnazione dell'impianto solare termico (evaporazione del liquido all'interno dei collettori). Per questo motivo tutti i fermo-impianto dovrebbero essere programmati nel momento in cui non sia prevista integrazione di calore dal solare verso la rete, ovvero quando non ci sia disponibilità della radiazione solare. Un'alternativa è quella di utilizzare accumuli già presenti, in cui scaricare temporaneamente l'energia termica proveniente dai collettori solari.

2 Descrizione della rete di teleriscaldamento (TLR) di BEA

2.1 Lunghezza

La rete di distribuzione del teleriscaldamento di BEA si estende per circa 28 km (comprensivi di mandata e ritorno) tra i comuni di Desio (sede della centrale che serve l'impianto), Bovisio Masciago e Varedo. Il diametro delle condotte è decrescente; partendo dal DN 400 in uscita dalla Centrale, si arriva a diametri minimi come DN 32 per gli allacciamenti delle utenze più piccole.

2.2 Impianti di generazione

La centrale attuale è composta da un termovalorizzatore: la combustione dei rifiuti produce energia termica che alimenta una caldaia; il vapore prodotto in caldaia fa girare una turbina e un alternatore. In questo modo il calore di spillamento dalla turbina alimenta la rete di teleriscaldamento. Sono presenti inoltre delle caldaie di



integrazione e riserva a gas metano (solo in casi di indisponibilità di calore da cogenerazione).

La potenza totale installata da spillamento è di circa 30 MW termici (max). Sono inoltre presenti anche dei sistemi ausiliari, in grado di fornire rispettivamente 7.200 kW dall'accumulo e 30 MW da caldaie a gas metano.

2.3 Temperature e portate

I parametri che maggiormente influenzano il comportamento di un impianto solare all'interno di una rete di teleriscaldamento sono la temperatura di mandata, quella di ritorno e la portata della rete stessa. Questi valori sono stati forniti da BEA con cadenza bi-oraria e inseriti successivamente come input nel modello di simulazione sviluppato. Si sottolinea come il valore della temperatura di ritorno nel periodo estivo, utilizzato anche nelle simulazioni, sia una stima di quello previsto a seguito delle future modifiche alla rete (dal 2014).

Per maggiore chiarezza di visualizzazione si riportano in tabella le temperature e le portate nominali presenti nella rete di TLR nelle due differenti stagioni termiche e nei momenti di minima e massima richiesta.

	U.M.	INVERNO	ESTATE
Tmandata	°C	91	92
Tritorno	°C	68	70
Portata (nominale)	m ³ /h	550	250
Portata (max)	m ³ /h	700	-
Portata (min ¹)	m ³ /h	300	-

2.4 Profilo di consumo

Il profilo di consumo differisce a seconda della tipologia di utenza (asilo, condominio, palestra...) e della stagione termica.

Per quanto riguarda la stagione estiva è possibile ipotizzare un prelievo pressoché costante di calore dalla rete, in quanto dovuto solamente al consumo di acqua calda per usi sanitari.

Per il funzionamento invernale il profilo di un giorno tipo è mostrato nella figura seguente:

¹ Dalle 22 alle 6 è il periodo in cui si ha la minore richiesta di energia termica



Figura 2-1 Profilo di consumo invernale

2.5 Consumo annuo

Il consumo annuo, e di conseguenza l'energia immessa in rete nel periodo che va da novembre 2012 a ottobre 2013, risulta pari a 49 GWh, mentre l'energia venduta è di circa 38 GWh. Questo porta a valutare l'entità delle dispersioni di rete e a quantificarle in 11 GWh (pari al 23% dell'energia prodotta).

Impianto solare proposto

2.6 Scelte progettuali operate

La scelta progettuale studiata riguarda l'installazione di un campo solare termico posizionato a terra con superficie lorda pari a 1.000 mq. Data l'entità della superficie dei collettori solari rispetto alle dimensioni ben più grandi della rete di teleriscaldamento, è possibile integrare il calore prodotto dall'impianto solare direttamente nella rete. Tuttavia, visto che è già presente un accumulo da 800 m³, è pensabile e possibile prendere anche questa seconda strada, fermo restando la necessità di intervenire sulla logica di controllo di carico/scarico del serbatoio stesso per garantire un buon funzionamento dell'impianto solare. E' stato simulato un impianto con immissione diretta del calore in rete, senza entrare nel merito della logica di controllo che governa lo scarico e il carico dell'accumulo. I risultati energetici sono quindi stati decurtati di un valore stimato in base all'esperienza per tenere conto delle dispersioni del serbatoio. Verranno illustrati i risultati per entrambe le soluzioni.

2.7 Posizionamento dei collettori

Vista la possibilità di disporre di un'area di proprietà di BEA nei pressi della centrale, si prevede di installare un campo solare a terra.



Figura 0-1 Impianto con collettori solari installati a terra (foto: Riccardo Battisti)

Poiché si tratta di impianti di grande dimensione, si utilizzano solitamente collettori pre-assemblati di grande taglia, con superficie di apertura compresa tra 10 m² e 15 m². Il fatto di adottare una tale scelta permette di diminuire in maniera considerevole il numero di collettori, consentendo al tempo stesso un risparmio non indifferente di tubazioni e accessori di collegamento, oltre alla minore manodopera di installazione e alla necessità di successivi interventi di manutenzione.

Dal momento che i collettori saranno installati a terra è necessario disporre più file parallele, prendendo in considerazione le cosiddette *aree di rispetto*; questo per evitare il rischio di mutuo ombreggiamento tra le file stesse. La minima distanza tra una fila e la successiva dipende dall'angolo di inclinazione con cui sono installati i collettori, dalla loro altezza, e anche dalla latitudine del sito. Alle nostre latitudini e con angoli di inclinazione intorno ai 30°, la distanza tra le file deve essere pari ad almeno due volte l'altezza dei collettori. Nella stima dell'ingombro complessivo di un impianto, si può quindi considerare, per ogni m² di collettori installati, una superficie occupata lorda compresa tra 2,5 m² e 3,5 m².

La figura sottostante mostra un esempio di calcolo in Danimarca in cui:

- *optimum tilt* indica l'angolo di inclinazione ottimale;
- *losses due to shadows* presenta la diminuzione percentuale di resa, rispetto al valore massimo, dovuta all'ombreggiamento reciproco tra le file.
- sull'asse delle ascisse, infine, viene riportato il rapporto tra la distanza tra le file e l'altezza di un singolo collettore

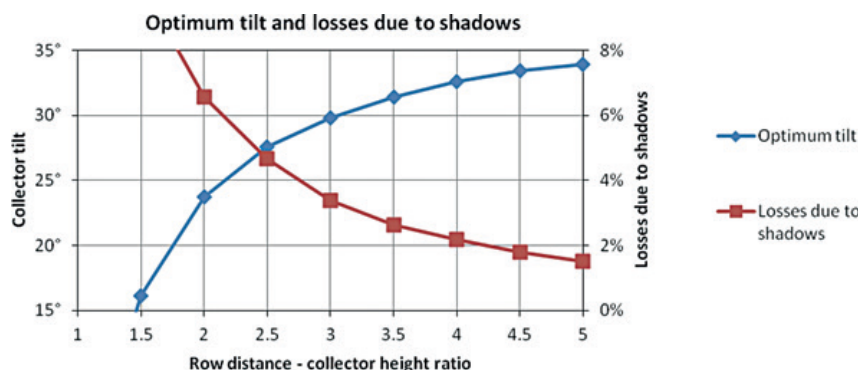


Figura 0-2 Angolo di inclinazione ottimale e perdite energetiche per ombreggiamento reciproco tra file in un esempio in Danimarca (fonte: Solar District Heating Guidelines, www.solar-district-heating.eu)

2.8 Posizionamento dell'accumulo

Non è prevista l'installazione di un nuovo accumulo dedicato al campo solare.

2.9 Integrazione della rete TLR

L'integrazione dell'impianto solare termico è diretta sulla tubazione di ritorno alla centrale, attraverso uno scambiatore di calore adeguatamente dimensionato, come mostrato in figura.

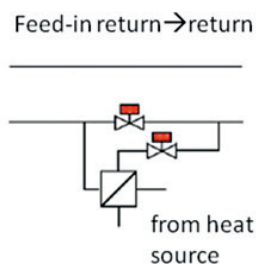


Figura 0-3 Integrazione idraulica del solare termico nella rete di teleriscaldamento dal ritorno al ritorno (fonte: Solar District Heating)

La seconda possibilità è quella di collegare il campo solare all'accumulo esistente per poi fornire energia alla rete di teleriscaldamento quando ritenuto opportuno.

3 Benefici dell'impianto

In questa sezione sono presentati i risultati delle simulazioni fatte mediante il software di simulazione in regime dinamico TRNSYS.

3.1 Energia solare prodotta, efficienza, copertura solare

Nella tabella sottostante si riassumono i risultati su base annua, con e senza accumulo, per quanto riguarda l'efficienza energetica del sistema, l'energia prodotta e la percentuale di copertura solare.

		senza accumulo	con accumulo
Esol	MWh	412	377
E _{ta} _{impianto}	%	32	25
f _{sol}	%	0.83	0.77

Figura 3-1 Risultati simulazioni del campo solare

I valori relativi all'utilizzo del pre-esistente accumulo da 800 m³ sono stati calcolati sottraendo la quota dovuta alle dispersioni termiche del serbatoio, quantificate come il 15% dell'energia solare disponibile nel primo caso.

3.2 *Eventuali criticità*

Come descritto nel paragrafo 3.1, è possibile adottare la soluzione che prevede l'utilizzo del serbatoio da 800 m³ già installato presso la centrale; la fattibilità di questa seconda ipotesi richiede tuttavia una attenta valutazione della strategia adottata per il controllo del serbatoio di accumulo. Essa potrebbe dover essere modificata rispetto a quella attuale per sfruttare al meglio il contributo dell'impianto solare termico.

4 **Aspetto economico**

Il costo di investimento di un impianto può essere suddiviso in diversi componenti, soprattutto per meglio evidenziare l'importanza delle varie voci di costo. Le principali sotto-voci da considerare sono le seguenti:

- collettori solari, comprensivi di strutture di supporto e tubazioni di collegamento;
- terreno o tetto;
- accumulo (se presente);
- tubazioni di trasmissione tra campo collettori, accumulo e rete (o centrale di produzione);
- fluido antigelo;
- elementi impiantistici quali scambiatori di calore, pompe, vasi di espansione, valvole, dispositivi di sicurezza, regolazione e controllo, ecc.;
- recinzioni, livellamento del terreno, opere edili, ecc.;
- manodopera di installazione (comprensiva di tubazioni);
- dimensionamento, progettazione e ottimizzazione in fase di esercizio.

Vediamo in dettaglio l'analisi economica per il caso di studio in oggetto.

4.1 Stima di massima dell'investimento

L'analisi economica è stata predisposta partendo dalla stima dell'investimento predisposta da BEA, sulla base delle offerte ricevute da fornitori di tecnologia per la necessaria quantità di collettori solari, quantificando anche le spese per la posa e messa in opera. Il costo ammonta a 267 €/m². In base alle esperienze con impianti solari termici integrati in reti di teleriscaldamento di taglie comparabili realizzati all'estero, il costo di investimento specifico può essere stimato in 200 ÷ 400 €/m² (per collettori installati a terra). I valore stimato sulla base delle offerte ricevute da BEA risulta quindi in linea con tali valori, collocandosi nella fascia inferiore della forbice.

Nello studio di questo impianto solare termico si considera una superficie lorda di 1.000 m². Il costo del campo collettori è stimato quindi in 267.000 €. L'installazione a terra richiederebbe circa 2.500 m² di suolo. Il costo per la dorsale che collega la centrale al campo solare è stimato in 50.000 €; sommando le due componenti si ottiene il costo totale del campo solare pari a 317.000 €.

La presenza di incentivi nazionali, in particolare del "Conto Energia Termico", è una voce non trascurabile dell'intero investimento, in quanto sono previsti 55 €/m² per 1.000 m² di campo solare termico, che si traducono quindi in 275.000 € in 5 anni.

Considerando quindi anche quest'ultima e importante voce, l'investimento netto complessivo dell'impianto, al termine dei 5 anni risulterà di 42.000 €.

Il calore solare prodotto permette di destinare una quota parte maggiore di energia termica alla turbina per la produzione di energia elettrica. Il guadagno dovuto all'aumento di produzione di energia elettrica, è stimato da BEA in 9.300 € annui.

		senza accumulo
Investimento complessivo	€	317.000
Incentivo complessivo	€	275.000
Maggiori introiti da vendita energia elettrica	€	9.300
Tempo di ritorno semplice	a	4,5

Figura 4-1 Risultati economici