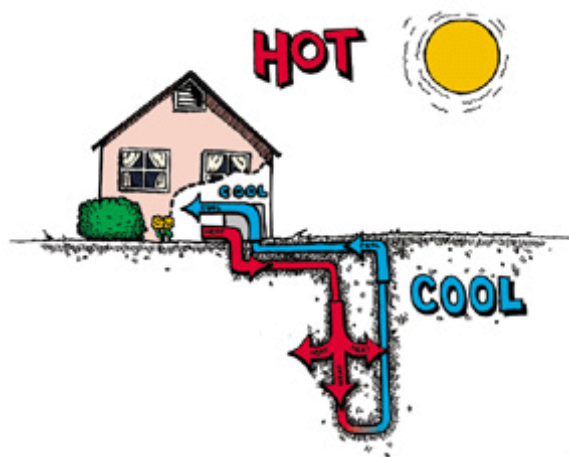


Atti del Convegno

GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

*Le potenzialità della risorsa geotermica
come fonte di energia rinnovabile e sostenibile*



Ecomondo-KeyEnergy
Rimini - 7 novembre 2007

In collaborazione con:



Con il patrocinio di:



Università degli Studi di Urbino
Facoltà di Scienze e Tecnologie



GRUPPO
CSA
ISTITUTO DI RICERCA

Gruppo C.S.A. S.p.A.

Via al Torrente, 22
47900 Rimini - RN

telefono 0541 791050 (8 linee r.a.)
telefax 0541 791045 (2 linee r.a.)

Via T. Campanella 1
61032 Fano - PU

www.csaricerche.com
info@csaricerche.com

Nulla in questo documento implica raccomandazioni, impressioni positive o negative riguardanti sistemi, strumentazione, software menzionati qui di seguito.
Catalogazione GRUPPO CSA SpA

***“Geotermia a bassa entalpia.
Le potenzialità della risorsa geotermica
come fonte di energia rinnovabile e
sostenibile.”***

Riprodotta da GRUPPO CSA SpA 'camera-ready' da documenti prodotti dagli autori.
Le immagini di copertina sono tratte da <http://vortex.wcupa.edu/ec/> e da <http://www.fortune.com/service>
Copyright© 2008 , GRUPPO CSA SpA - Via Al Torrente 22, 47900 Rimini, Italy.

Quaderni Gruppo CSA 0208
A cura di Gabriele Matteucci e Sara Metalli
Divisione Progetti Ricerca e Sviluppo
Istituto di Ricerca Gruppo CSA
Rimini 12 Marzo 2008

Indice

Premessa

<i>Senatore Gianni Piatti</i> <i>Sottosegretario Ministero Ambiente e Tutela del Territorio e Mare</i>	7
<i>Cesarino Romani</i> <i>Assessore Provincia di Rimini Ambiente, Politiche per lo Sviluppo Sostenibile e GIZC.....</i>	9
<i>Andrea Zanzini</i> <i>Assessore Comune di Rimini Politiche Ambientali ed Energetiche.....</i>	11
Introduzione <i>Elvio Sisti</i>	13
Nuovi modelli di pianificazione territoriale orientati alla sostenibilità ambientale <i>Gabriele Matteucci</i>	15
Forme di utilizzo della risorsa geotermica <i>Alberto Renzulli</i>	23
Definizione del quadro geologico e idrogeologico <i>Maurizio Zaghini</i>	28
Tecnologia e applicazione di impianti che utilizzano la risorsa geotermica a bassa entalpia <i>Peter Hinteregger</i>	34
Il ruolo del geotermico nella comunità europea e potenzialità future <i>Alois Duregger.....</i>	38

Premessa

Nella Conferenza internazionale che si è tenuta a Jakarta, in Indonesia, in preparazione di quella in programma a Bali per la definizione delle politiche ambientali successive all'accordo di Kyoto, si è sentita la necessità di dare l'allarme sulla situazione climatica, per poter perseguire azioni positive e garantire continuità al trattato adottato nel 2005. A questo riguardo nell'ultimo anno e mezzo il Ministero dell'Ambiente ha provveduto a potenziare l'utilizzo delle energie rinnovabili in relazione ai cambiamenti climatici, attraverso lo stanziamento di fondi e soprattutto mediante campagne di sensibilizzazione della popolazione.

Il problema delle emissioni di CO₂, sempre più cogente e principale responsabile dei cambiamenti climatici, sarà nel prossimo futuro al centro dell'attenzione e per questo motivo l'investimento sulle fonti di energia rinnovabile appare un elemento di forza, strategico per la futura politica energetica.

Il Ministero dell'Ambiente sta collaborando con il Ministro dello Sviluppo Economico, per realizzare una Conferenza Energia – Ambiente, proprio per effettuare un adeguamento strategico da apportare alle nostre politiche. A tal fine, è necessario porre un'avvertenza di urgenza sulla questione della riduzione delle emissioni, in quanto a fine 2007 queste dovevano essere diminuite del 6% in base al Protocollo di Kyoto, invece a livello nazionale sono aumentate del 12,5%. Questo sottolinea il forte ritardo del nostro Paese e una carenza di politiche adeguate, anche in riferimento a paesi europei come la Germania, che si è posta l'obiettivo di raggiungere il 20% di utilizzo di energie rinnovabili e il 20% di risparmio energetico.

Relativamente agli strumenti economici, con la Finanziaria 2007 e alcuni decreti ci si sta adoperando per il raggiungimento di una serie di obiettivi (ad es. con un incentivo pari al 55% di riduzione fiscale a chi dimostra di risparmiare energia, per le case ecologiche, per il potenziamento dell'eolico, per il fotovoltaico e per le agroenergie). Lo scopo della Finanziaria è proprio quello di potenziare strumenti (ad esempio attraverso i certificati verdi) per accrescere consenso e facilitazioni al mercato. Tali politiche possono e devono divenire "popolari (ad esempio a Milano il 50% degli impianti nelle abitazioni non è a norma; fonte: WWF).

Per affrontare le problematiche relative alle energie rinnovabili è necessario agire su 3 grandi settori: il settore civile, la mobilità urbana e l'industria; solo così si potranno raggiungere obiettivi concreti per la riduzione delle emissioni.

Un esempio concreto è quello "tedesco": lo Stato lavora in sinergia con le Regioni per raggiungere obiettivi che si integrino su un'unica finalità insieme alle grandi, medie e piccole imprese, a cui lascia la gestione del business delle energie rinnovabili.

Riguardo al tema del convegno, ci sono buone potenzialità per la geotermia ad alta e bassa entalpia, ma ancora in Italia non è molto diffusa la cultura di questo aspetto energetico, che merita di essere analizzato in modo più approfondito. Il Ministero a questo riguardo sta lavorando ad un atto di indirizzo che aiuti a dare riferimenti generali alle Regioni, competenti per il loro territorio, attraverso una legge quadro, in maniera tale che possano disporre di strumenti di pianificazione per poter intervenire in modo mirato.

*Senatore Gianni Piatti
Sottosegretario Ministero
Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*

L'Assessorato all'Ambiente della Provincia di Rimini sostiene la necessità di un approccio diverso alle tematiche ambientali rispetto al passato, che tenga maggiormente in considerazione i limiti esistenti nelle potenzialità di sfruttamento delle risorse naturali. Questo approccio deve comunque essere inserito all'interno del modello di sviluppo attuale e considerare che la disponibilità energetica è necessaria e fondamentale per la nostra economia. A questo riguardo la Provincia di Rimini vede come suo principale punto di forza il turismo, attività economica caratterizzata da un consumo energetico particolarmente elevato.

Nel nostro territorio, infatti, rispetto ad altri si producono più rifiuti, si consuma più acqua e si tende a sprecare maggiormente le risorse. Tuttavia questo impatto ambientale non si verifica solamente nei periodi di afflusso turistico elevato ma anche durante la bassa stagione. Secondo una stima effettuata dalla Giunta, noi siamo i primi in Italia per la produzione di rifiuti: 740 kg per abitante all'anno (con i turisti si arriva a 850 kg per abitante all'anno).

Per dare un quadro complessivo dello stato della provincia e in base agli studi e alle pubblicazioni sulla sostenibilità è emerso che l'impronta ecologica pro-capite è di 7,4 ettari per persona, con un deficit di 6,9 ettari per persona a fronte di una biocapacità di 0,5 ettari per persona, e quindi un consumo superiore di circa dieci volte alla biocapacità.

Si può quindi intuire come il tema della sostenibilità si ponga in maniera forte e assuma un ruolo importante, soprattutto sulla base delle evidenze scientifiche che indicano come i cambiamenti climatici non avvengono solamente per cause naturali, ma sono in buona parte influenzati dagli effetti negativi delle azioni dell'uomo sulla natura.

Per questo motivo la Provincia, in accordo con la Regione, sta predisponendo un piano energetico che ha come obiettivi strategici alcune voci fondamentali e la prima di queste è proprio il risparmio energetico. Dobbiamo cercare di limitare i consumi ed ottimizzare l'utilizzo dell'energia. Oggi attraverso l'utilizzo della tecnologia si può ottenere un notevole risparmio energetico senza dover necessariamente modificare il nostro stile di vita. Inoltre, per non intaccare ed esaurire le risorse del territorio, bisogna utilizzare il più possibile le fonti energetiche rinnovabili.

Il settore pubblico sta incentivando l'impiego di sistemi alternativi di energia attraverso progetti di edilizia innovativi e sostenibili.

Da qui nasce la necessità di studiare e approfondire queste innovazioni tecnologiche, per cercare di capire quali sono i vantaggi che possono apportare ma anche per individuare le eventuali conseguenze di una loro applicazione non corretta. Quanto detto vale anche per la geotermia, fonte energetica per la quale bisogna evidenziare i possibili punti di criticità, per riuscire ad eliminarli e fare in modo che si possa diffondere l'utilizzo di questo tipo di risorsa.

Cesarino Romani
Assessore della Provincia di Rimini
Ambiente, Politiche per lo Sviluppo Sostenibile e GIZC

L'Assessorato all'Ambiente del Comune di Rimini ritiene che la Geotermia sia una prospettiva molto interessante da applicare al nostro territorio. In altri Paesi del Centro Europa questa risorsa ha sviluppato molte potenzialità ed il suo utilizzo è una realtà presente già da diversi anni, al contrario dell'Italia, dove è ancora agli inizi e dove stanno partendo le prime esperienze significative. L'Assessorato è particolarmente convinto che valga la pena approfondire le possibilità che la geotermia mette a disposizione attraverso l'utilizzo del sottosuolo come sistema di riscaldamento e di raffreddamento sul nostro territorio.

Più in generale, sul tema delle fonti rinnovabili dobbiamo fare ancora molti passi avanti. Nella cultura più comune il primo pensiero quando si parla di energia rinnovabile va a quella solare, e quindi ai pannelli fotovoltaici; in realtà bisogna riflettere su tutto il panorama delle rinnovabili e sulle nuove energie emergenti, tra le quali appunto la geotermia, che l'Assessorato all'Ambiente sta studiando in quanto è quella più adatta da applicare al sottosuolo riminese, viste le caratteristiche geomorfologiche e la conformazione territoriale.

Questo interesse è nato anche grazie alle richieste di molte famiglie (da pochi mesi alcune abitazioni hanno già iniziato a sperimentare la geotermia), nonché di imprese locali e anche straniere, che hanno intenzione di stabilire la propria sede nel nostro territorio e hanno proposto di avviare questo tipo di soluzione tecnica.

Purtroppo in questa materia una normativa chiara ancora non esiste, e sebbene vi sia la convinzione che la geotermia possa essere una risorsa importante da sfruttare, abbiamo la necessità di valutare e verificare eventuali ricadute ambientali che la soluzione geotermica può avere. Per tale ragione il Comune sta cercando di capire, insieme al Servizio Tecnico di Bacino e alla Regione Emilia Romagna, come affrontare questo argomento. È infatti necessario elaborare delle linee guida ben precise per indirizzare l'utilizzo di questa risorsa tecnologica nella massima sicurezza e senza intaccare il sottosuolo; a tale scopo verranno organizzati degli incontri con la Regione per approfondire questi temi, essere d'aiuto nell'elaborazione delle linee guida ed elaborare una pianificazione territoriale che sappia dirci come, dove e quando potrà essere sfruttata questa tecnologia.

Queste prime richieste sono arrivate all'Assessorato all'Ambiente anche da parte delle imprese perché senza l'appoggio di queste ultime non si può dare sviluppo alla geotermia. Il Comune già da

un anno e mezzo lavora a questo impegno sull'utilizzo di fonti rinnovabili di energia anche tramite Agenda 21, coinvolgendo aziende, istituti di credito e anche altri soggetti, creando interesse nelle scuole, tra i giovani. In questo modo, alla "educazione" si vuole affiancare una capacità delle imprese di mettere a disposizione soluzioni tecniche a costi accessibili, anche attraverso finanziamenti.

Ad oggi nel territorio riminese stanno nascendo Consorzi di Imprese locali che si impegnano sul tema del risparmio energetico (ESCO), sostenuti da alcune banche che stanno disponendo finanziamenti agevolati.

Un'ultima parola va all'iniziativa del Comune, in collaborazione con l'Istituto di Ricerca Gruppo CSA, FaLeCoseGiuste, mirata a porre l'attenzione sui piccoli cambiamenti del comportamento quotidiano che il singolo cittadino può applicare, perché in questo modo si vuole riuscire ad entrare nelle famiglie ma anche negli ambienti di lavoro, per porre fine agli sprechi di energia, acqua ecc., nella speranza di riuscire a salvaguardare maggiormente il nostro territorio e, in una prospettiva più allargata, anche il nostro pianeta.

*Andrea Zanzini
Assessore del Comune di Rimini
Politiche Ambientali ed Energetiche*

Introduzione

L'Istituto di Ricerca GRUPPO C.S.A. è una realtà che da più di venti anni opera nel settore degli studi sulle tematiche ambientali e ad oggi la grande maggioranza delle persone che vi lavorano è laureata ed è più giovane di 40 anni. La tecnologia utilizzata è sempre aggiornata con grandi investimenti di capitale sulle più moderne attrezzature e strumentazioni di campionamento e analisi.

La collaborazione e lo scambio con il mondo della ricerca (Università ed Enti di Ricerca Pubblici e Privati) ci consentono quella sinergia per l'innovazione e lo sviluppo che permette di fornire un servizio sempre più all'avanguardia e di qualità.

L'idea dalla quale siamo partiti per organizzare questo convegno è di sviluppare la discussione sui grandi temi ambientali. L'intenzione è di allargare il confronto e l'approfondimento delle energie rinnovabili dal ristretto ambito degli addetti ai lavori ad un pubblico più vasto.

Nell'affrontare la questione energetica occorre tenere conto del fatto che in base alle considerazioni che nel 1997 hanno ispirato l'elaborazione del trattato di Kyoto è indiscutibile che in futuro il fabbisogno energetico dell'umanità non potrà essere affidato ai combustibili fossili e al gas, ma sempre di più alle energie rinnovabili.

Lo scopo di questo Convegno è di evidenziare le potenzialità di un'energia rinnovabile e sostenibile, la Geotermia a Bassa Entalpia, con l'intento di coglierne gli aspetti scientifici, tecnici, legislativi, economici e soprattutto valutandone gli impatti ambientali.

La speranza è che i lavori presentati possano contribuire a lanciare uno sguardo al futuro, finalizzato alla gestione appropriata di una delle principali problematiche ambientali che, come collettività, ci troviamo ad affrontare.

*Elvio Sisti
Presidente Istituto di Ricerca Gruppo CSA*

Nuovi modelli di pianificazione territoriale orientati alla sostenibilità ambientale

Gabriele Matteucci¹, Leonardo Marotta², Patrizia Pari¹

¹Istituto di Ricerca – Gruppo CSA, Rimini

²Entropia SNC, Ancona

E-mail: gmatteucci@csaricerche.com

www.csaricerche.com

Le recenti evidenze presentate dalla comunità scientifica internazionale rimarcano il ruolo dell'impatto antropico sui cambiamenti climatici del nostro pianeta per i quali sono prevedibili effetti significativi sui sistemi fisici, biologici e sulle comunità umane (IPCC, 2007; IEA, 2002). A tale proposito si è stimato un aumento della temperatura media globale, a partire dalla fine del 1800 ad oggi, di un valore compreso fra 0,4 e 0,8 °C e un innalzamento della concentrazione globale di CO₂ in atmosfera di circa il 36%.

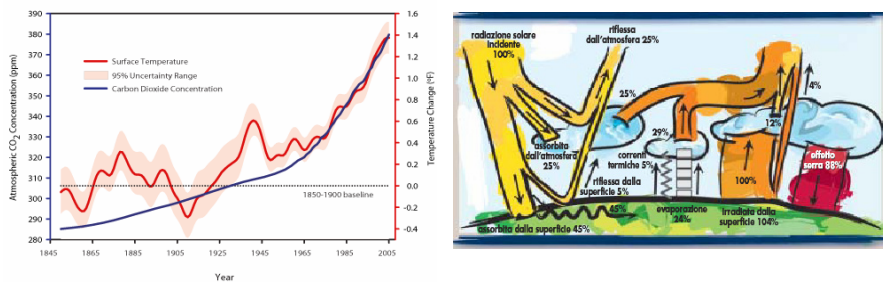


Figura 1 Andamento delle emissioni di CO₂ e della temperatura superficiale (IPCC 2007) ed effetto serra (www.enea.it).

L'incremento del livello medio della temperatura planetaria risulta quindi direttamente correlato al nostro modello di sviluppo ed in particolare all'aumento esponenziale del consumo energetico dipendente dall'utilizzo dei prodotti petroliferi e del gas. L'analisi critica dei dati disponibili delinea uno scenario energetico per i prossimi anni caratterizzato da una domanda crescente di petrolio che non sarà possibile soddisfare a causa della natura finita di questa risorsa (Total, 2004; IEA, 2006, IPCC, 2007). Per questo occorre rivedere i modelli di sviluppo energetico sia a scala globale che locale e di conseguenza progettare, in modo sempre più significativo, l'utilizzo di fonti di energia

rinnovabile a fianco di politiche per il risparmio energetico. La gestione futura delle risorse naturali ormai non può prescindere da una rivisitazione delle fonti energetiche a scala globale e dalla necessità di ricorrere anche ad impianti a piccola scala che utilizzano fonti di energia rinnovabili e sostenibili. In tal senso, gli indirizzi futuri dell'Unione Europea prevedono scenari energetici per il 2020 con una copertura del 20% del fabbisogno energetico mediante fonti rinnovabili e risparmi di energia (Commissione Europea, 1996). Le città e gli ambiti urbani sono i punti critici per quanto riguarda il consumo di risorse (Folke C. et al., 1997).

Le principali caratteristiche che differenziano l'ecosistema antropizzato da quello naturale sono:

- un'elevata concentrazione spaziale e un'alta prevalenza funzionale sulle altre specie viventi della popolazione umana, emancipata dai propri predatori e competitori naturali;
- un elevato grado e un'alta varietà di modifiche imposte all'ambiente fisico per mezzo delle attività antropiche (artificializzazione);
- la necessità della popolazione dominante di alimentare i processi interni al sistema attraverso flussi di materia ed energia provenienti da territori limitrofi o lontani, unita alla capacità di movimentare materiale virtualmente da qualsiasi punto del pianeta;
- la quantità scarsamente significativa di produzione primaria, che rende le aggregazioni di attività umane (città, paesi, aree agricole) un ecosistema eterotrofico e un sistema dissipativo, dipendente dall'apporto energetico (ottenuto attraverso l'impiego di combustibili fossili ed altre fonti), dal flusso di materia dall'esterno e dalla necessità di estromettere cataboliti (rifiuti);
- la grande quantità di energia esosomatica, cioè quella veicolata al di fuori degli organismi viventi, impiegata per alimentare i processi urbani interni ed esterni: produzione beni, smaltimento rifiuti, trasporti, edificazione, eccetera;
- un'elevata complessità supplementare, che si manifesta nella presenza di un gran numero di artefatti culturali, materiali ed immateriali.

Da tali presupposti si nota come l'energia divenga uno dei fattori chiave della sostenibilità delle società umane. Per questo motivo si sono sviluppate negli ultimi anni diverse tecnologie in grado di generare energia da fonti rinnovabili.

Per ragionare in termini di sostenibilità ambientale la rivisitazione e la pianificazione di nuove strategie energetiche deve essere necessariamente accompagnata da nuovi criteri di valutazione.

Ogni fonte energetica rinnovabile deve essere valutata nel suo insieme (costo, energia incorporata, tempo di vita, etc...), in considerazione della complessità dell'ambiente (impatto ambientale sia qualitativo che quantitativo) e in rapporto alla effettiva necessità. Tutte le fonti di energia rinnovabile presentano infatti alcuni limiti a fianco dei grossi vantaggi, fra i quali i più importanti sono rappresentati dalla variabilità stagionale, dal fatto che non sono controllabili al bisogno (in un determinato momento della giornata) e dal loro impatto ambientale.

Per questo è indispensabile definire i criteri per una corretta valutazione e pianificazione. Attualmente sono già previsti strumenti di valutazione come la VIA e la VAS. La valutazione di impatto ambientale (VIA) si applica a impianti, opere o interventi e ha lo scopo di valutarne gli effetti diretti e indiretti preventivamente alla loro realizzazione, mentre la valutazione ambientale strategica (VAS) si applica a tutti i piani e i programmi, secondo la Direttiva comunitaria (2001/42/CE del 27 giugno 2001) delle Pubbliche Amministrazioni, sia generali e che di settore, al fine di valutare preventivamente la sostenibilità ambientale e territoriale degli effetti derivanti dalla loro attuazione, gli effetti cumulativi e gli impatti su larga scala.

La valutazione di impatto ambientale e la valutazione ambientale strategica però non sono sufficienti e occorre integrarli con altri criteri che consentano di effettuare analisi che siano in grado di valutare in modo oggettivo tutti i materiali utilizzati ed il conseguente consumo di risorse ambientali e di apportare eventuali misure di compensazione. Fra questi di seguito vengono analizzati gli aspetti significativi dell'analisi del ciclo di vita (LCA- Life Cycle Assessment) e dell'analisi di sostenibilità (impronta ecologica- analisi energetica e bilancio CO₂).

L'analisi del ciclo di vita rappresenta un metodo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo il suo intero ciclo di vita (Scheuer et al, 2003). La rilevanza di tale tecnica risiede principalmente nel suo approccio che consiste nel valutare tutte le fasi di un processo produttivo come correlate e dipendenti. Può essere applicato a diversi contesti e scale e consiste nella valutazione degli aspetti ambientali significativi legati ai contributi di tutte le attività, dall'estrazione delle materie prime al trasporto alle fabbriche, ai trattamenti e alle lavorazioni. Le categorie d'impatto ambientale considerate sono riconducibili a tre grandi aree di protezione ambientale: l'esaurimento delle risorse, la salute umana e la conservazione dell'ambiente. In queste categorie si possono delineare alcuni indicatori ambientali: l'impoverimento delle materie prime e delle fonti energetiche, l'effetto serra, il riscaldamento globale, l'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico, le emissioni in

aria di sostanze acidificanti, quali ossidi di azoto e ossidi di zolfo e l'eutrofizzazione degli ambienti acquatici.

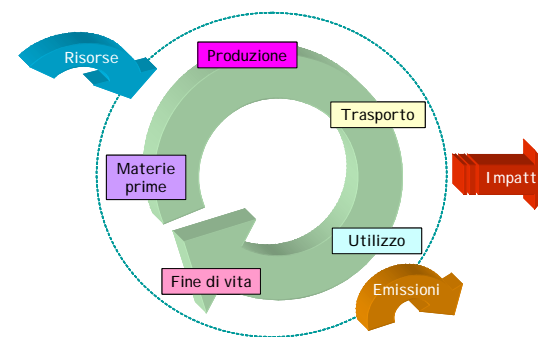


Figura 2 Rappresentazione schematica dell'analisi del ciclo vita.

Al fine di sviluppare strumenti di pianificazione utili agli enti preposti, come le pubbliche amministrazioni, di seguito si riportano i risultati di uno studio internazionale che ha considerato gli impatti delle fonti più comuni di energie rinnovabile.

L'analisi del ciclo vita effettuato per le energie rinnovabili considerate evidenzia una domanda cumulativa di energia (CED) da 3 fino a 15 volte maggiore per il fotovoltaico rispetto alle altre fonti (Figura 3; Pehnt, 2006).

Relativamente agli impatti (Figura 4), il fotovoltaico ha effetti significativi, 10 volte più elevati di quelli provocati dalle altre fonti esaminate, sulle emissioni di CO₂ (99 g/kwhel di CO₂), sul riscaldamento globale (104 g/kwhel di sostanze che contribuiscono al riscaldamento globale: CO₂, CH₄, N₂O, CFC, HCFC e HFC). Riguardo il contributo dell'acidificazione, il più elevato risulta quello relativo all'utilizzo di fonti energetiche a biomassa (830 mg/kwhel di ossidi di azoto e ossidi di zolfo emessi in aria) rispetto al solare termico, idroelettrico ed eolico (50-100 mg/kwhel).

Va comunque sottolineato che questi impatti nel loro complesso sono sempre ampiamente inferiori a quelli delle fonti energetiche convenzionali.

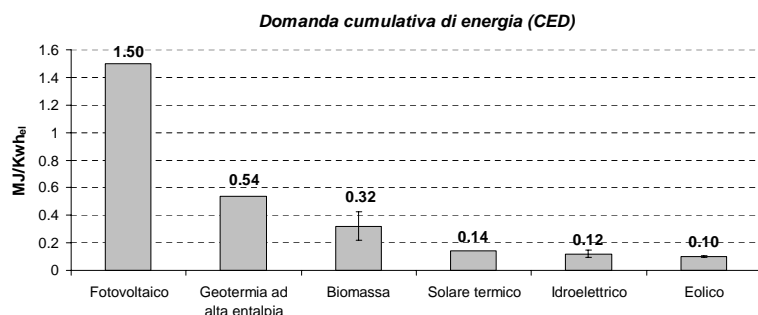


Figura 3 Domanda cumulativa di energia di alcune fonti rinnovabili.

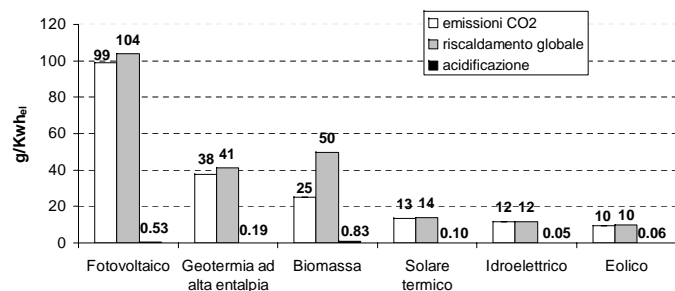


Figura 4 Impatti ambientali per le diverse fonti di energia rinnovabile.

Agli indicatori che prendono in considerazione gli aspetti legati al consumo di energia e agli impatti prodotti dalle singole fonti rinnovabili occorre associare indicatori che consentano valutazioni più generali sui piani di programmazione territoriale relativi al settore edile e urbanistico, come le analisi di sostenibilità.

L'analisi di sostenibilità viene sviluppata attraverso diversi indicatori: l'impronta ecologica, l'analisi energetica e il bilancio delle emissioni di CO₂. Questi tipi di analisi permettono di creare un linguaggio comune tra architetti, ingegneri ed ecologi e di mettere a punto utili criteri di valutazione per la costruzione degli edifici e la programmazione urbanistica (gestione dei rifiuti, miglioramento dei trasporti pubblici, risparmio idrico e gestione delle acque meteoriche e reflue).

A questo riguardo il concetto di energia è basato sull'idea di trasformare tutti i flussi di materia ed energia in quantità confrontabili. Poiché molti joule di energia di bassa qualità sono necessari per ottenere pochi joule di qualità più elevate, per dare una possibile misura alla posizione gerarchica dei vari tipi di energia, è stato introdotto il concetto di "transformity", che è la quantità di energia di un tipo necessaria per ottenere un joule di un altro tipo. Per poter confrontare tutti i vari tipi di energia secondo un comune denominatore, si usa la "solar transformity", cioè la quantità di energia solare che è, direttamente o indirettamente, necessaria per produrre un joule del prodotto. In questo modo ogni input può essere misurato su una base comune, usando una scala assoluta. I concetti di "solar transformity" e "solar energy" sono quindi la base per una metodologia termodinamica di analisi sistemica volta a determinare le migliori alternative nell'uso delle risorse, l'impatto ambientale e le politiche a livello nazionale ed internazionale per un migliore equilibrio tra società umana e natura. Dall'energia derivano altri indici come il Landscape Development Intensity, LDI (Brown e Vivas, 2005), parametro di sistema definito come la somma, lungo un periodo di tempo, di tutta l'energia (di un solo tipo) necessaria a produrre un flusso di energia di altro tipo. L'energia è un indice utile per stabilire una metrica per una rigorosa e quantitativa valutazione del livello di (in)sostenibilità di un territorio. Il Landscape Development Intensity, LDI deriva dall'energia per area (empower density), in particolare la componente non rinnovabile di questo indice.

L'impronta ecologica è un indice che misura la richiesta umana nei confronti della natura (Wackernagel and Yount, 1998; Kitzes et al., 2007; Wang and Bian, 2006). Consente ad esempio di stimare a priori l'impatto che i nuovi edifici hanno sull'ambiente calcolando l'area di terreno (IMPRONTA) necessaria per fornire, in modo sostenibile, tutte le risorse utilizzate e per riassorbire tutte le emissioni prodotte (BIOCAPACITA').

Il Bilancio di CO₂ è un indice che misura la sostenibilità energetica di un'opera, consente di verificare quanta CO₂ viene prodotta dalle diverse fonti di emissione (combustibili, energia elettrica, rifiuti; IPCC, 2007). Sulla base della quantità di CO₂ prodotta è possibile valutare idonee misure di compensazione (ad es: sotto forma di ettari di "area verde" necessari per controbilanciare le emissioni), predisporre un piano di risparmio energetico e utilizzare fonti di energia rinnovabili al fine di ridurre l'impatto sull'ambiente.

In particolare nel settore abitativo sono stati definiti a livello nazionale alcuni indicatori degli standard di efficienza energetica e di emissioni di CO₂, che si rifanno a modelli internazionali già adottati da altri Paesi (Passiv Haus). Con Casa Clima viene individuata l'edilizia ad alta efficienza

energetica (diversi standard di Casa Clima vengono distinti in tre categorie: Casa Clima Oro, Casa Clima A e Casa Clima B).

E' importante osservare come questi standard consentano un fabbisogno energetico inferiore fino a 10 volte rispetto ad una casa moderna, con un impatto sull'ambiente molto ridotto (Tabella 1).

Tabella 1 Confronto fra i consumi energetici, le emissioni di CO₂ equivalente e l'impronta ecologica delle tre categorie di Casa Clima (A, B, Oro), della Casa Moderna e della Casa Tradizionale.

	<i>Consumi</i>	<i>Impatto Ambientale</i>	
		<i>Emissioni di anidride carbonica equivalente</i>	<i>Impronta ecologica</i>
	<i>KWh per metro quadro per anno</i>	<i>Kg CO₂ per metro quadro per anno</i>	<i>ha eq per abitante per anno</i>
<i>Casa Tradizionale</i>	120	140	1.4
<i>Casa Moderna</i>	98	100	1.2
<i>Casa Clima B</i>	50	55	0.9
<i>Casa Clima A</i>	30	32	0.6
<i>Casa Clima Oro</i>	10	11	0.4

In sintesi l'introduzione di nuovi strumenti di valutazione consente una pianificazione ambientale e territoriale integrata e compatibile con uno sviluppo sostenibile della società. Una progettualità di questo tipo è strategica e diventa imprescindibile nel proporre nuovi piani di sviluppo sia edilizio che urbanistico. La mutazione delle politiche di sviluppo verso la sostenibilità ambientale, economica e sociale deve necessariamente dotarsi di strumenti nuovi e che consentono di valutare meglio la complessità delle relazioni fra i diversi comparti. Questi strumenti rappresentano un sistema di riferimento che permette insieme alle già conosciute VIA e VAS di raccogliere le sfide di una nuova pianificazione territoriale. Per fare questo è necessario integrare le Analisi di Sostenibilità già nella fase di indirizzo per la progettazione.

Le Analisi del Ciclo di Vita e l'Analisi di Sostenibilità permettono: di definire standard di riferimento per il settore edilizio e per il risparmio e la ricerca di nuove fonti energetiche (già in parte avviato con la nuova normativa); di pianificare di un utilizzo adeguato delle energie rinnovabili (il mix energetico idoneo e specifico) che non deve essere una scelta lasciata solo al costruttore o al proprietario; di valorizzare le forme di risparmio energetico alla stessa stregua delle fonti di energia rinnovabile.

Bibliografia

- Brown M.T. and Vivas M. B.. Landscape Development Intensity Index, Environmental Monitoring and Assessment, 101, 1-3, 289 – 309, 2005.
- Commissione Europea, Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili. Libro bianco per una strategia e un piano di azione della comunità, 1996.
- Folke C., A. Jansson, J. Larsson and R. Costanza. Ecosystem appropriation by cities, Ambio 26: 167-172, 1997.
- IEA (International Energy Agency), Dealing with Climate Change, 2002.
- IEA (International Energy Agency), Key world Energy Statistics, 2006.
- IPCC, Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, NY, USA, 2007.
- Kitzes J., Peller A., Goldfinger S. and Wackernagel M et al.. Current methods for calculating National Ecological Footprint Account, Science for Environment & Sustainable Society, v.4, n° 1, 2007.
- Pehnt M. Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies. Renewable Energy, 31: 55–71, 2006.
- Scheuer C., G. A. Keoleian, P. Reppe. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. Energy and Buildings, 35: 1049–1064, 2003.
- Total, Annual Report, 2004 (www.total.com).
- Wackernagel M. and Yount D., The ecological footprint: an indicator of progress toward regional sustainability. Environmental Monitoring and Assessment, 51: 511-529, 1998.
- Wang S., Bian X. Improved method of ecological footprint, Funing County ecological economic system assessments. Environment Development and Sustainability, 2006.

Forme di utilizzo della risorsa geotermica

Alberto Renzulli e Marco Menichetti

Istituto di Scienze della Terra - Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"
Facoltà di Scienze e Tecnologie, Campus Scientifico – 61029 Urbino (PU)
E-mail: alberto.renzulli@uniurb.it; marco.menichetti@uniurb.it
www.uniurb.it/geotermia

Il termine "energia geotermica" è generalmente impiegato per indicare quella parte del calore del Pianeta Terra che può o potrebbe essere "estratta" dal sottosuolo ed utilizzata dall'uomo. La risorsa geotermica è praticamente inesauribile nel tempo (per questo viene considerata una fonte rinnovabile) e in grado di contribuire ai fabbisogni energetici senza compromettere l'ambiente e le risorse per le generazioni future (quindi è anche una fonte di energia sostenibile). Il calore terrestre può risalire in superficie trasportato da fluidi (acqua o fase vapore). Il più comune criterio scientifico di classificazione delle risorse geotermiche si basa quindi sulla temperatura dei fluidi che circolano all'interno della crosta terrestre, nelle porzioni di sottosuolo ragionevolmente vicine alla superficie (da poche decine di metri a qualche chilometro di profondità) da poter essere intercettati attraverso perforazioni. Si può fare perciò una distinzione tra le risorse geotermiche più adatte alla generazione di elettricità (geotermia ad alta entalpia, con temperatura dei fluidi superiore a 150°C) e quelle relative all'uso diretto del calore (geotermia a bassa entalpia, con temperatura dei fluidi inferiore a 150°C). Più in particolare, le forme di utilizzo della risorsa geotermica possono essere suddivise, in funzione di temperature decrescenti, in tre categorie: a) le risorse geotermiche ad alta entalpia che sono in grado di produrre energia elettrica attraverso del vapore ad alta temperatura che aziona delle turbine e trasforma il proprio contenuto energetico in energia meccanica; b) le risorse geotermiche a bassa entalpia che utilizzano direttamente il calore (ad es. acque calde al di sotto della temperatura di ebollizione); c) le risorse geotermiche a bassa entalpia che si basano sul semplice scambio termico con il sottosuolo attraverso sistemi costituiti da sonde inserite nel terreno e pompe di calore geotermico (queste ultime denominate GHP con l'acronimo inglese di "Geothermal Heat Pumps").

Lo sfruttamento dell'energia geotermica ad alta entalpia per produrre energia elettrica è limitato a quelle aree della superficie terrestre nelle quali le condizioni geologiche permettono ai fluidi di trasportare il calore, dalle formazioni rocciose profonde verso la superficie. In Toscana, a Larderello, le centrali geotermiche dell'ENEL producono elettricità pari al 25% del fabbisogno energetico di questa regione. Sistemi geotermici utili per produrre energia elettrica sono diffusi

soprattutto in alcune aree di margini tettonici convergenti come il Giappone, le Filippine, la Nuova Zelanda e le parti occidentali delle Americhe. In queste regioni il valore del gradiente geotermico (cioè di quanti °C aumenta la temperatura per ogni km di profondità) può essere anche notevolmente superiore a quello medio che è di circa 30°C/km.

La risorsa geotermica però non serve a produrre solo energia elettrica, dal momento che, in particolari aree geologiche, si possono utilizzare direttamente acque calde a 50-90°C presenti a poche centinaia di metri di profondità e raggiungibili, con le moderne tecnologie di perforazione, senza particolari difficoltà. Successivamente, attraverso scambiatori termici, si trasferisce il calore all'acqua di radiatori, termoconvettori o a pannelli radianti per il riscaldamento di ambienti di civile abitazione, per usi industriali e agricoli (serre, coltivazioni, allevamento). L'acqua geotermica viene poi re-iniettata in profondità dopo aver ceduto il suo calore (analogamente a quanto avviene nelle centrali geotermiche ad alta entalpia) con il duplice scopo di "ricarica" del sistema geotermico e per evitare fenomeni di subsidenza del terreno. In base alle situazioni geologiche e alla disponibilità di acqua a diversa temperatura si può soddisfare il fabbisogno di un gruppo di abitazioni realizzando un impianto di teleriscaldamento. In Italia uno dei sistemi di teleriscaldamento più grandi e collaudati che utilizzano direttamente il calore è quello di Ferrara dove l'acqua calda disponibile a profondità di circa 1000 metri fornisce calore a edifici privati e pubblici utilizzati da circa 20.000 persone, con una potenza di circa 15 MW.

È possibile inoltre utilizzare il sottosuolo come sorgente di calore per condizionare termicamente gli ambienti interni di edifici sia in inverno che in estate. Infatti, oltre i 20 metri di profondità circa, la temperatura del sottosuolo non risente più delle condizioni atmosferiche superficiali relative alle oscillazioni giornaliere e stagionali. Nella maggior parte delle regioni italiane, indipendentemente dal tipo di roccia, dall'assetto geologico-strutturale e dalla stratigrafia, questa temperatura costante del sottosuolo è compresa tra 12 e 17°C. Questi valori sono di diversi gradi centigradi superiori alla media invernale e di gran lunga inferiori a quelli estivi. Questa differenza di temperatura tra il sottosuolo e l'ambiente esterno è alla base del funzionamento delle GHP che rilasciano o assorbono calore (ciclo termodinamico) attraverso il fluido (generalmente acqua + antigelo) che circola nelle sonde geotermiche (posizionate in pozzi profondi poche decine di metri). Questi impianti, che hanno bisogno per funzionare di una quantità di elettricità variabile tra il 25 e il 35% dell'energia totale prodotta, non necessitano di particolari anomalie termiche del sottosuolo e permettono durante tutto l'anno un condizionamento termico e acqua calda sanitaria. Prima di installare delle sonde geotermiche per l'utilizzo del sottosuolo come scambiatore termico è importante effettuare

studi di carattere geologico per definire la litologia, la stratigrafia, l'idrogeologia e soprattutto le caratteristiche termiche del terreno come la conducibilità e la diffusività termica delle rocce attraversate dalle sonde stesse. Il corretto dimensionamento delle sonde geotermiche, con conseguente ottimizzazione dei costi di investimento, dovrebbe essere eseguito attraverso una prova in situ per determinare la quantità di potenza termica "estraibile" dal sottosuolo. La resa termica è, infatti, influenzata dalle caratteristiche geologiche dell'area e può variare in un intervallo molto ampio compreso tra 20 e 100 Watts per metro lineare di sonda geotermica (Tabella 1).

La prova termica in situ permette anche di valutare le variazioni di temperatura del terreno durante il ciclo di utilizzo delle sonde geotermiche ("cono termico"; Figura 1).

Uno studio preliminare di carattere geologico ed ingegneristico permette quindi di valutare la distanza minima tra due sonde per evitare le interazioni che limiterebbero il loro rendimento. In altre parole se alcune sonde geotermiche sono messe in opera a distanza troppo ravvicinata tra loro, la potenza termica non deriverà dalla somma delle potenziali rese termiche delle sonde a causa dei "coni termici" di interazione sonde/terreno. Talvolta questo tipo di studi ed indagini preventive per il corretto dimensionamento delle sonde non vengono svolti, con il conseguente sovradimensionamento dell'impianto ed aumento significativo del rapporto costi/resa termica.

Tabella 1 Relazione tra le caratteristiche geologiche del sottosuolo e la quantità di calore che può essere estratta da una sonda geotermica (a parità di flusso di calore). La conducibilità termica λ del sottosuolo (proprietà che indica la capacità della roccia a trasmettere calore, misurata in W/mK) è direttamente proporzionale alla saturazione in acqua e inversamente proporzionale alla porosità dei terreni attraversati dalle sonde geotermiche.

Caratteristiche del sottosuolo	Quantità di calore estratto
Sottosuolo caratterizzato da sedimenti asciutti; $\lambda < 1.5$ W/mK	20 W/m
Sottosuolo costituito da sedimenti saturi in acqua; $1.5 < \lambda < 3$ W/mK	50 W/m
Roccia consolidata ad elevata conducibilità termica; $\lambda > 3.0$ W/mK	70 W/m
Ghiaie o sabbie	<20 W/m
Ghiaie o sabbie sature in acqua	55-65 W/m
Ghiaie o sabbie con falda in movimento	80-100 W/m
Argilla e silt	30-40 W/m
Calcari	45-60 W/m
Arenarie	55-65 W/m
Marne	40-50 W/m

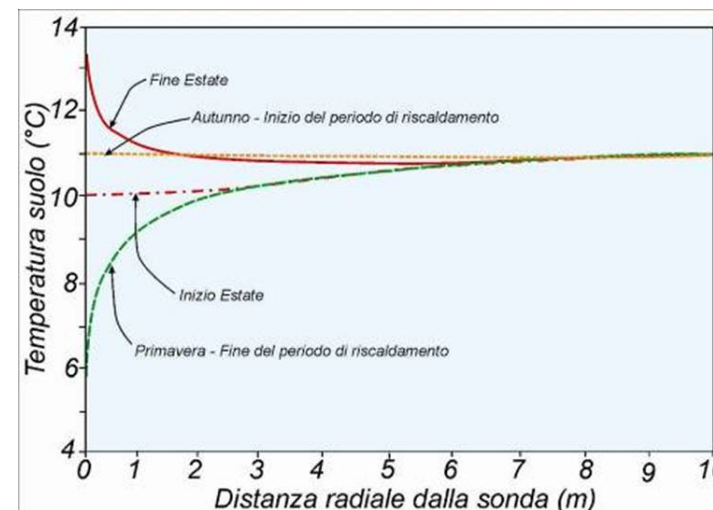


Figura 1 Variazione della temperatura in prossimità di una sonda geotermica ("cono termico") a circa 30 m di profondità (da Thuring, 2001). In questo caso la distanza minima di messa in opera di due sonde geotermiche per evitare interazioni deve essere di 7-8 metri.

In Italia, a differenza di altri paesi europei (es. Svizzera e Germania), le norme per l'installazione delle sonde geotermiche sono state emanate, con provvedimenti specifici, solo da pochissimi enti locali, ed esiste un solo caso (provincia autonoma di Bolzano) in cui sono previsti incentivi economici per la realizzazione di GHP. Sono perciò auspicabili interventi legislativi a livello nazionale e locale (regioni e province) nel campo della geotermia a bassa entalpia sia per definirne i campi di utilizzo che per il rilascio delle necessarie autorizzazioni. Infine sarebbe importante, da parte delle regioni, attuare forme di coordinamento con lo Stato (come previsto dalla Legge della Regione Lombardia del 2 dicembre 2006, n.24, Art.10, comma 4) per valutare, a fini geotermici, lo sfruttamento dei pozzi di ricerca di idrocarburi risultati sterili (o di quelli di coltivazione già esauriti) per l'utilizzo diretto di possibili acque calde presenti a fondo pozzo che potrebbero soddisfare la realizzazione di impianti di teleriscaldamento geotermico.

Tutte le differenti forme di utilizzo della risorsa geotermica, a seconda delle caratteristiche geologiche del nostro Pianeta, vanno perciò annoverate a pieno titolo tra le fonti di energia rinnovabili e sostenibili a cui dovremo in parte far ricorso per rispettare gli obiettivi imposti dal protocollo di Kyoto, per limitare progressivamente l'utilizzo di combustibili fossili che provocano

l'immissione nell'atmosfera di gas-serra che alterano il clima. È per questo motivo che le ricerche in campo geologico nell'ambito delle fonti energetiche, oltre che nell'esplorazione petrolifera e di gas naturale (occorreranno, infatti, conoscenze geologiche e geofisiche sempre più approfondite per localizzare nuovi giacimenti di combustibili fossili) trovano un loro pieno sviluppo nell'esplorazione delle risorse geotermiche.

Bibliografia

Thuring, M. (2001) Geotermia. Aspetti geologici-carta geologica del Ticino. Corso SUSPI-DACD E.11, Svizzera.

Definizione del quadro geologico e idrogeologico

Maurizio Zaghini

Ordine dei Geologi dell'Emilia Romagna - Via Guerrazzi, 6 - 40125 Bologna (BO)

E-mail: mauriziozaghini@virgilio.it

www.geologi.emilia-romagna.it/

L'intervento vuole precisare il ruolo che il geologo libero professionista viene ad assumere quando è incaricato di uno studio di fattibilità di un impianto geotermico.

In mancanza di Linee Guida e di regolamentazione della materia (sia in ambito nazionale che regionale) si corre il rischio di sottovalutare i rischi o per contro di essere eccessivamente cautelativi.

La particolare configurazione geologica della nostra Regione, caratterizzata da affioramenti di deposito marino nelle aree montano-collinari poste a monte della Via Emilia, e da estesi depositi alluvionali che costituiscono le aree di pianura del bacino padano-veneto fa sì che i maggiori problemi per le applicazioni delle sonde geotermiche siano riferite soprattutto alle aree alluvionali: è qui che si trovano allineati allo sbocco dei maggiori corsi d'acqua nella pianura i maggiori conoidi alluvionali che costituiscono da una parte le maggiori riserve di acqua ad uso idropotabile ma anche le aree a maggiore vulnerabilità idrogeologica. Le zone di apice di conoide coincidono, infatti, con le aree di ricarica degli acquiferi profondi della bassa pianura, per cui sono particolarmente vulnerabili. Vi sono poi aree caratterizzate da acquiferi multifalda (la maggior parte delle aree alluvionali di pianura) con falde in pressione.

Le perforazioni per ricerca di acqua ad uso idropotabile, per uso irriguo, per impianti geotermici ecc. non correttamente eseguite possono mettere in connessione le falde superficiali (notoriamente maggiormente inquinate) con gli acquiferi profondi per cui va sempre precisato il modello idrogeologico di riferimento al fine di prendere le precauzioni necessarie o al limite sconsigliarne l'applicazione.

Non va sottaciuto il fatto che l'esecuzione stessa dei sondaggi anche se eseguiti con le necessarie cautele produce sempre una perturbazione nei terreni alluvionali specie se in presenza di falde in pressione.

Ecco che il ruolo del geologo professionista diventa indispensabile sia per avviare lo studio di fattibilità sia per il dimensionamento dello scambiatore geotermico che per le pratiche autorizzative nonché l'assistenza e verifica in corso d'opera.

Nella sua attività professionale il geologo, in mancanza di normative cogenti di riferimento, deve attenersi scrupolosamente a quanto previsto dalle Norme Deontologiche riguardanti l'esercizio della professione di geologo in Italia, le quali da una parte tutelano la Committenza, dall'altra esaltano il professionista la cui attività deve sempre essere caratterizzata da un forte impegno etico.

Viene di seguito richiamato brevemente il significato del termine "geotermia" e proposto un grafico (tratto da Lindal 1973) in cui si evidenziano, a seconda delle temperature dei fluidi geotermici, i loro possibili usi (Figura 1).

Si può così osservare come i fluidi con temperature inferiori a 20° C siano usati raramente ed in casi particolari oppure per il funzionamento delle pompe di calore oggetto del presente intervento.

Geotermia è un termine utilizzato da tempo per indicare la presenza di anomalie termiche del sottosuolo legate a condizioni geologiche locali.

Esempi di utilizzo dell'energia geotermica:

- *produzione di energia elettrica*, con risalita di vapore ad elevate temperature (es. Larderello);
- *riscaldamento di porzioni di città* grazie alla risalita di acque ad alte temperature (es. Ferrara);
- *utilizzo curativo di acque temperate* (es. Abano Terme, Porretta Terme);
- *utilizzo di altre acque* con proprietà curative (anche se non temperate).

La geotermia a bassa temperatura che attualmente si sta diffondendo nel campo della climatizzazione degli edifici sfrutta - in modo indiretto - la proprietà di ogni terreno di presentare temperature costanti a pochi metri di profondità.

La prima semplice considerazione è che in entrambi i casi, poiché tali impianti interagiscono con il sottosuolo, il punto di partenza per il corretto sfruttamento di questa risorsa energetica è la conoscenza del sottosuolo e la definizione di un modello geologico, idrogeologico e stratigrafico.

La temperatura esterna varia con periodicità giornaliera e annuale. Nel sottosuolo già a profondità di 15-20 metri le temperature si mantengono stabili. Le pompe di calore geotermico

sfruttano il differenziale termico tra le temperature esterne (variabili stagionalmente) e quelle stabili del sottosuolo.

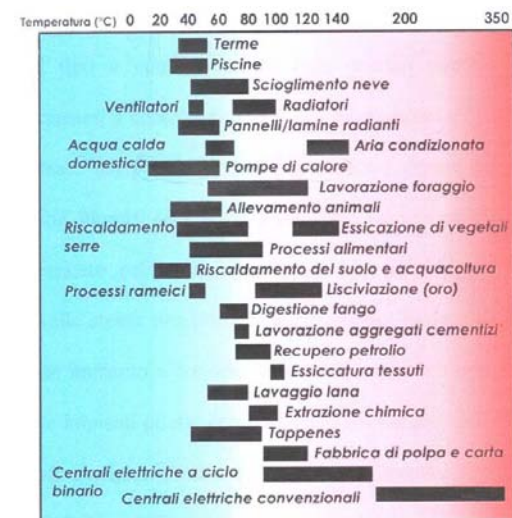


Figura 1 Temperature (°C) per varie attività.

I due componenti essenziali di un impianto geotermico:

- *il geoscambiatore;*
- *l'impianto termico.*

La competenza in materia di geoscambiatore è del geologo, cui spetta lo studio geologico ed idrogeologico del sottosuolo, la ricostruzione della successione litostratigrafica locale, la segnalazione di eventuali presenze di falde acquifere, la resa termica della successione di rocce attraversate al fine di progettare il dimensionamento in termini di profondità e di numero delle sonde geotermiche necessarie all'impianto ecc..

L'impianto termico necessario invece è di competenza del termotecnico.

Questi professionisti agiscono di conserva ma nel pieno rispetto delle reciproche prerogative e responsabilità.

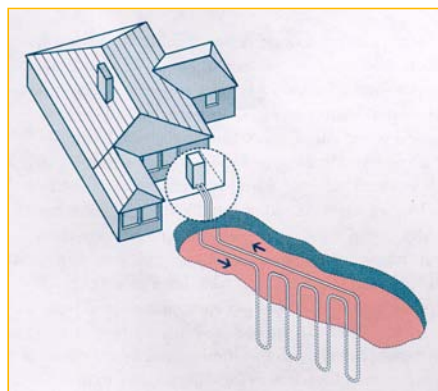


Figura 2 Schema di un impianto geotermico.

Gli impianti di climatizzazione geotermici si compongono di:

- una sorgente “rinnovabile” o geoscambiatore per lo scambio di calore tra il terreno e l’edificio;
- un impianto termico composto dalla macchina per la produzione del calore e del freddo (pompa di calore) e dall’impianto di distribuzione interno all’edificio (a bassa temperatura).

Quali competenze per un impianto geotermico? Lo dice la parola stessa:

- geologo per la fattibilità ed il dimensionamento del geoscambiatore;
- termotecnico per il progetto impiantistico.

Le varie modalità di geoscambio comprendono sonde verticali e collettori orizzontali che utilizzano normalmente tubi a circuito chiuso all’interno dei quali scorre una miscela di acqua e anticongelante non tossico, ma esistono anche applicazioni a circuito aperto che pescano acque di falda o di un piccolo lago.

Le sonde verticali hanno generalmente una profondità di 50-100 metri; quelle orizzontali utilizzate soprattutto in Francia possono essere interrate a pochi metri di profondità (il che ne limita fortemente l’efficienza e richiede uno sviluppo considerevole delle tubazioni).

La lunghezza dei tubi e la profondità a cui arrivare vengono calcolati in base alla latitudine del luogo, al tipo di sottosuolo ed ai carichi termici dell’edificio.

La conducibilità termica varia a seconda delle tipologie dei terreni: i terreni asciutti presentano uno scarso rendimento termico rispetto a quelli saturi do acqua.

Nel caso delle ghiaie e sabbie asciutte i valori (espressi in W/m) sono normalmente < a 20 mentre per le sabbie sature sono compresi tra 55 e 65.

Per quanto riguarda l’applicabilità della geotermia nei contesti geologici dei conoidi fluviali, consideriamo l’esempio del conoide del Fiume Marecchia tratto da RER, Regione Emilia Romagna (Figura 3).

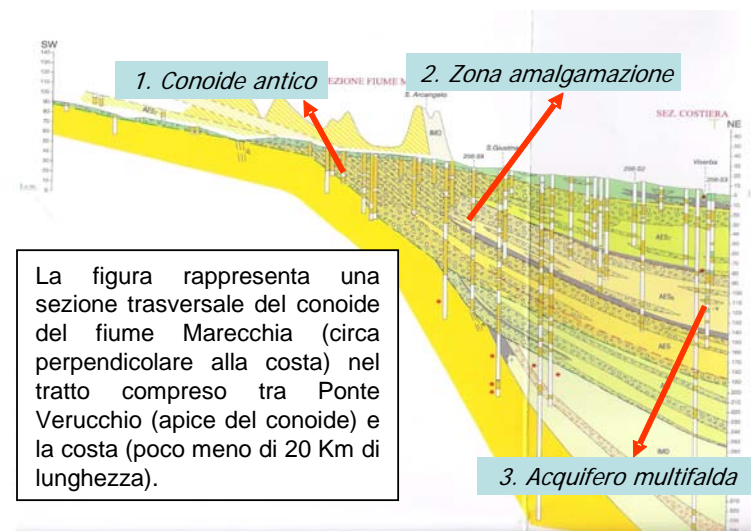


Figura 3 Sezione trasversale del conoide del Fiume Marecchia.

Si possono distinguere tre zone a diversa problematica idrogeologica per l’utilizzo di sonde geotermiche:

- una *zona apicale (conoide antico)*, da Ponte Verucchio sino a poco a monte della Strada Traversante Marecchia caratterizzata da un sottile pavé ghiaioso, sede di falda acquifera freatica soprastante i terreni di deposito marino (argille azzurre plioceniche);
- una *zona di amalgamazione delle ghiaie* (zona a cavallo di S. Martino dei Molini) caratterizzata da spessori di 20-30 metri di ghiaie da cui si dipartono come digitazioni i vari livelli acquiferi della bassa pianura. Costituisce l'area di ricarica per gli acquiferi profondi e quindi l'area più vulnerabile dell'intero conoide;
- una *zona mediana e distale del conoide*, che si sviluppa anche nel Mare Adriatico, costituita da un tipico acquifero multifalda, con falde in pressione.

E' evidente che la zona n. 1 non rappresenta forti limitazioni all'uso di sonde geotermiche; nella zona n. 2 le perforazioni geotermiche dovrebbero essere precluse e nella zona n. 3 dovrebbe essere fortemente condizionata e limitata.

Da quanto detto si possono formulare le seguenti considerazioni conclusive:

- La necessità di specifici studi di fattibilità geologica ed idrogeologica per ogni nuovo impianto geotermico deve essere tenuta in considerazione;
- Vista la rapida diffusione di queste nuove tecnologie, si richiede di regolamentare al più presto la materia, dal punto di vista normativo, attraverso la stesura di Linee guida per definire gli aspetti tecnici;
- Da parte di OGER (Ordine dei Geologi dell'Emilia-Romagna) esiste una proposta di inserimento di queste problematiche nelle Linee guida in campo pianificatorio, in corso di elaborazione con la Regione Emilia-Romagna;
- Allo stato attuale, in mancanza di normative cogenti, il geologo professionista deve attenersi scrupolosamente a quanto previsto dalle Norme deontologiche in materia di tutela ambientale.

Tecnologia e applicazione di impianti che utilizzano la risorsa geotermica a bassa entalpia

Peter Hinteregger

Suntek S.r.l. - Via Delle Fabbriche, 2 - 39031 Brunico (BZ)

E-mail: p.hinteregger@suntek.it

www.suntek.it/

La Suntek s.r.l. è un'azienda presente nel settore delle energie rinnovabili dal 1992. La continua ricerca sui sistemi di energie rinnovabili ha portato, fra gli altri sistemi, allo sviluppo delle pompe di calore geotermiche e alla loro commercializzazione sull'intero territorio nazionale a partire dal 2000.

L'impianto geotermico rappresenta uno dei sistemi tecnologici che attraverso la pompa di calore sottrae l'energia del calore (sotto forma di temperatura) dall'ambiente esterno (terra, acqua, aria). L'energia che viene sottratta ad una temperatura più bassa viene poi innalzata ad una più elevata grazie ad un liquido di raffreddamento che evapora costantemente, viene compresso e nuovamente condensato in un sistema a circuito chiuso. In questo modo l'energia ottenuta può essere utilizzata come riscaldamento per l'ambiente. Il liquido di raffreddamento rimane sempre invariato all'interno del circuito e non viene né utilizzato né disperso. Oltre al riscaldamento dell'ambiente con i sistemi di pompe di calore geotermiche è possibile ottenere anche la produzione di acqua calda ad uso sanitario grazie ad un impianto geotermico costituito da due accumulatori riscaldati dalla stessa pompa di calore, uno per il riscaldamento e l'altro che funge da compensatore idraulico. Il vantaggio di questa tecnologia è che grazie all'utilizzo del sistema HGL (un sistema brevettato che sfrutta il freon surriscaldato) è possibile soddisfare la produzione istantanea di acqua calda sanitaria fino a raggiungere una temperatura pari a 60°C. In particolare se in inverno la pompa di calore funziona a basse temperature (per esempio 35° C) per provvedere al riscaldamento degli ambienti, la parte superiore dell'accumulo per il bisogno d'acqua calda può essere portata a 60° C (ca. 15% della resa) tramite il calore dei gas di scarico del riscaldamento. Il raggiungimento di tali temperature risulta significativo perché consente una protezione contro la legionella. È importante, infatti, non solo poter risparmiare sui consumi, ma anche avere un sistema che garantisca un uso sicuro dell'acqua calda, sia in impianti di tipo domestico che di tipo industriale.

L'efficienza di una pompa di calore è rappresentata dal coefficiente di prestazione COP (Coefficient of Performance), inteso come il rapporto tra l'energia termica resa al corpo da riscaldare e l'energia elettrica consumata affinché possa avvenire il trasporto di calore medesimo.

Il luogo da dove viene prelevato il calore è chiamato "fonte di calore". A seconda della disponibilità e della possibilità di gestione è adatta l'una o l'altra delle diverse fonti di calore (Figura 1):

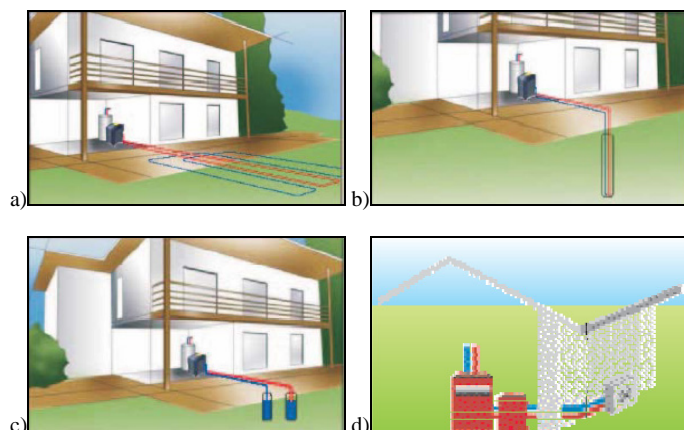


Figura 1 Tipologie di impianti di pompe di calore geotermiche: collettore di superficie (a), sonda di perforazione (b), acqua freatica (c) e aria esterna (d).

- **Collettore di superficie:** ad una profondità del terreno di circa 1 – 1,5 m vengono posati centinaia di metri di tubo in plastica e grazie al pompaggio in ricircolo dell'antigelo (Sol) viene prelevato calore dal terreno, oppure vengono posati orizzontalmente sul terreno dei tubi in rame con un rivestimento protettivo in plastica. In questi tubi circola direttamente il liquido per la pompa di calore. Non è necessario pertanto l'impiego di una pompa di ricircolo addizionale. L'evaporazione diretta permette di ottenere un' altissima efficienza nel rendimento energetico.
- **Sonda di perforazione:** è possibile effettuare una perforazione nel terreno ad una certa profondità, inserire una sonda geotermica e sfruttare la temperatura costante del terreno che offre in inverno una temperatura calda ed in estate un raffreddamento ideale attraverso il

ricircolo di un fluido adeguato (*Direct-cooling*). Il sistema richiede poca superficie di terreno, assicura temperature alte tutto l'anno ed è adatto per un riscaldamento/ raffreddamento diretto.

- **Acqua freatica:** l'acqua sotterranea viene prelevata da un pozzo mediante una pompa ed il calore viene utilizzato, successivamente l'acqua viene riconvogliata nel terreno tramite un pozzetto di drenaggio. L'acqua sotterranea è la fonte ideale di calore in quanto ha all'incirca la stessa temperatura tutto l'anno. La falda dell'acqua freatica deve essere disponibile ad una profondità massima di 30 m. E' adatta per il raffreddamento diretto e ha Coefficienti di Prestazione massimi.
- **Aria esterna:** l'aria viene aspirata con un ventilatore attraverso uno scambiatore di calore e quindi raffreddata, è disponibile ovunque, ma non è adatta a fabbisogni di riscaldamento molto alti ed ha un' evaporatore rumoroso.

Riportiamo di seguito le immagini relative ad un esempio di impianto di installazione di un parco sonde (Figura 2) per due abitazioni di 1200 m². Tale impianto è costituito da 2000 m di sonde (10 sonde da 200 m di profondità l'una) e da due pompe geotermiche da 35 KW ciascuna. Il risparmio energetico annuale che questo sistema ha permesso di ottenere è risultato circa il 12% rispetto ad uno tradizionale. Oltre a questo esempio di impianto di installazione citiamo una scuola passiva di 800 m² in cui è stato installato un impianto geotermico di 7Kw per un consumo energetico di riscaldamento annuo di soli 800 euro.

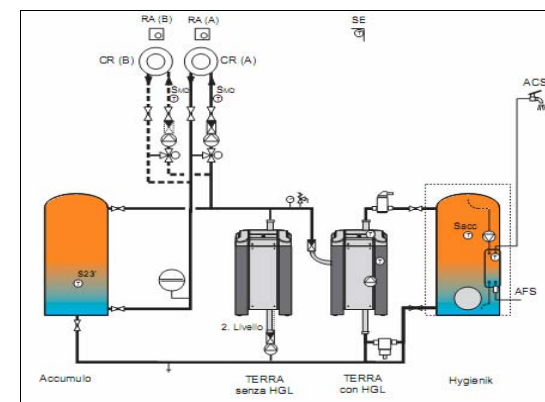


Figura 2 Impianto sonde.

Dal confronto dei costi fra un impianto costituito da un impianto geotermico che utilizza la pompa di calore e impianti che utilizzano altre fonti di riscaldamento (gas gpl, gasolio, pellets e metano) si osserva come i costi relativi al consumo energetico sostenuti per la pompa di calore risultino notevolmente inferiori in particolare rispetto agli impianti gas GPL e gasolio, evidenziando un risparmio annuo importante (Figura 3).

I consumi e i costi riportati di seguito sono riferiti al riscaldamento e alla produzione di acqua calda sanitaria per 8 appartamenti.

PARAGONI TRA LA POMPA DI CALORE E DIVERSE FONTI					
POMPA DI CALORE		IMPIANTO GAS GPL		IMPIANTO GASOLIO	
Consumo energetico kWh	34.711,00	1 lt. G.P.L. 6,9 Kw	5.589,53	1 lt. gasolio 9,8 kw	3.935,49
Prezzo corrente kW	€ 0,18	Rendimento %	0,90	Rendimento %	0,85
C.O.P.	3,50	Consumo corrente caldaia €	100,00	Consumo corrente caldaia €	100,00
Consumo annuo kWh	9.917,43	Manutenzione €	50,00	Manutenzione €	50,00
		Spazzacamino €	-	Spazzacamino €	-
COSTI ENERGIA EURO €	1.785,14	COSTI ENERGIA EURO €	5.236,48	COSTI ENERGIA EURO €	4.906,78
IMPOSTAZIONI		IMPIANTO PELLETS		IMPIANTO GAS METANO	
Consumo annuo kWh	34.711	Pellets 1 Kg 4,7 kw	9.231,65	1 m ³ Metano 9 kw	4.285,31
Prezzo corrente kWh	0,18	Rendimento %	0,80	Rendimento %	0,90
GPL lt. prezzo €	0,91	Consumo caldaia corrente €	250,00	Consumo corrente caldaia €	100,00
Gasolio prezzo lt €	0,98	Manutenzione €	50,00	Manutenzione €	50,00
Gas metano m ³ €	0,63	Spazzacamino €	-	Spazzacamino €	-
Pellets prezzo kg €	0,19				
Consumo corrente caldaia €	100,00				
Manutenzione caldaia €	50,00				
Spazzacamino €					
SPF	3,5	COSTI ENERGIA EURO €	2.054,01	COSTI ENERGIA EURO €	2.849,74

Figura 3 Confronto dei costi fra un impianto costituito da una pompa di calore e impianti che utilizzano altre fonti di riscaldamento (gas gpl, gasolio, pellets e metano).

In sintesi le pompe di calore assicurano comodità e comfort perché sono sistemi silenziosi e sicuri (protezione antincendio e nessun accumulo di gasolio), permettono un'elevata sicurezza d'esercizio (nessuna disfunzione del bruciatore), armonia con l'ambiente (nessun fumo, nessun serbatoio per il gasolio), ridotti costi d'esercizio (nessun magazzino di materiali di riscaldamento, poca manutenzione, nessuna pulizia del camino). Inoltre consentono ridotti costi di approvvigionamento (nessun vano per il serbatoio, nessun allacciamento gas), e risparmi energetici, circa il 65 - 75 % dell'energia calorica necessaria viene prelevata gratuitamente dal terreno, dall'aria o dall'acqua (tramite il sistema di evaporazione). La parte restante richiede energia elettrica per l'azionamento del compressore.

Il ruolo del geotermico nella comunità europea e potenzialità future

Alois Duregger

Centro di Ricerca LGV - IDM-Energiesysteme GmbH - Seblas, 16-18 - 9971 Matrei in Osttirol -
Osterreich

www.idm-energie.com

Lo sviluppo di fonti di energia rinnovabili come le pompe di calore geotermiche nasce spontaneamente in un contesto in cui i prezzi del petrolio sono sempre più in aumento. Inoltre l'analisi critica dei dati disponibili delinea uno scenario energetico per i prossimi anni caratterizzato da una domanda crescente di petrolio che non sarà possibile soddisfare a causa della natura finita di questa risorsa. Senza considerare i disastri ambientali causati dal naufragio di petroliere che sono avvenuti in particolare negli ultimi decenni contaminando le coste e tantissime specie di animali marini.

La pompa di calore geotermica è una specie di frigorifero con una funzione invertita: è una macchina capace di trasferire calore da un ambiente freddo, il sottosuolo o l'acqua di falda, ad un ambiente caldo, l'ambiente da riscaldare, utilizzando un processo inverso a quello che avviene spontaneamente in natura.

La pompa di calore ha un duplice utilizzo, può essere usata per riscaldare d'inverno e, invertendo il ciclo, per raffrescare d'estate; inoltre fornisce acqua calda sanitaria. E' un sistema conveniente dal punto di vista energetico perché consente di sfruttare molta più energia termica di quella elettrica che impiega per funzionare. La pompa di calore in inverno assorbe calore dalla terra e lo trasferisce all'abitazione o all'acqua da scaldare, viceversa in estate assorbe calore dall'abitazione e lo trasferisce al terreno (Direct-Cooling). Questo processo si realizza fornendo energia elettrica alla macchina che "pompa calore" e risulta essere conveniente dal punto di vista energetico in quanto con un kWh di energia elettrica si producono fino a 5 kWh di energia termica, quindi una quantità di energia superiore a quella che si è spesa.

Il rendimento di una pompa di calore è inversamente proporzionale alla differenza di temperatura tra la sorgente di energia e l'ambiente da riscaldare; in pratica più grande è la differenza fra le due temperature, meno efficiente è il sistema. Come sorgente di calore a bassa temperatura si usa il terreno perché la domanda termica da soddisfare cresce proprio quando la temperatura dell'aria

esterna diminuisce: il rendimento di un sistema geotermico che assorbe energia dal terreno per riscaldare acqua a 35°C (utilizzata nei pannelli radianti) è maggiore di un sistema in cui l'energia viene fornita dalla combustione di combustibili fossili per riscaldare l'acqua a 60-70°C (utilizzo nei termosifoni).

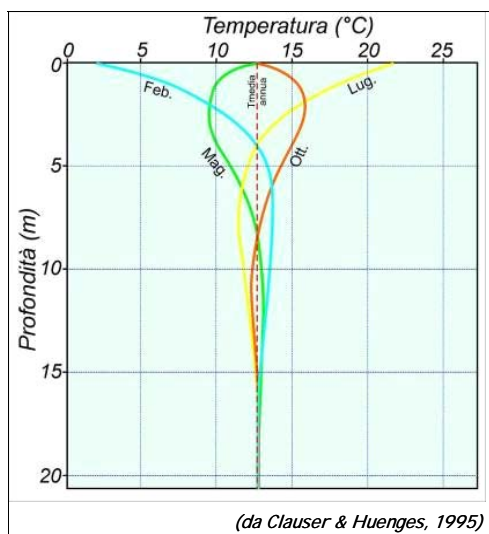


Figura 1 Temperature del terreno.

A partire da circa 20 metri di profondità infatti la temperatura del sottosuolo non risente più delle condizioni atmosferiche stagionali (in presenza di qualsiasi tipo di roccia o contesto geologico-strutturale) e si possono avere temperature costanti (tra 10 e 15°C alle nostre latitudini) di diversi gradi centigradi superiori alla media invernale e di gran lunga inferiori a quelle estive (Figura 1). Questa differenza di temperatura tra il sottosuolo e l'ambiente esterno è alla base del funzionamento (ciclo termodinamico) di questi impianti che non necessitano quindi di particolari anomalie termiche.

Nel suolo, utilizzato come serbatoio di calore, vengono praticate una o più perforazioni del diametro di 10-15 cm, fino a una profondità che dipende dal volume dell'edificio da servire (Figura 2).

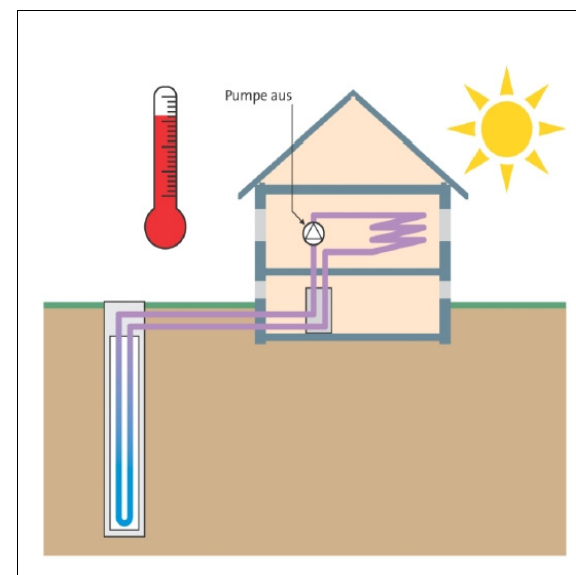


Figura 2 Raffrescamento diretto (Direct-cooling).

All'interno dei fori vengono fatte passare delle condutture in cui la pompa di calore fa circolare un fluido termovettore. La pompa di calore assorbe calore attraverso il fluido in un evaporatore, ne alza la temperatura attraverso il compressore, cede calore all'ambiente circostante attraverso il condensatore; durante questo processo viene consumata energia elettrica. Il bilancio energetico è a favore del sistema, poiché è in grado di fornire più energia, sotto forma di calore, di quella elettrica utilizzata per il suo funzionamento. L'efficienza è espressa dal coefficiente di prestazione "C.O.P.", che è dato dal rapporto tra l'energia prodotta e l'energia consumata e generalmente si aggira attorno a valori prossimi a 4, ma può variare a seconda del tipo di macchina; questo significa che una pompa di calore che produce circa 4 kWh termici impiega circa un solo kWh elettrico.

La tecnologia utilizzata dalle pompe di calore è ben collaudata e in Europa la sua diffusione sta crescendo notevolmente. In particolare dal 2005 al 2007 il mercato delle pompe di calore in Austria e in Germania è rispettivamente raddoppiato e triplicato, nel 2007 è stato raggiunto il numero di 18000 pompe di calore installate in Austria e circa 60000 in Germania. Anche in Svizzera sono più

di 30 anni che si è diffuso l'utilizzo degli impianti geotermici nel corso dei quali vi è stato notevole sviluppo di questi sistemi (nel 2004 sono state installate circa 10000 pompe di calore). Si ritiene che nell'immediato futuro questa nuova tecnologia possa svilupparsi anche in Italia.

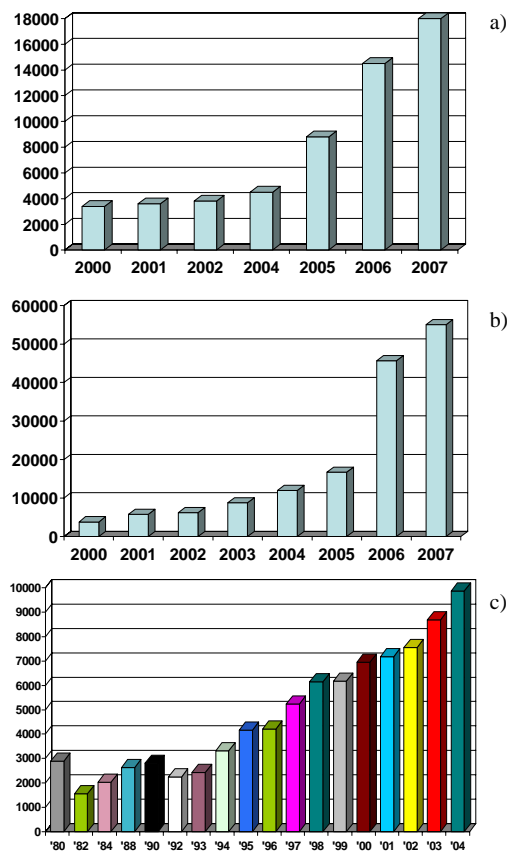


Figura 3 Mercato pompe di calore in Austria (a), Germania (b) e Svizzera (c).