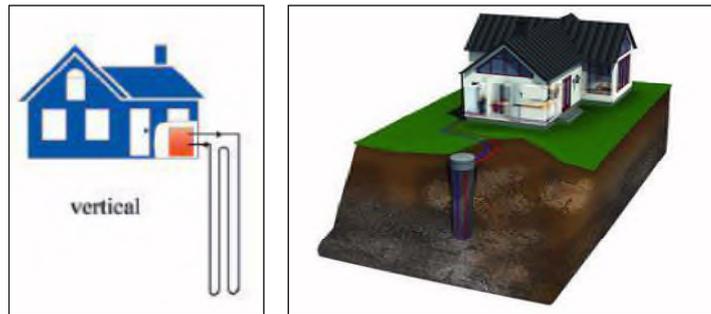


EED – Sonde Geotermiche

EED è un software per il calcolo delle sonde geotermiche verticali



Caratteristiche

Il Software consente il dimensionamento e lo studio delle sonde geotermiche in modo rapido e sicuro attraverso l'utilizzo di un metodo di simulazione numerica basato sui dati analitici del flusso di calore derivanti da diverse combinazioni di strutture. E' adatto a qualsiasi tipo di terreno e a qualsiasi località. Earth Energy Designer (EED) è un codice di calcolo per il dimensionamento di sonde geotermiche verticali interrate per applicazioni in impianti termici a pompa di calore. L'utilizzo di EED aiuta a superare l'ostacolo principale alla penetrazione del mercato da parte delle pompe di calore geotermiche e dei sistemi a scambiatori verticali in particolare, grazie all'individuazione di criteri di progettazione e modellazione appropriati. Dal momento che le perforazioni hanno un peso decisivo sul costo totale dell'impianto, il loro corretto dimensionamento è un obiettivo tassativo per ottenere la sostenibilità finanziaria dell'impianto. Anche gli aspetti del funzionamento a lungo termine dello scambiatore, strettamente legati alle condizioni di temperatura del terreno circostante e alle variazioni di temperatura che si determinano a seguito dell'estrazione o dell'immissione di calore, possono essere correttamente valutati con EED.

Le importanti potenzialità offerte dagli scambiatori di calore geotermici verticali traggono origine dalle caratteristiche di accumulo del calore tipiche del terreno e dal continuo scambio di calore che avviene tra l'atmosfera, la superficie terrestre e gli strati profondi.

Come conseguenza di questo scambio termico la temperatura dello strato superficiale del terreno (sino ad una profondità di 10-20 m) oscilla attorno alla temperatura media annuale dell'aria, con modalità dipendenti dalla posizione geografica, dal tipo di terreno e dalla sua umidità.

Le oscillazioni dell'aria risultano di ampiezza notevolmente maggiore rispetto a quelle del terreno, e queste ultime sono sfasate rispetto a quelle dell'aria a livello temporale.

Lo strato più profondo del terreno non risente delle variazioni stagionali di temperatura, ma in esso si registra un dato gradiente geotermico, che determina un aumento della temperatura all'aumentare della profondità (in media 3°C ogni 100 metri di profondità).

Ai fini del corretto sfruttamento della risorsa geotermica, del buon funzionamento della pompa di calore ad esso asservita e della riduzione dei costi di perforazione ed installazione delle sonde, si rende necessario utilizzare modelli di scambio termico in grado di simulare il funzionamento delle sonde geotermiche e dell'impianto nel suo complesso, lungo tutto il periodo di attività del sistema.

Il terreno risponde agli impulsi termici trasferendo calore allo scambiatore geotermico.

Quando l'impianto opera in modalità riscaldamento lo scambiatore sottrae calore al terreno (diminuzione della sua temperatura), quando il funzionamento dell'impianto viene invertito (raffrescamento), il calore ceduto causa un aumento di temperatura. A seconda dell'uso prevalente, negli anni si avrà un progressivo **raffreddamento o riscaldamento del terreno** che influirà sul funzionamento dell'impianto.

I risultati di campagne di monitoraggio di un impianto funzionante in modalità riscaldamento¹ confermano che nel campo vicino intorno alle sonde, il terreno si raffredda nei primi 2-3 anni di funzionamento dell'impianto. Il decremento di temperatura diminuisce di anno in anno sino a quando viene raggiunto un nuovo equilibrio termico.

Al fine di sfruttare in maniera sostenibile la risorsa geotermica, si rendono necessarie la modellazione del campo di sonde e la simulazione del suo funzionamento durante gli anni di operatività dell'impianto.

Tra le **tecniche di modellazione** si distinguono i modelli di tipo analitico, i modelli di tipo numerico e i modelli ibridi. Quelli analitici, vantaggiosi dal punto di vista computazionale, sono semplificativi dal punto di vista geometrico risultano più adatti alla simulazione del comportamento dei campi di sonde geotermiche nel lungo periodo. I modelli numerici sono in grado di tenere in conto le complessità geometriche, ma sono impegnativi a livello computazionale, vengono usati soprattutto per simulazioni di brevi periodi di funzionamento delle sonde.

I **modelli ibridi** combinano i vantaggi delle tecniche analitiche e di quelle numeriche, con lo scopo di permettere la simulazione delle prestazioni degli scambiatori sul lungo periodo senza rinunciare a considerare la configurazione geometrica delle perforazioni.

Il metodo utilizzato da EED è quello dell'approccio ibrido, che calcola l'andamento, variabile nel tempo, della temperatura del fluido vettore di ritorno dalle sonde in funzione della configurazione, delle proprietà del terreno e dei carichi termici stagionali richiesti all'impianto di climatizzazione.

Questa tecnica si basa su dei *fattori di risposta di temperatura adimensionali*, chiamati **g-functions**. I fattori di risposta sono calcolati con un procedimento in due passaggi. Il primo passaggio è la determinazione della risposta alla parete esterna della perforazione di una singola sonda di lunghezza e diametro finiti ad un *unico impulso di temperatura*. La risposta di temperatura viene ottenuta mediante una simulazione bidimensionale (radiale, assiale) alle differenze finite, con condizioni iniziali ed al contorno costanti.

Il secondo passaggio è la **sovrapposizione degli effetti spaziale**, mediante la quale si ottiene la risposta di temperatura di un campo di sonde caratterizzate da un certo rapporto tra spaziatura orizzontale e lunghezza (b/H).

La **g-function** è la curva che si ottiene adimensionalizzando la risposta di temperatura della parete esterna delle perforazioni rispetto al tempo.

Calcoli

- Dimensionamento e studio parametrico di pompe di calore;
- Scambiatori di calore per sonde geotermiche verticali (coassiali, ad U, a doppio U o a triplo U);
- Adatto a qualsiasi tipo di terreno ed a qualsiasi località;
- Funzioni di scambio con il metodo "g-function";
- Calcolo della temperatura di congelamento;
- Calcolo della resistenza termica della sonda, sulla base della sua geometria, del materiale e delle dimensioni della tubazione;
- Stima dei costi e analisi economica.

Perforazione e scambiatore di calore

Sonda

Tipo: **Coassiale**

Configurazione: 0 ("1 : single")

Profondità: 110.0 m

Distanza: 10.0 m

Diametro: 110.000 mm

Resistenza di contatto tubo/riempimento: 0.0000 (m·K)/W

Conducibilità termica del riempimento: 0.600 W/(m·K)

Portata volumetrica Q: per tutte le sonde Per sonda: 2,000 l/s

Series Factor (1=paralleli) 1 Qbh=Q=2 l/s

Tubo interno

Diametro esterno: 50.000 mm

Spessore: 4.600 mm

Conducibilità termica: 0.220 W/(m·K)

Tubo esterno

Diametro esterno: 100.000 mm

Spessore: 4.000 mm

Conducibilità termica: 0.400 W/(m·K)

Copia negli appunti (clipboard)

Perforazione e scambiatore di calore

Sonda

Tipo: **a doppio U**

Configurazione: 0 ("1 : single")

Profondità: 110.0 m

Distanza: 10.0 m

Diametro: 110.000 mm

Resistenza di contatto tubo/riempimento: 0.0000 (m·K)/W

Conducibilità termica del riempimento: 0.600 W/(m·K)

Portata volumetrica Q: per tutte le sonde Per sonda: 2,000 l/s

Series Factor (1=paralleli) 1 Qbh=Q=2 l/s

Tubazione ad U

Diametro esterno: 32.000 mm

Spessore: 3.000 mm

Conducibilità termica: 0.420 W/(m·K)

Distanza tra tubi: 70.000 mm

Copia negli appunti (clipboard)

Perforazione e scambiatore di calore

Sonda

Tipo: **a triplo U**

Configurazione: 0 ("1 : single")

Profondità: 110.0 m

Distanza: 10.0 m

Diametro: 110.000 mm

Resistenza di contatto tubo/riempimento: 0.0000 (m·K)/W

Conducibilità termica del riempimento: 0.600 W/(m·K)

Portata volumetrica Q: per tutte le sonde Per sonda: 2,000 l/s

Series Factor (1=paralleli) 1 Qbh=Q=2 l/s

Tubazione ad U

Diametro esterno: 32.000 mm

Spessore: 3.000 mm

Conducibilità termica: 0.420 W/(m·K)

Distanza tra tubi: 70.000 mm

Copia negli appunti (clipboard)

Parametri considerati nel calcolo:

a) Caratteristiche del terreno e delle sonde

- Conducibilità termica [W/mK]: se non si dispone di dati misurati sul campo (Thermal Response Test) si può selezionare il valore della conducibilità termica dal database;
- Calore specifico volumetrico del terreno [MJ/m³K]: questa proprietà, assieme alla conducibilità termica, viene usata per calcolare la diffusività termica [m²/s], grandezza che indica quanto rapidamente il calore si diffonde all'interno di un corpo;
- Temperatura del terreno alla superficie [°C]: questo valore, assieme al flusso di calore geotermico ed alla conducibilità termica, permette di calcolare la temperatura indisturbata del terreno ad una data profondità, temperatura dalla quale partirà la simulazione;
- Flusso di calore geotermico [W/m²]: è richiesto il valore del flusso di calore geotermico e non il valore del gradiente geotermico, per tenere conto della conducibilità termica: il flusso di calore si determina moltiplicando il gradiente geotermico per la conducibilità termica locale;
- Resistenza di contatto tubo/riempimento [mK/W]: valore dipendente dalla qualità dell'operazione di riempimento della perforazione (coatto tra tubo e materiale di riempimento).

b) Caratteristiche dell'impianto

- Carichi termici medi richiesti all'impianto: energia totale annuale e profilo mensile [MWh], oppure Valori energia mensile [MWh];
- COP medi stagionali per la produzione di acqua calda e fredda;
- Possibilità di imporre che la circolazione dell'acqua proveniente dagli scambiatori avvenga direttamente, senza passare per la pompa di calore (modalità utilizzata spesso per il raffrescamento);
- Carico per l'acqua calda sanitaria.

Analisi effettuate:

- Calore totale estratto dal terreno (dato dalla somma del calore estratto per riscaldamento ed acqua calda sanitaria, cui viene sottratto il calore immesso per il raffrescamento). Il funzionamento annuale dello scambiatore risulterà tanto più equilibrato quanto più questo valore sarà prossimo allo zero;
- Calcolo delle temperature di picco, eseguito per stimare le temperature minime (o massime) raggiunte dal terreno e quindi dal fluido entrante nell'impianto durante gli anni di operatività, per fare in modo che la conduzione dell'impianto non presenti problemi anche in caso di funzionamento alle massime potenze. E' infatti particolarmente importante prevedere che le temperature del fluido vettore si mantengano al di sopra della temperatura di congelamento del fluido stesso, e che comunque non escano dal range di funzionamento della pompa di calore.

Archivi dettagliati

- parametri del suolo, proprietà delle tubazioni, caratteristiche del fluido termovettore;
- Circa 800 diverse sistemazioni delle sonde (singole, in linea, ad L, ad U, sistemazione rettangolare);
- Archivio costi di perforazione, utilizzati per la stima economica.

Stampe

- relazione tecnica dettagliata ed analisi grafica dei risultati;
- Grafico delle temperature del fluido nell'ultimo anno di simulazione;
- Grafico delle temperature massime e minime del fluido negli anni di simulazione;
- Risultati esportabili in Excel.

