

## Il mare: una fonte energetica rinnovabile per la climatizzazione edilizia

L'uso estensivo di pompe di calore che utilizzino il mare come sorgente termica, in un paese come l'Italia caratterizzato da 7500 km di coste che ospitano il 30% degli insediamenti urbani, può concorrere a ridurre drasticamente le emissioni di gas ad effetto serra prodotti dagli impianti di climatizzazione (riscaldamento e raffreddamento) delle strutture edilizie situate in prossimità della costa. Il mare è, infatti, un grande volano energetico che in inverno mantiene temperature medie superiori a quelle medie dell'aria e si comporta in maniera opposta d'estate. In queste condizioni le pompe di calore raffreddate o riscaldate dall'acqua di mare, invece che dall'aria, hanno rendimenti tali da costituire un'alternativa economica, anche dal punto di vista dell'impatto ambientale, ai sistemi di riscaldamento e climatizzazione basati su sistemi a combustione.

Il presente studio fa parte di un'attività svolta dall'Area della Ricerca del CNR di Genova a supporto di un raggruppamento di PMI liguri che si propone di avviare un'attività economica in Liguria nel settore in questione. L'Area della Ricerca di Genova ha particolari competenze in tema di teleriscaldamento, disponendo di impianti collegati alla rete cittadina e si è avvalsa, per fornire supporto al raggruppamento industriale, delle competenze esistenti presso alcuni organi ad essa afferenti ed in particolare: l'Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli (ICMM), l'Istituto per l'Automazione Navale (IAN) e l'Istituto per lo Studio dell'Oceanografia Fisica (IOF). L'Area della Ricerca di Genova vanta anche la realizzazione di un impianto di climatizzazione con pompa di calore ad acqua di mare, installato presso il laboratorio a mare di Camogli dell'Istituto di Cibernetica e Biofisica del CNR.

Ci si riferisce qui, in particolare, alla situazione della Liguria: l'uso diffuso di questi sistemi nella regione potrebbe condurre a risparmiare circa 600.000 tep/anno solo per la fase di riscaldamento invernale, con molti vantaggi economici per gli utenti degli impianti.

### 1. Il caso ligure

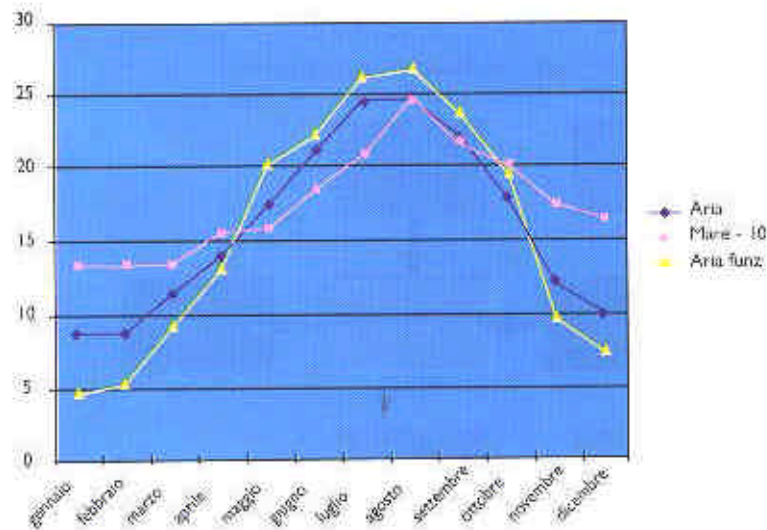


FIGURA 1: Temperature medie mediate nei mesi

La Liguria possiede oltre 300 km di litorale e l'80% dell'urbanizzazione è concentrata in una striscia di circa un chilometro tra la costa e l'entroterra.

Si può stimare che in questa striscia di territorio siano insediati circa 300.000.000 mc di edifici e strutture edilizie destinati ad abitazioni, attività industriali e commerciali, attività turistiche ed attività agricole al coperto.

L'energia spesa per riscaldare, nel periodo invernale, gli insediamenti di cui sopra si aggira attorno ai 700.000 tep, cioè circa 8000 Gwh termici.

Dal punto di vista meteomarinario, il golfo ligure è caratterizzato dalla presenza di una corrente costante per tutto il periodo dell'anno che lambisce la costa, provenendo da sud, da est verso ovest, a velocità che vanno dai 10 ai 30 cm/sec. Questa corrente produce un afflusso continuo di acqua relativamente calda che è responsabile del clima temperato della regione, reso tale anche dalla presenza della catena degli Appennini che lo proteggono dalle correnti atmosferiche settentrionali.

La temperatura del mare ad una profondità media di 10 m, in una fascia larga un km lungo la costa, nei mesi invernali (novembre-marzo) è superiore di circa 5° C rispetto alla media delle temperature giornaliere

dell'aria. Ciò significa che la fascia di mare larga un chilometro e profonda in media 20 m che si affaccia alla costa contiene una disponibilità di energia termica pari a circa 25000 Gwh, oltre 2.000.000 tep, in disequilibrio termico rispetto all'aria. Si ha, cioè, una disponibilità energetica molto superiore a quella richiesta per il riscaldamento edilizio, a temperatura relativamente alta rispetto all'aria.

Si deve osservare che anche la sottrazione totale di questo calore alla massa d'acqua non avrebbe influenza sensibile sulla temperatura del mare in quanto, proprio per effetto della presenza della corrente marina costante est-ovest, l'acqua del Golfo ligure si ricambia completamente in 300-400 ore.

La fig. 1 mostra l'andamento medio delle temperature dell'acqua del mare in Liguria ad una profondità di 10 m, comparato con le medie della temperatura dell'aria mediate nell'arco del mese e

con le medie delle temperature dell'aria (Aria funz.) riferite ai periodi della giornata nei quali sono accesi gli impianti di climatizzazione (tipicamente dalle ore 6 alle 10 e dalle 16 alle 22 in inverno e dalle 10 alle 22 in estate).

Le temperature della fig. 1 sono mediate tra molti rilevamenti effettuati negli anni 1994, '95 e '96 in diverse località; esse devono essere considerate come valori di riferimento generali, in quanto da località a località e da anno ad anno i valori medi possono discostarsi sensibilmente da quelli riportati.

Limitandosi ad esaminare la situazione invernale, si può osservare che se si adotta come sistema di riscaldamento la pompa di calore, questa deve innalzare la temperatura della sorgente di 5-8 °C se utilizza il mare e di 15-18 °C se utilizza l'aria. Questa situazione rende la pompa di calore ad acqua di mare economicamente ed energeticamente competitiva con i sistemi di riscaldamento a combustione, come vedremo nel seguito.

## 2. La pompa di calore

La pompa di calore è una macchina diffusissima ed a tecnologia consolidata; essa è un sistema che realizza un ciclo frigorifero. I frigoriferi domestici ed anche quelli industriali, così come gli impianti di condizionamento estivi, funzionano con pompe di calore che trasportano calore da un ambiente ad un altro che si trova a più alta temperatura. Questo trasporto è realizzato utilizzando energia che nella stragrande maggioranza dei casi è in forma elettrica.

Temperatura del pozzo termico °C

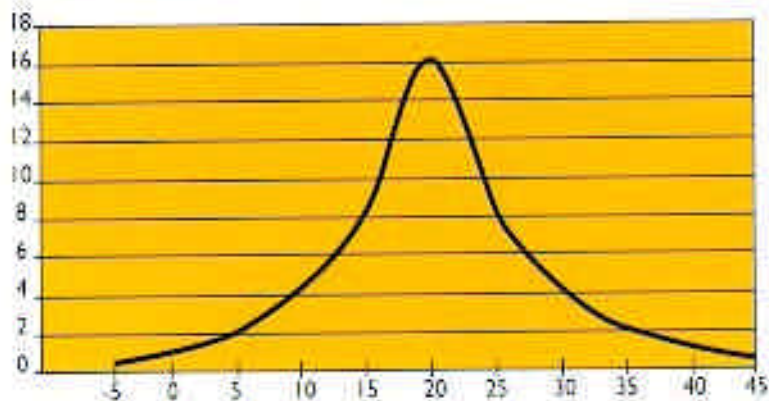


FIGURA 2: COP di un impianto tipico commerciale che immette o assorbe calore da un ambiente a 20 °C

L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal Coefficiente di Prestazione (COP) definito come rapporto tra la quantità di calore trasportato e la quantità di energia spesa per trasportarlo. Il COP di una pompa di calore risente moltissimo della differenza di temperatura alla quale si trovano i due ambienti tra i quali il calore deve essere trasportato.

La fig. 2 riporta, per una tipica pompa di calore commerciale di dimensioni medie industriali, l'andamento del COP nelle condizioni in cui un ambiente voglia essere mantenuto alla temperatura di 20 °C, avendo a disposizione pozzi termici da cui pompare o in cui pompare a temperature differenti.

Analizzando questo grafico si capisce perché non convenga usare pompe di calore ad aria per il riscaldamento invernale. Infatti, se la temperatura esterna è attorno a 5 °C, il COP risulta attorno a 2.

Ciò significa che per trasportare due unità di calore dell'aria all'ambiente da riscaldare si deve spendere un'unità di lavoro. Poiché questo lavoro è realizzato sotto forma di energia elettrica e per produrlo, all'origine si devono avere a disposizione circa tre unità di calore da combustione, è sicuramente conveniente riscaldare direttamente da combustione. Le cose peggiorano drammaticamente se la temperatura è attorno allo zero o addirittura più bassa. Ma se si ha a disposizione un pozzo termico con temperatura più elevata, così come è per il mare che al minimo è a 13 °C, il COP che ne risulta è circa a 5, quindi, con un consumo per la produzione elettrica di tre unità di calore se ne trasportano cinque. Il vantaggio energetico, ambientale in termini di rilascio e, in ultima analisi, economico, rispetto alla combustione diretta, è di circa il 40%.

Nel caso del condizionamento estivo è altrettanto evidente il vantaggio dell'uso del mare come pozzo termico. La temperatura del mare attorno ai 25 °C assicura un COP di circa 8, mentre quella dell'aria attorno ai 30 °C ne permette uno di circa 4.

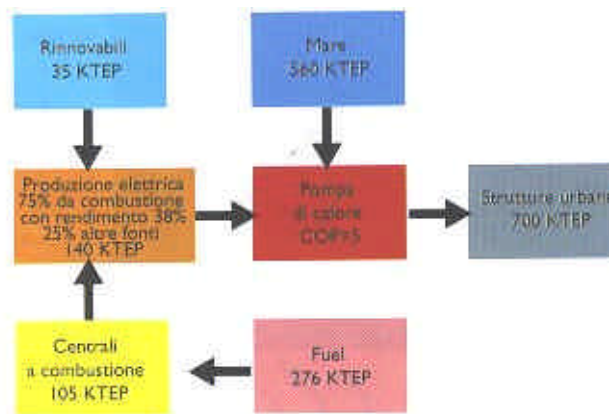


Fig. 3 Flussi di energia invernali con uso estensivo delle pompe di calore nel caso della Liguria

### 3. Bilanci e convenienze economico-ambientali nel caso della Liguria

Riferiamoci, ora, al caso della Liguria e ci si ponga nell'ipotesi che tutto il riscaldamento invernale richiesto (700.000 tep) sia realizzato pompando calore dal mare.

Lo schema della fig. 3 mostra i flussi di energia necessari a pompare 700 ktep alle strutture urbanistiche nelle ipotesi di un COP medio pari a 5 e di una produzione elettrica del tipo di quella ENEL che genera da combustione circa il 75% della produzione con un rendimento medio del 38%, mentre il restante 25% deriva da altre fonti (idroelettriche, rinnovabili e nucleare di importazione).

Come risulta, per portare 700 ktep alle strutture urbane, con questa soluzione si utilizzano soltanto 276 ktep di combustibile all'origine, mentre se si realizza il riscaldamento con soli sistemi a combustione, tenuto conto dei rendimenti medi delle piccole caldaie da riscaldamento che difficilmente superano l'80%, si dovrebbero usare 875 ktep di combustibile. In termini di emissioni, questa soluzione riduce l'effetto del 68%. L'efficacia ambientale di questa tecnologia appare evidente.

Dal punto di vista economico degli utenti dei sistemi di riscaldamento, un calcolo preciso dovrebbe essere fatto caso per caso dipendendo dai contratti personalizzati di fornitura dell'energia elettrica, del gas naturale e dei combustibili.

Si possono, tuttavia, fare considerazioni di carattere generale la cui validità non può essere impugnata.

Un tep è corrispondente a circa 1.000 metri cubi di metano il cui costo commerciale, per gli usi di riscaldamento, è pari a circa 1.000.000 di lire. La bolletta complessiva per il riscaldamento della porzione urbana di cui si sta trattando è pari a circa 875 miliardi di lire se si utilizza la combustione diretta.

Se si utilizza il pompaggio di calore, la bolletta energetica è relativa al prezzo da pagare per 140 ktep di energia elettrica che corrispondono a circa 1400 milioni di kwh. Considerando come prezzo di acquisto dell'energia elettrica quello relativo agli usi domestici che vale circa 250 lire kwh, si raggiunge un costo di 350 miliardi di lire, meno della metà di quanto si spende utilizzando direttamente la combustione.

Le considerazioni che precedono possono essere applicate anche quando si voglia realizzare il raffrescamento estivo, tenuto conto che il pompaggio in mare realizza un'economia energetica attorno al 50% rispetto al pompaggio in aria.

A questo proposito si deve osservare, e la cosa è di importanza notevole, che lo stesso impianto utilizzato per il raffrescamento estivo viene utilizzato per il riscaldamento invernale mediante la semplice apertura e chiusura di alcune valvole.

Il palazzo Ansaldo alla Fiera del Mare di Genova è riscaldato e raffreddato mediante pompaggio di calore dal mare. L'impianto è operativo da oltre 17 anni

#### **4. Il progetto CLIMARE per il Comune di Moneglia**

Il CNR, utilizzando le competenze tecnologiche che esistono presso l'Area della Ricerca di Genova e presso gli Istituti ICMM (Istituto per la Corrosione Marina dei Metalli), IAN (Istituto per l'Automazione Navale) e IOF (Istituto per lo Studio dell'Oceanografia Fisica), ha supportato lo studio di fattibilità del Progetto "CLIMARE", eseguito da un raggruppamento di Piccole e Medie Imprese (PMI) liguri e dal Comune di Moneglia (Provincia di Genova).

Il Progetto "CLIMARE", che è all'attenzione del Servizio Energia della Regione Liguria per l'ottenimento di un contributo economico alla realizzazione, prevede la messa in opera di un'infrastruttura comunale di teleclimatizzazione a pompe di calore utilizzando il mare come sorgente.

La realizzazione prevede l'installazione di uno scambiatore di calore in mare, ad una certa distanza dalla costa, e la circolazione di acqua dolce a temperatura prossima a quella del mare in un circuito di distribuzione cittadino in modo da permettere l'inserzione, su di esso, dei condensatori delle pompe di calore delle utenze che intenderanno allacciarsi al sistema. Il progetto prevede che in una prima fase vengano allacciati alcuni edifici pubblici, alcuni alberghi ed altre strutture turistiche. L'impianto è concepito in modo da poter garantire, attraverso uno sviluppo modulare, la possibilità di allacciamento ad altre utenze pubbliche e private.

#### **Conclusioni**

Le considerazioni tratte, che sono riferite al caso tipico della regione Liguria, sono estendibili a gran parte del territorio nazionale che è caratterizzato da 7500 km di coste affacciate sul mare Mediterraneo che è relativamente caldo. Dette considerazioni sono anche estrapolabili ed applicabili a singole piccole utenze che traggano beneficio dalla vicinanza al mare dal quale si possa prelevare il calore senza eccessive spese di impianto.

I progettisti di edifici civili ed industriali, quando si verifichino le condizioni di vicinanza al mare, dovrebbero abituarsi a prendere in considerazione, per i sistemi di climatizzazione, l'introduzione di sistemi a pompa di calore. Ne beneficerebbero in molti: la collettività locale per la riduzione delle emissioni inquinanti, i singoli utenti per la riduzione drastica della spesa energetica, il Paese che dovrà rispettare il protocollo di Kyoto per la riduzione del rilascio dei gas ad effetto serra.

#### **Riferimenti**

1. I dati meteorologici riportati sono ricavati da rilevazioni effettuate negli anni 1994, '95, '96 da: CNR Istituto per lo Studio della Oceanografia Fisica di Pozzuolo di Lerici (SP); CNR Istituto per l'Automazione Navale di Genova; ed ENEA Centro Ricerche Ambientali Marine di Santa Teresa (SP).
2. I dati climatici sono ricavati da pubblicazioni Technimedia sulle statistiche climatologiche rilevate nelle stazioni meteorologiche di Genova Sestri e Capo Mele nel 1997.
3. I dati relativi ai consumi energetici in Liguria sono ricavati dalle statistiche allegate al Piano Energetico Regionale della Regione Liguria riferite al 1996.
4. I dati relativi alla produzione elettrica sono ricavati da pubblicazioni ENEL.
5. I dati relativi ai costi di energia elettrica e metano sono ricavati sulla base di valori medi di contratti per utenze domestiche.
6. Fonte progetto Climare: [www.fi.cnr.it/r&f/n13/avanzini1.htm](http://www.fi.cnr.it/r&f/n13/avanzini1.htm)