

Umberto Puppini – Milano

Coordinatore GL 608 SG3 - Impianti geotermici a pompa di calore - Aspetti ambientali

Coordinatore GL 608 SG4 - Progettazione pozzi per acqua

USO DELLA FONTE GEOTERMICA A BASSA TEMPERATURA E ASPETTI AMBIENTALI NELLA NORMAZIONE UNI

1. Premessa

Le applicazioni geotermiche sono una realtà in grado di dare un contributo sostanziale al contenimento dei consumi energetici degli edifici sia per gli aspetti legati alla climatizzazione invernale che per quelli legati al raffrescamento estivo. Si valuta che nelle case italiane siano installati mediamente apparecchi elettrici con una potenza cumulata per 13 kW (a fronte del limite contrattuale tipico di 3 kW) su cui incide sensibilmente la presenza di dispositivi di raffrescamento a compressore elettrico.

In questo contesto, la diffusione di sistemi di climatizzazione reversibili a basso consumo energetico, come le pompe di calore, ha un primario interesse strategico e commerciale anche in Italia. In particolare le pompe di calore geotermiche, ossia collegate a sistemi di dispersione e recupero dal terreno con diverse tecniche, promettono elevati risparmi energetici per un'ampia rosa di applicazioni e, conseguentemente, un positivo impatto sull'ambiente soprattutto in termini di contenimento delle emissioni di gas serra.

Su queste premesse la Regione Lombardia ha affrontato, con il supporto del Comitato Termotecnico Italiano, il difficile lavoro di sviluppo del settore della geotermia a bassa temperatura.

Per raggiungere l'obiettivo prefissato e favorire la crescita del mercato nella direzione della 'qualità', è stato predisposto un ampio programma di lavoro per la messa a punto di norme tecniche mirate a rendere le applicazioni geotermiche il più possibile sicure, efficienti e funzionali, salvaguardando nel contempo i vari risvolti ambientali (UNI 11466:2012 sul dimensionamento e la progettazione, UNI 11467:2012 sull'installazione e UNI 11468:2012 sui requisiti ambientali).

2. Un richiamo allo scambio termico nel sottosuolo

Salvo casi particolari, i sistemi di estrazione di energia geotermica a bassa temperatura si sviluppano per profondità generalmente inferiori a 400 metri e attingono da sorgenti a temperatura praticamente stabile nel tempo e in profondità, rappresentate dal terreno e dalle falde in equilibrio termico con la temperatura media dell'aria. Diversamente sistemi profondi che attingono da serbatoi termici ad alta temperatura alimentata dal calore interno della terra sono profondi anche diverse migliaia di metri e sono destinati innanzitutto alla produzione di energia elettrica.

I sistemi e gli impianti che consentono di estrarre energia dal sottosuolo recentemente sono divenuti oggetto di una serie di progetti di norma elaborati in sede CTI, poi divenute norme UNI.

UNI 11466:2012 - Sistemi geotermici a pompa di calore - Requisiti per il dimensionamento e la progettazione

UNI 11467:2012 - Sistemi geotermici a pompa di calore - Requisiti per l'installazione

UNI 11468:2012 - Impianti geotermici a pompa di calore - Aspetti ambientali

UNI TS 11487:2013 - Sistemi geotermici a pompa di calore - Requisiti per l'installazione di impianti ad espansione diretta.

Altri progetti di norma sono seguiti a questa attività e sono in corso di elaborazione presso il CTI nell'ambito del gruppo di lavoro GL 608:

E0206D290 - Impianti geotermici a pompa di calore: monitoraggio energetico, ambientale e manutenzione

E0206C520 - Sistemi geotermici a pompa di calore: requisiti per la qualificazione delle ditte installatrici che forniscono servizi di perforazione e/o installazione degli impianti geotermici a pompa di calore

E0206D170 - Criteri di dimensionamento, installazione ed aspetti ambientali dei sistemi idrotermici a pompa di calore

E0206D570 - Sistemi geotermici a pompa di calore: Requisiti di qualificazione degli operatori delle ditte installatrici e/o perforatrici

E0206D120 - Pozzi per acqua. Progettazione e costruzione.

Di seguito, oltre a definire il contesto di interesse, si illustra per sommi capi la norma relativa agli aspetti ambientali dell'uso di pompe di calore geotermiche (UNI 11468:2012) e si indicano alcune ipotesi per la loro implementazione.

3. Sistemi a scambio indiretto o a circuito chiuso

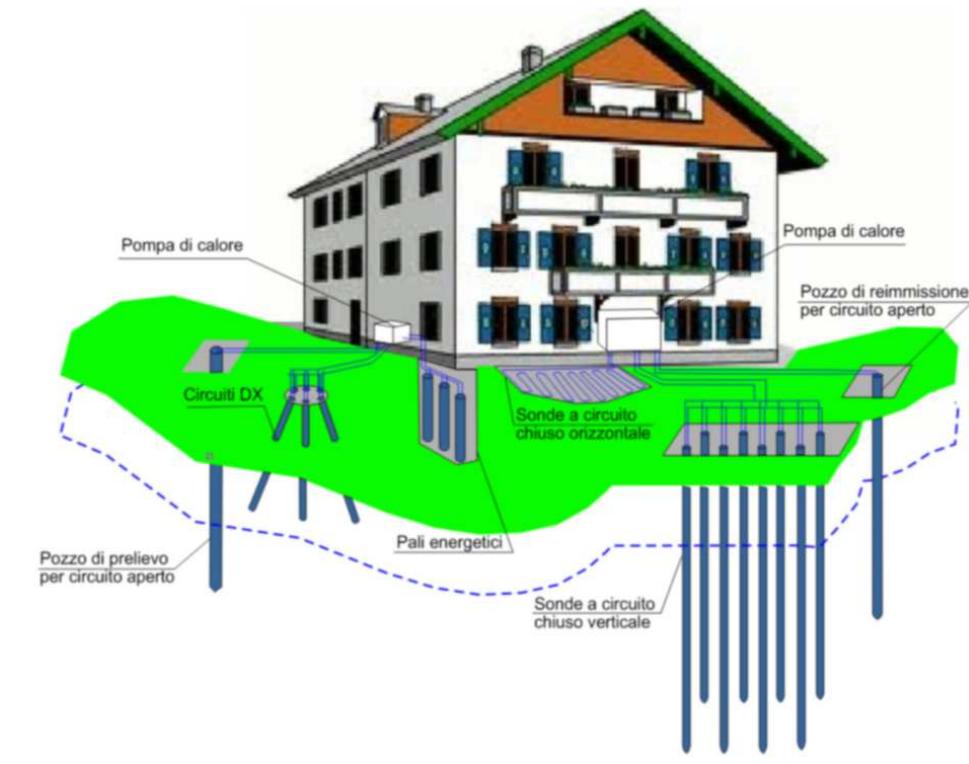
I sistemi a scambio termico indiretto consistono in un circuito chiuso formato da una tubazione inserita nel sottosuolo e riempita con un fluido termovettore normalmente a base di acqua eventualmente additivata con liquidi antigelo e stabilizzanti. Il movimento del fluido nel circuito assorbe o cede calore con il terreno circostante (si veda schema).

Lo scambio termico nel terreno può avvenire anche con sistemi ad espansione diretta (DX) quando il fluido termovettore, in questo caso interamente costituito da composti, sia di origine naturale come ammoniaca o anidride carbonica, sia di sintesi come i freon, che scorre in tubazioni di rame rivestite di PE inserite nel terreno. In questo caso il trasferimento di calore avviene grazie al fluido che circola nel circuito chiuso dalla serpentina posata nel terreno che funge da evaporatore, quindi, attraverso la pompa di calore fino al pavimento radiante, che funge da condensatore. Anche se questi sistemi non sono molto diffusi in Italia sono oggetto delle Specifiche Tecniche UNI TS 11487:2013.

Le principali tipologie di impianti sono alimentate da scambiatori a sviluppo verticale o a sviluppo orizzontale. In alcuni casi e con particolari cautele il circuito di scambio termico può essere accoppiato a strutture di fondazione sia a sviluppo verticale (pali, diaframmi) sia a sviluppo orizzontale (platee).

4. Sistemi a scambio diretto o a circuito aperto

Nei sistemi a scambio diretto il calore si ottiene estraendo acqua dalla falda (e non da corpi idrici superficiali perché in questo caso si tratta di fonte rinnovabile di tipo idrotermico) che, attraverso uno scambiatore, viene mandata ad una macchina termica (gruppo frigorifero, pompa di calore) e quindi restituita alla falda di origine (vedi schema) o a un corpo idrico superficiale.



Tipologie di sistemi di scambio geotermico a bassa temperatura

5. Il principio di sostenibilità e la geotermia a bassa temperatura

Gli impianti alimentati da fonte geotermica a bassa temperatura, siano essi a scambio indiretto (o a circuito chiuso) o a scambio diretto (o a circuito aperto) vengono di norma asserviti al condizionamento estivo ed invernale di ambienti chiusi ed alla produzione di acqua calda per uso sanitario per mezzo di pompe di calore che possono essere reversibili, cioè adatte all'uso sia d'estate che d'inverno, e polivalenti, ossia adatte alla produzione contemporanea di caldo e freddo. Lo stesso tipo di impianti è adatto anche all'uso diretto, per esempio per serre o stabilimenti termali, sempre che la temperatura del terreno lo consenta.

Per preservare la qualità ambientale delle risorse è necessario tener conto delle matrici investite dallo scambio termico nel sottosuolo e perciò, nella fase di analisi per il progetto, definire le modalità utili a garantire la sostenibilità ambientale ed economica della produzione di energia termica dalla sorgente di calore geotermica.

La definizione più nota di Sviluppo Sostenibile, dopo quella data dalla Commissione Brundtland nel 1987, è stata proposta da World Conservation Union (WCU), UN Environment Programme (UNEP) e World Wide Fund for Nature (WWF), che lo hanno identificato come 'un miglioramento della qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi di supporto, dai quali la vita stessa dipende'.

Oggi l'idea di sostenibilità ha lo stesso ruolo assunto da altre idee 'normative' come prosperità, libertà, solidarietà, equità, cioè idee che possono essere utili per dare un orientamento generale ma che devono essere interpretate concretamente in ogni specifica situazione (Homann, 1996; Brand, 1997).

Se si condivide questo principio come criterio fondante per le scelte di progetto, si pone la necessità di comprendere quali azioni concrete possono rendere sostenibile l'uso delle risorse geotermiche sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista energetico e, in ultima analisi, dal punto di vista economico.

L'Unione Europea sta sviluppando una serie di programmi per lo sviluppo delle fonti rinnovabili, tra le quali è esplicitamente riconosciuto il grande potenziale della fonte geotermica sia per la produzione di energia elettrica - si pensi al progetto per alimentare le linee AV della Germania con centrali geotermiche EGS dislocate lungo i percorsi - sia per la produzione di energia termica per usi civili e industriali. Le visioni dei programmi europei coprono la prospettiva breve del 2020 e più in là, nel medio e lungo termine, del 2030 e del 2050.

L'interconnessione tra l'aspetto energetico, quello economico e infine quello ambientale o, in una parola, la sostenibilità del sistema, è maggiore di quanto non si creda perché l'efficienza dello scambio termico dipende dalla conservazione della capacità di rinnovamento della risorsa, possibile finché non subisce alterazioni termiche irreversibili. Queste alterazioni possono dipendere da pratiche sbagliate in fase di progettazione, di esecuzione e di gestione di un impianto.

Oltre ai rischi di attivare effetti negativi, complementariamente è opportuno evidenziare gli effetti positivi indotti dall'uso della risorsa geotermica, vale a dire

- incremento dell'impiego di risorse rinnovabili
- riduzione di emissioni di CO₂ e altri gas nocivi
- miglioramento della qualità estetica degli edifici e riduzione delle emissioni sonore
- incremento dell'efficienza energetica, espressa con indicatori standard come COP, GUE e EER
- risparmio economico.

6. La progettazione integrata e il controllo dei rischi

Le analisi energetiche e ambientali sulla risorsa geotermica raggiungono la massima efficacia nell'ambito delle procedure di progettazione integrata, le sole che rappresentano una sicura base per l'uso corretto e duraturo di energia geotermica a bassa temperatura.

Queste prassi sono rivolte a utenti evoluti e attenti sia ai vantaggi già richiamati sia al significato della produzione in filiera corta, in questo caso di energia, che la fonte geotermica e quella solare possono offrire.

Tali utenti sono rappresentati da:

- investitori e progettisti, per la fase di valutazione di fattibilità del progetto
- imprese, per la fase di esecuzione tramite scavi e perforazioni, posa di materiali nel sottosuolo, installazione e allestimento degli impianti meccanici
- gestori, per le fasi di esercizio, manutenzione e eventuale dismissione dell'impianto
- controllori pubblici e privati, per la fase di verifica degli effetti dello scambio termico a breve, medio e lungo termine.

Le possibili interferenze con l'ambiente interessano soprattutto il serbatoio naturale rappresentato dal sottosuolo, ossia il volume di terreno che alimenta l'impianto e che è anche il recettore finale del processo di scambio.

Il valore che matura con l'uso sostenibile della risorsa deve essere conservato evitando l'alterazione incontrollata dell'equilibrio termico del serbatoio.

Per questo motivo la definizione dei parametri energetici ed ambientali significativi e la misurazione delle loro variazioni rappresentano il solo modo per controllare la sostenibilità dello scambio termico.

Date queste premesse, le analisi preliminari saranno rivolte a limitare o impedire l'evenienza di danni alle matrici ambientali già nella fase di progettazione, quindi in quella di esecuzione e, infine, nella fase di

gestione e manutenzione di un impianto alimentato con fonte geotermica. L'attenzione dev'essere rivolta sia ad ottenere il massimo del vantaggio sia a proteggere l'utente dagli eventuali effetti negativi sulle matrici ambientali coinvolte nello scambio termico, ossia sottosuolo, corpi idrici superficiali e sotterranei, atmosfera e biosfera.

La progettazione integrata serve a definire cosa è utile fare per soddisfare i principi dettati dalle norme di riferimento e, al tempo stesso, per gestire i rischi ambientali, con l'obiettivo di rispettare l'interesse economico e sociale di tutti i componenti della filiera e di attivare tutte le misure di cautela.

7. La Norma UNI 11468:2012

La norma definisce una procedura di valutazione del livello di compatibilità ambientale degli impianti geotermici a pompa di calore. La norma è finalizzata a individuare le possibili interferenze con l'ambiente degli impianti che si servono di fonti geotermiche a bassa temperatura, qualsiasi sia il sistema impiegato per scambiare calore. Le interferenze con l'ambiente riguardano soprattutto il serbatoio naturale rappresentato dal sottosuolo, che alimenta l'impianto ed è anche il recettore finale del processo di scambio termico.

La norma si propone come strumento destinato al progettista, alle imprese e ai controllori pubblici e privati.

Proprio perché si rivolge a diverse figure professionali e quindi con diverse esigenze di conoscenze sul sistema, ed anche per venire incontro alle richieste degli organi istituzionali preposti al controllo, la norma è stata volutamente redatta in maniera discorsiva.



Esempio di sala tecnica (Fonte: E.GEO srl)

7.1 Scopo e campo di applicazione

La norma definisce i criteri per la valutazione del livello di sostenibilità ambientale degli impianti geotermici a pompa di calore e si applica alle fasi di progettazione, installazione, gestione, manutenzione e controllo.

La norma ha come scopo e campo d'applicazione gli impianti geotermici a bassa entalpia a pompa di calore a scambio diretto (o a circuito aperto) e a scambio indiretto (o a circuito chiuso) progettati ed eseguiti in conformità alla UNI 11466:2012 e alla UNI 11467:2012, utilizzati per produrre energia termica per climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento), e produzione di acqua calda sanitaria mediante scambio di calore con il sottosuolo, qualunque sia la destinazione finale.

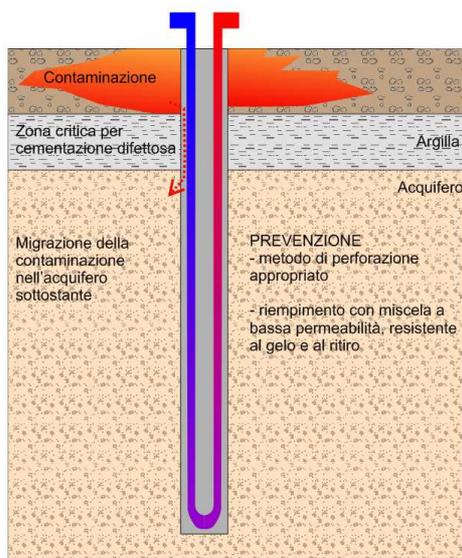
A questo fine si ritiene utile valutare gli effetti positivi dell'uso della risorsa in termini di:

- riduzione di emissioni di CO₂ e altri gas
- uso di risorse rinnovabili
- efficienza energetica espressa come SPF, COP, GUE e EER

e, nel contempo, valutare gli eventuali effetti negativi sulle matrici ambientali (atmosfera, sottosuolo, acque superficiali e sotterranee) e sugli esseri viventi.

7.2 Valutazioni per un giudizio di sostenibilità ambientale

La realizzazione di impianti può interferire direttamente con matrici ambientali usate anche per altri scopi, primo tra i quali, nel caso delle falde, l'approvvigionamento di acqua potabile che in Italia avviene per oltre il 75% da queste fonti. Per questo motivo si rende necessario tenere in massima considerazione la tutela della risorsa destinata a questi usi nell'uso di entrambi i sistemi, valutando la loro sostenibilità ambientale con la dovuta attenzione. A tal fine è necessario individuare e stimare il rischio legato all'interferenza con gli altri usi e valutare la sostenibilità dell'intervento.



Rischio veicolazione contaminazione attraverso sonda verticale

Accettabilità crescente	Danno potenziale			
	Forte	Moderato	Minimo	Non degno di considerazione
Probabilità d'insorgenza del pericolo				
Alta	Rischio alto	Rischio alto	Rischio medio – basso	Quasi nullo
Media	Rischio alto	Rischio medio	Rischio basso	Quasi nullo
Bassa	Rischio medio-alto	Rischio medio - basso	Rischio basso	Quasi nullo
Trascurabile	Rischio basso - medio- alto	Rischio medio - basso	Rischio basso	Quasi nullo

Schema per la valutazione preliminare del rischio

Di seguito sono elencate alcune valutazioni utili a esprimere un giudizio di sostenibilità basato su criteri oggettivi:

- Esito della valutazione preliminare del rischio

- Esito dell'eventuale analisi di rischio eseguita secondo Linee Guida Luglio 2006 di ISPRA
- Esito delle eventuali modellazioni con indicazione dell'estensione della variazione di temperatura della falda per equidistanza rappresentata da variazione isoterma di 1 °C
- Valutazione della deriva termica nel tempo tramite analisi del TRT a carico costante o a carico variabile o tramite modellazioni con codice analitico o con codice numerico
- Calcolo e verifica impronta su serbatoio geotermico tramite bilancio energetico annuale
- Valutazione della durabilità dell'opera basata su assenza o stabilizzazione deriva termica e su penalizzazione
- Valutazione dell'efficienza energetica del sistema di scambio geotermico espressa come COP, GUE e EER
- Quantificazione della riduzione delle emissioni di CO₂ e quantificazione delle TEP risparmiate con l'uso della risorsa geotermica
- Previsione procedure di dismissione.

7.3 Monitoraggio quantitativo per sistemi a scambio diretto e indiretto

I principali parametri utili a definire le condizioni di esercizio dello scambio termico, con riguardo alla produzione sostenibile di energia, sono elencati di seguito:

- Temperature e livelli delle falde
- Temperature di mandata e ritorno dell'acqua di circolazione nell'impianto
- Portata dell'acqua di circolazione dell'impianto
- Condizioni climatiche esterne (temperature, umidità relativa e irraggiamento solare)
- Temperatura dell'ambiente interno
- Potenza elettrica assorbita dalla pompa di calore
- Frequenza di funzionamento del compressore
- Regime delle portate.

La frequenza delle misure deve essere definita in sede di progetto.

7.4 Monitoraggio qualitativo per sistemi a scambio diretto e indiretto

Il monitoraggio periodico della qualità dell'acqua delle falde interessate dai sistemi di scambio termico può rendersi necessario con frequenza da definire caso per caso, eventualmente in parte e in tutto coincidente con i momenti del monitoraggio quantitativo.

Il campionamento d'acqua va fatto con elettropompa sommersa posata almeno 2 m sotto il livello di equilibrio della falda accertato, presso i filtri nel punto di osservazione designato a tale scopo, con pompaggio fino a stabilizzazione dei valori di portata, temperatura e conducibilità o fino a estrazione di un volume d'acqua pari a 3 volumi della colonna del punto di osservazione.

Il monitoraggio può essere finalizzato alla quantificazione di diversi parametri. Dovranno essere indicate le metodiche per l'analisi dei parametri scelti.

Nel caso il monitoraggio evidenzi anomalie significative relative all'efficienza dello scambio termico e dell'integrità ambientale delle matrici interessate, si rende necessario valutare tutti i parametri di progetto verificando innanzitutto la performance energetica dell'impianto. Per quanto riguarda i parametri ambientali va definito un protocollo specifico per valutare il significato dell'anomalia e per la ricerca delle sue cause, con riguardo anche ad eventuali perturbazioni delle condizioni di avvio dell'esercizio dovute a cause esterne. La frequenza dei campionamenti deve essere definita in sede di progetto.

Alcuni parametri sono elencati di seguito:

PARAMETRI MICROBIOLOGICI

- Escherichia coli
- Metallobatteri

PARAMETRI CHIMICI

- Metalli
- Solfuri (come H₂S)
- Azoto ammoniacale
- Azoto nitroso
- Azoto nitrico
- Idrocarburi totali (espressi come n-esano)
- Idrocarburi leggeri C<12
- Idrocarburi pesanti C>12
- Solventi clorurati

Set analitico indicativo per verifica qualità acque sotterranee presso impianti di scambio geotermico

8. Conclusione

La norma definisce una procedura di valutazione del livello di compatibilità ambientale degli impianti geotermici a pompa di calore ed è finalizzata a individuare le possibili interferenze con l'ambiente degli impianti, qualsiasi sia il sistema impiegato per scambiare calore.

Tale procedura deve essere parte del processo di progettazione integrata finalizzato a ottenere la massima efficienza dall'impianto a fonte geotermica.

La casistica degli impianti oggetto di monitoraggio e di verifiche di efficienza è ormai ampia e costituisce un valido strumento di dimostrazione dell'efficacia dei sistemi di scambio a fonte geotermica.