

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI «ROMA TRE»
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO**
presentano

LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

**SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE
IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE GEOLOGICO**

A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO

**LE ATTIVITÀ DEL GEOLOGO
NELLA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO
20 MARZO 2025**

Dr. Geol. DANIELE D'OTTAVIO

dottavio@geoambiente.it

GEOAMBIENTE S.C.A.R.L. – Via delle Idrovore della Magliana, 147 – 00148 Roma

GEOTERMIA - DEFINIZIONE

Per GEOTERMIA si intende la disciplina delle scienze della Terra che studia l'insieme dei fenomeni naturali coinvolti nella produzione e nel trasferimento di calore proveniente dall'interno della Terra.....

I suoi principi sono sfruttati a livello tecnologico nella produzione di energia elettrica e nella cogenerazione attraverso le centrali geotermiche a partire dall'energia geotermica associata.

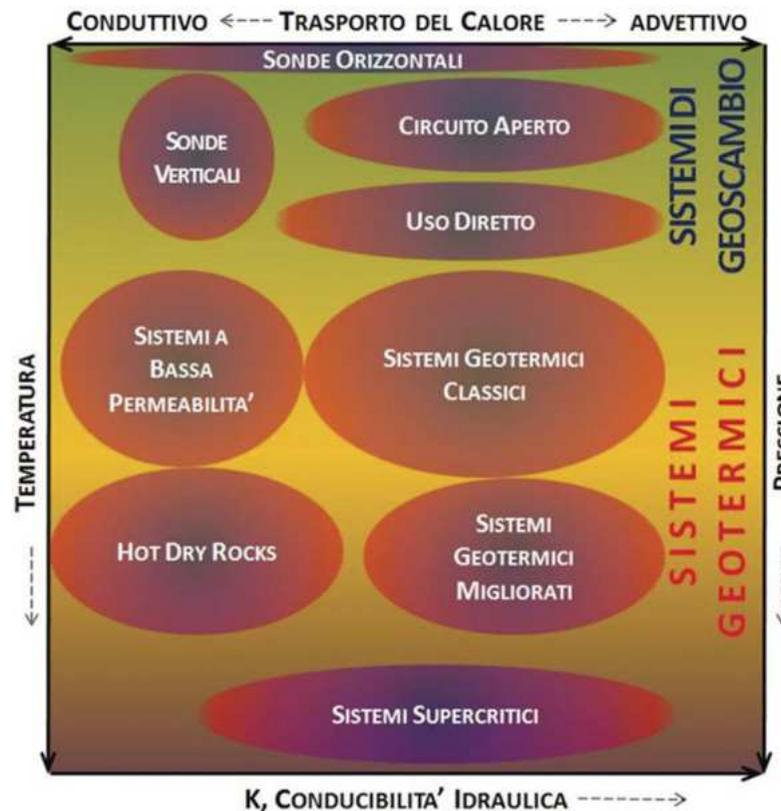
«Da Wikipedia, l'enciclopedia libera»

*... e nella realizzazione di **SISTEMI DI GEOSCAMBIO** per la climatizzazione degli edifici e produzione di **Acqua Calda Sanitaria***

*Nel **CONTESTO LAVORATIVO** per **GEOTERMIA** si intende comunemente **SFRUTTAMENTO DI RISORSE GEOTERMICHE***

SISTEMI DI GEOSCAMBIO - DEFINIZIONE

Per SISTEMI DI GEOSCAMBIO si intendono quei sistemi geotermici attraverso i quali non si produce energia elettrica mediante lo sfruttamento diretto del calore, bensì si sfruttano le temperature costanti del sottosuolo per la climatizzazione dei diversi ambienti (Huenges, 2010)



Classificazione dei sistemi geotermici per i diversi utilizzi delle risorse geotermiche (Cultrera, 2013)

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

CLASSIFICAZIONE GENERALE

Il Decreto legislativo 22/2010: Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche

Art. 1 Ambito di applicazione della legge e competenze

Comma 1:

La ricerca e la coltivazione a scopi energetici delle risorse geotermiche effettuate nel territorio dello Stato, nel mare territoriale e nella piattaforma continentale italiana, quale definita dalla legge 21 luglio 1967, n.613, sono considerate di **pubblico interesse** e di **pubblica utilità** e sottoposte a regimi abilitativi ai sensi del presente decreto.

Comma 2:

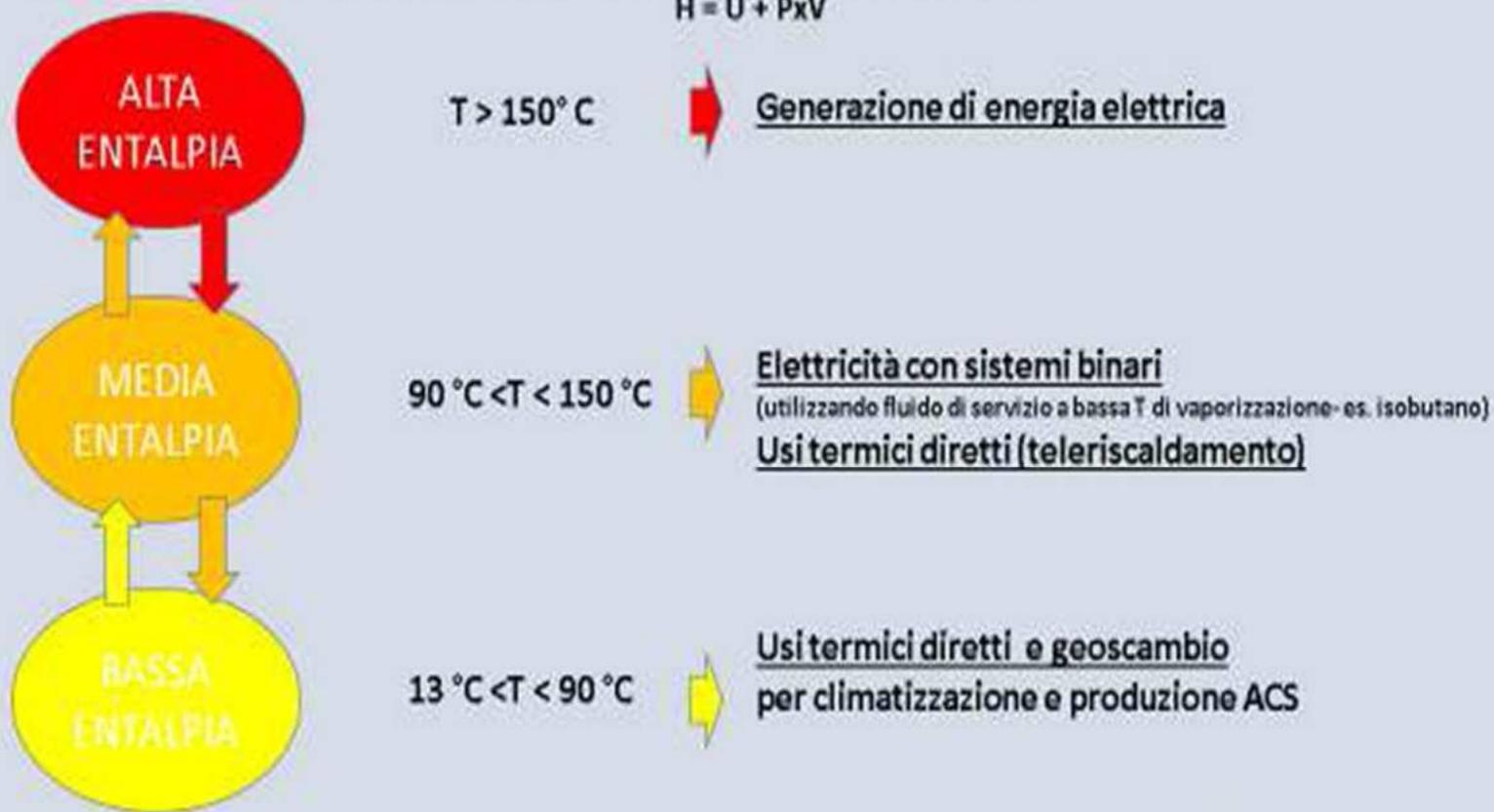
- a) sono risorse geotermiche ad **alta entalpia** quelle caratterizzate da **una temperatura del fluido reperito superiore a 150 °C**;
- b) sono risorse geotermiche a **media entalpia** quelle caratterizzate da **una temperatura del fluido reperito compresa tra 90 °C e 150 °C**;
- c) sono risorse geotermiche a **bassa entalpia** quelle caratterizzate da **una temperatura del fluido reperito inferiore a 90 °C**.

CLASSIFICAZIONE GENERALE UTILIZZI DELLA RISORSA GEOTERMICA

CLASSIFICAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE

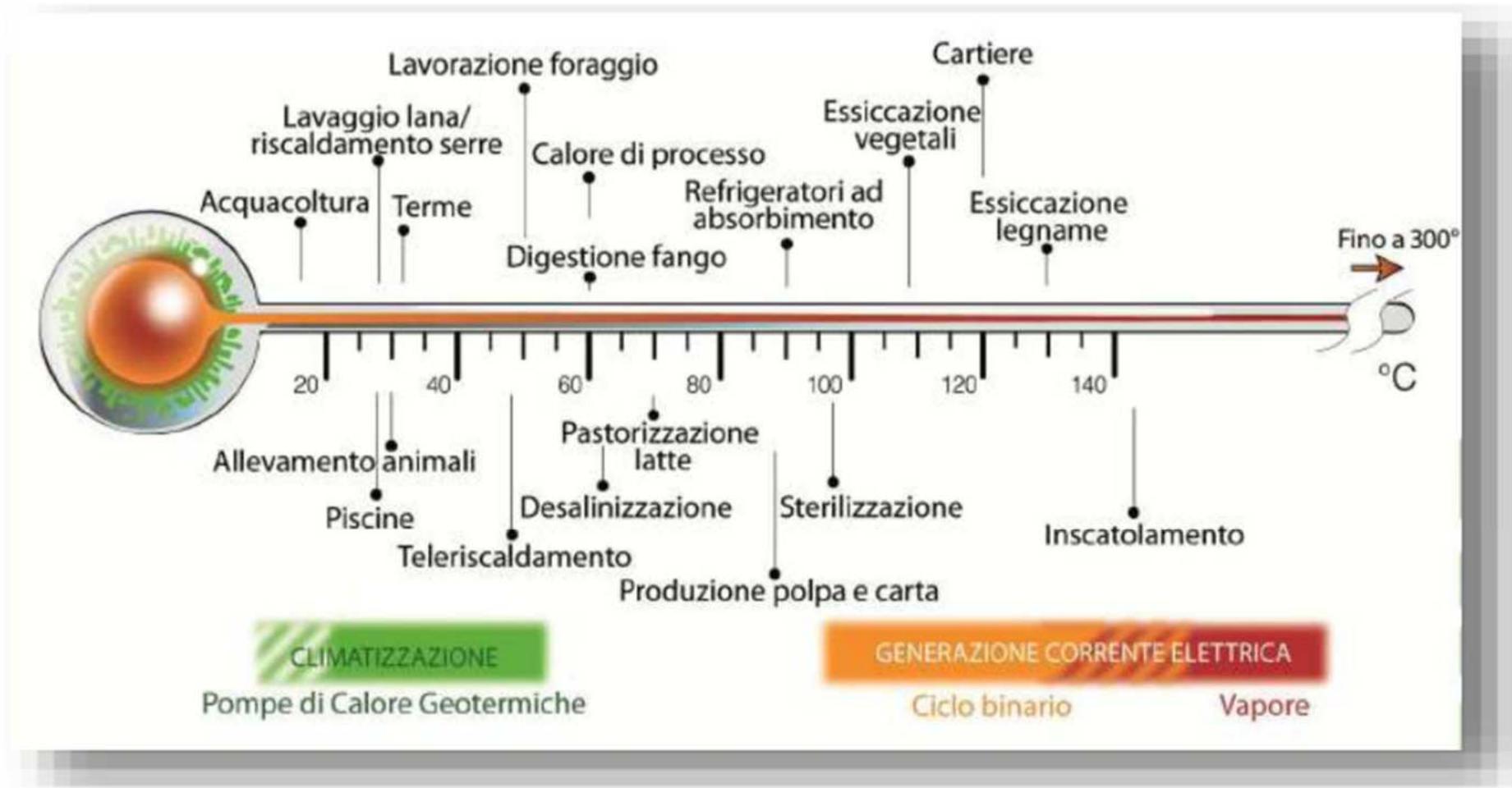
L'Entalpia esprime la quantità di energia termica di un certo sistema termodinamico, come di una data massa di fluido, ed è espressa dalla somma dell'energia interna U e del prodotto della Pressione e Volume.

$$H = U + P \times V$$



UTILIZZI DELLA RISORSA GEOTERMICA

La risorsa geotermica può essere impiegata per diversi scopi



GEO TERMIA A “BASSA ENTALPIA”

LA GEOTERMIA A «BASSA ENTALPIA» È QUELLA CHE SFRUTTA IL SOTTOSUOLO (A PICCOLA PROFONDITÀ) COME SERBATOIO TERMICO DAL QUALE ESTRARRE CALORE DURANTE LA STAGIONE INVERNALE E AL QUALE CEDERNE NELLA STAGIONE ESTIVA ... ATTRAVERSO I SISTEMI DI GEOSCAMBIO.

LA GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA È QUELLA «GEOTERMIA» CON LA QUALE QUALSIASI EDIFICIO (.....), IN QUALSIASI LUOGO DELLA TERRA (....), PUÒ RISCALDARSI E RAFFRESCARSI INVECE DI USARE LA CLASSICA CALDAIA D'INVERNO E IL GRUPPO FRIGO D'ESTATE,

CON INNEGABILE CONVENIENZA ECONOMICA E AMBIENTALE

LA PORZIONE DI SOTTOSUOLO GENERALMENTE INTERESSATA DA QUESTO TIPO DI TECNOLOGIA È QUELLA CHE VA DA QUALCHE METRO FINO A OLTRE 200 M DI PROFONDITÀ.

GEO TERMIA A “ BASSA ENTALPIA “

VANTAGGI

Impianto: a livello impiantistico, una unica macchina silenziosa e dalle dimensioni contenute consente sia di riscaldare che di raffrescare. **La pompa di calore geotermica sostituisce quindi in tutto e per tutto la caldaia per il riscaldamento e i gruppi frigo per il raffrescamento;** può essere alloggiata in qualsiasi locale perché non necessita di ambienti dedicati e non necessita di canna fumaria. Tutto ciò consente un notevole recupero di spazi all'interno dell'edificio ed una riduzione degli oneri relativi alle opere murarie accessorie.

Sicurezza: dal punto di vista della sicurezza, l'impianto geotermico rappresenta quanto di meglio possa offrire la tecnologia, in quanto **non è più necessario l'utilizzo di alcun combustibile** e questo azzerava i pericoli derivanti da: perdite di gas con conseguente pericolo di saturazione; perdita di monossido di carbonio da scarichi della caldaia; pericolosi stoccaggi a elevato rischio di incendio e che in caso di rottura possono sversare il proprio contenuto al suolo, con conseguenti contaminazioni e inquinamento dei suoli e delle falde.

GEO TERMIA A “ BASSA ENTALPIA “

VANTAGGI

Ambiente: gli impianti di climatizzazione geotermici rappresentano una delle tecnologie meno inquinanti, e più rispettose dell'ambiente. In questo tipo di impianti si ha la totale **assenza di emissioni di CO2 o di altre sostanze nocive** (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri sottili, particolato, PM 10, PM 2,5, policiclici aromatici cancerogeni, e diossine in caso di perdita di efficienza del bruciatore). **Gli impianti geotermici, sono il sistema con il più basso valore delle emissioni di CO2 fra tutte le tecnologie disponibili per la climatizzazione e il più basso impatto ambientale complessivo.** Durante l'estate questi impianti non contribuiscono in alcun modo all'inquinamento termico dell'atmosfera, in quanto smaltiscono il calore nel sottosuolo, generando a volte accumulo termico per la stagione invernale successiva.

Manutenzioni: le manutenzioni di un impianto di climatizzazione geotermica sono **praticamente nulle** rispetto alle costose manutenzioni necessarie alla caldaia (pulizia del camino, controllo del bruciatore, etc.) o ai gruppi frigoriferi.

Facile utilizzo: si tratta di una semplice **pompa di calore** con **modalità di controllo** anche da remoto, quindi **a portata dell'utente privato** che deve gestire un semplice selettore.

GEO TERMIA A “BASSA ENTALPIA”

VANTAGGI

Costi di gestione: i consumi di corrente elettrica sono molto bassi. I risparmi sui costi di gestione sono consistenti e le manutenzioni sugli impianti molto limitate.

Architettura: non è più necessario installare gruppi frigoriferi al di fuori degli edifici lasciando spazio disponibile per altri impieghi, eliminando i problemi di corrosione e rendendo più semplice la manutenzione, vista la maggiore accessibilità dell'impianto.

Non richiedendo gas, non è più necessario ricavare nicchie per l'alloggiamento di ingombranti contatori.

Isole termiche: nelle grandi città, l'utilizzo di condizionatori tradizionali ad aria (Split) crea all'interno dell'area urbana il cosiddetto fenomeno delle isole termiche. **I condizionatori immettono aria calda in atmosfera.** A causa della ventilazione non sufficiente, in quanto ostacolata dai palazzi, in particolari condizioni si creano situazioni in cui **la temperatura dei centri urbani arriva a essere di parecchi gradi superiore a quella del territorio circostante.** *Questo fenomeno, dovuto anche al traffico veicolare, potrebbe essere notevolmente contenuto se lo scambio avvenisse con il sottosuolo.*

GEO TERMIA A “BASSA ENTALPIA”

VANTAGGI

Durata degli impianti: E' presumibile ipotizzare che le sonde geotermiche installate oggi durino almeno 100 anni. La vita media delle migliori pompe di calore geotermiche ammonta a circa 40.000 ore di funzionamento. Considerato che una **pompa di calore** lavora dalle 2.000 alle 2.500 ore/anno, **la durata di un macchinario di questo tipo è pari a circa 20 anni.**

Minore utilizzo di refrigeranti: Le pompe di calore acqua-aria e acqua-acqua contengono al loro interno un sistema di refrigerazione che riduce il rischio di perdite di HCFC e malfunzionamenti dovuti a errata carica o connessione. Richiedono inoltre una quantità inferiore dal 20% al 70% di refrigerante rispetto a un'apparecchiatura tradizionale.

Efficienza elevata: In caso di grandi installazioni, se il sistema è correttamente dimensionato, la temperatura del fluido termovettore negli scambiatori a terreno assicura un rendimento superiore a quello dei sistemi convenzionali ad aria o a combustibili fossili; la stabilità di temperatura garantisce inoltre una elevata efficienza del sistema.

GEO TERMIA A “ BASSA ENTALPIA “

VANTAGGI

Acqua calda sanitaria pressoché gratuita: Con un sistema a pompa di calore il calore prodotto può essere facilmente utilizzato per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

Notevoli potenzialità di sviluppo: La giovane età di questa tecnologia fa sì che nel tempo possa verificarsi una costante riduzione di costo e una maggiore efficienza del sistema, implementate anche dall'esperienza poi maturata e in costante evoluzione dei progettisti e degli installatori che operano nel settore.

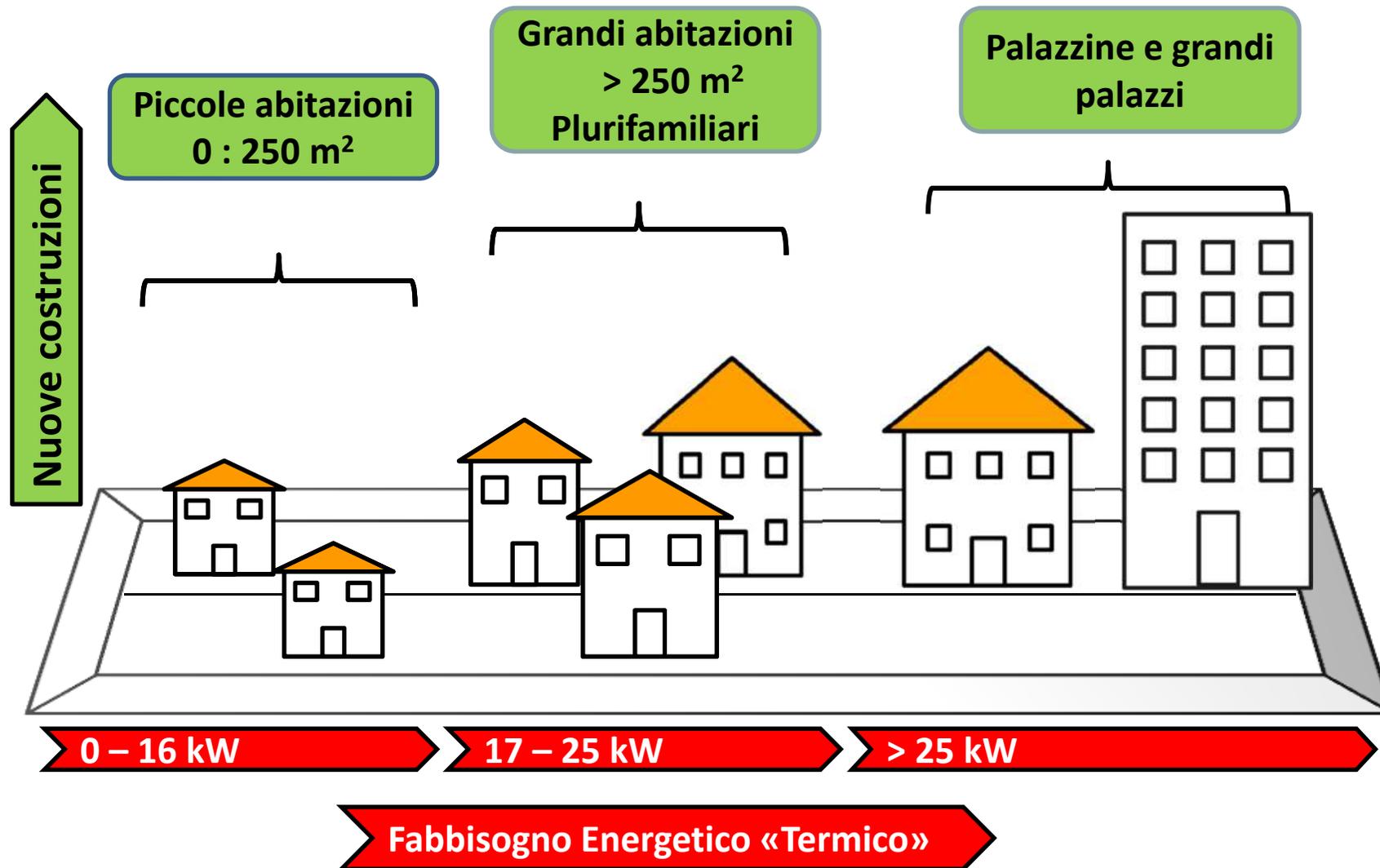
I costi operativi saranno sempre più bassi e la flessibilità del sistema, integrabile in innumerevoli soluzioni progettuali, renderà gli impianti geotermici un'alternativa sempre più concreta rispetto agli impianti convenzionali.

GEO TERMIA A “ BASSA ENTALPIA “

LIMITI

- ❑ **Costo iniziale** più elevato rispetto ad un impianto tradizionale
- ❑ **Rendimenti** dipendenti dalla qualità dei sistemi di geoscambio e delle pompe di calore
- ❑ Numero limitato di **progettisti qualificati**
- ❑ Numero limitato di **perforatori e installatori qualificati**
- ❑ **Scarsa diffusione della conoscenza** delle **normative nazionali e regionali specifiche** e del panorama degli **incentivi o delle facilitazioni fiscali** da parte dei progettisti di impianti di climatizzazione
- ❑ **Scarsa conoscenza** dei reali **benefici economici e ambientali degli impianti geotermici**

UTILIZZO DELLA RISORSA GEOTERMICA NELLA CLIMATIZZAZIONE DEGLI EDIFICI



IMPIANTO GEOTERMICO A BASSA ENTALPIA

DI QUALI PARTI E' COSTITUITO ?

1) SISTEMI DI GEOSCAMBIO TERMICO

PRINCIPALI SISTEMI A CIRCUITO CHIUSO – GEOSCAMBIO con il SOTTOSUOLO

Sonde Geotermiche Verticali

Sonde Geotermiche Orizzontali

Palificazioni Strutturali Energetiche (pali energetici)

SISTEMI A CIRCUITO APERTO – GEOSCAMBIO con ACQUA DI FALDA o SUPERFICIALE

Bilanciato e non Bilanciato su Corpo Idrico sotterraneo

Bilanciato e non Bilanciato su Corpo Idrico superficiale

2) POMPA DI CALORE GEOTERMICA

POMPE DI CALORE TERRA – ACQUA / ARIA

POMPE DI CALORE ACQUA – ACQUA / ARIA

3) IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE ALL'INTERNO DELL'EDIFICIO

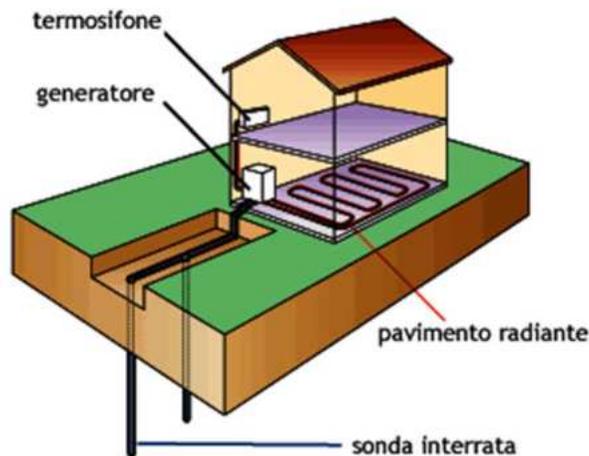
PANNELLI RADIANTI, VENTILCONVETTORI, TERMOSIFONI (...), ecc...

TIPOLOGIE DI GEOSCAMBIO

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

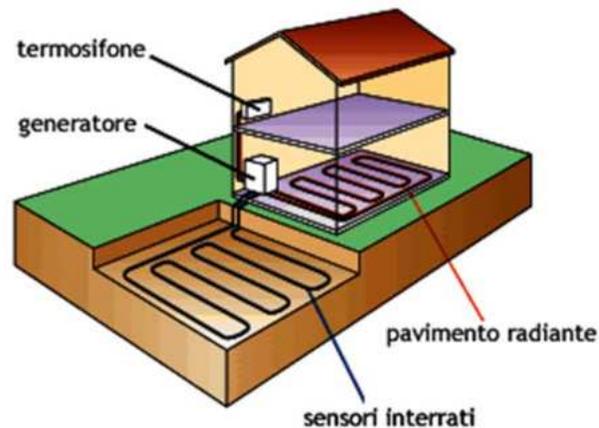
SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

Richiesta di poco spazio
Massimo rapporto
prelievo/immissione
di calore nel terreno
Le più usate



SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI

Richiesta di ampio spazio
**Influenza delle
delle condizioni
climatiche esterne**



PALI ENERGETICI

Ipotizzabile con fondazioni di
tipo profondo
Progettazione termica e
strutturale integrata



TIPOLOGIE DI GEOSCAMBIO

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

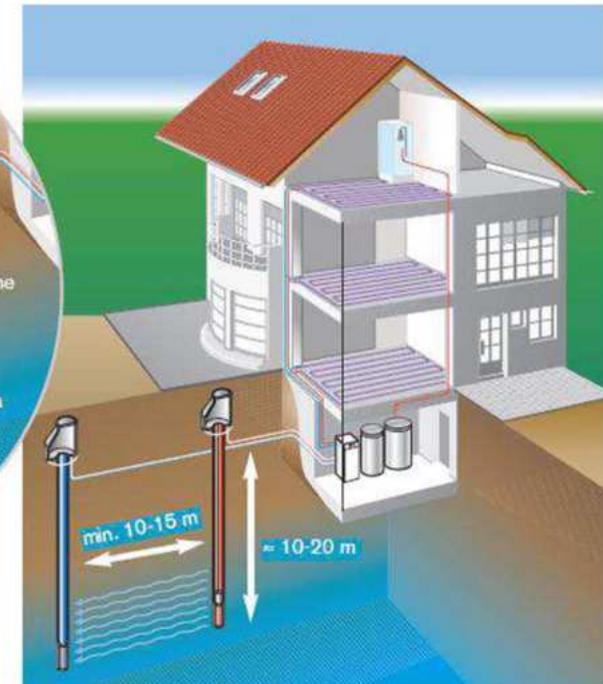
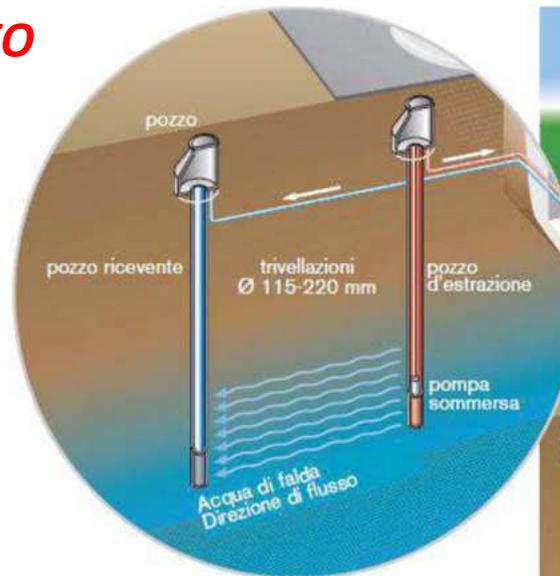
SU CORPO IDRICO SOTTERRANEO

BILANCIATO:

l'acqua prelevata da acquiferi sotterranei, estratta da un **POZZO DI PRESA**, è reimmessa nello stesso acquifero attraverso un **POZZO DI RESA**, con bilancio idrico nullo

NON BILANCIATO:

l'acqua prelevata da acquiferi sotterranei è scaricata in superficie o in acquifero diverso da quello di provenienza, oppure nello stesso acquifero ma con disparità tra i volumi emunti e quelli reimmessi



Questi sistemi necessitano di maggiori e specifiche indagini preliminari idrogeologico-ambientali e di autorizzazioni che ne valutino l'impatto sul territorio. Anche l'eventuale scarico in corpo idrico superficiale necessita di una autorizzazione.

POMPE DI CALORE

Pompe di calore aria-acqua/aria-aria:

Le più diffuse e facili da installare: si installano all'esterno dell'abitazione ed estraggono il "calore" e il "frescore", dall'aria circostante. Meno efficienti e indicate per zone climatiche con inverni non troppo rigidi.

Pompe di calore acqua-acqua/aria (geotermiche):

Sfruttano il "calore" e il "frescore" delle acque di falda o superficiali. Richiedono l'installazione di pozzi (corpo idrico sotterraneo) o di opere (corpo idrico superficiale) di presa e di resa

Pompe di calore terra-acqua/aria (geotermiche):

Sfruttano il "calore" e il "frescore" del sottosuolo. Richiedono l'installazione di tubi nel terreno per lo scambio del calore e, insieme alle Pompe di calore acqua-acqua/aria, sono molto efficienti e consigliate anche per zone climatiche con inverni molto rigidi.

Già la Direttiva 2009/28/CE ha stabilito che le pompe di calore accoppiate a sorgenti termiche naturali (aria, terreno, acqua di falda, acqua superficiale) sono sistemi alimentati da fonti rinnovabili, per la quota parte di energia che viene scambiata con la sorgente stessa

POMPE DI CALORE

Una **pompa di calore** è una macchina termica che permette di "pompate" il calore da un livello termico più basso a uno più alto; ciò non può avvenire in maniera spontanea altrimenti sarebbe **violato il secondo principio della termodinamica**. Per ottenere questo risultato è quindi necessario compiere un lavoro, consumare cioè energia.

Le **pompe di calore geotermiche** sono strumenti che concentrano l'energia geotermica diffusa nel terreno o nell'acqua sotterranea o superficiale e la portano a temperature utili ai nostri scopi.

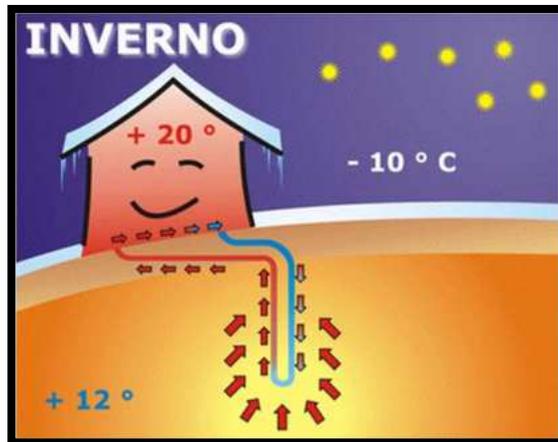
Le pompe di calore non bruciano niente, sono silenziose, non hanno bisogno di manutenzione periodica obbligatoria come le caldaie a Metano, GPL, Gasolio

Il frigorifero di casa è una pompa di calore
Quelle di cui parliamo però possono fare sia il caldo che il freddo invertendo il verso del circuito



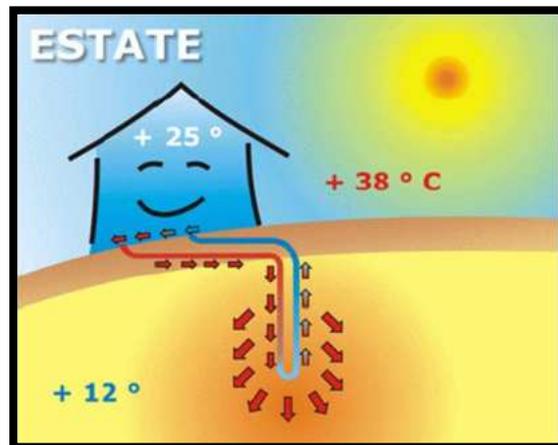
POMPE DI CALORE

La **pompa di calore geotermica** funziona come una **macchina termodinamica reversibile**



D'inverno

la pompa assorbe calore dal sottosuolo a una temperatura che può essere di circa 12° – 16° – 20°C (temperatura costante tutto l'anno) per riscaldare acqua fino a 35° – 45° – 70°C e oltre (riscaldamento/acqua sanitaria).

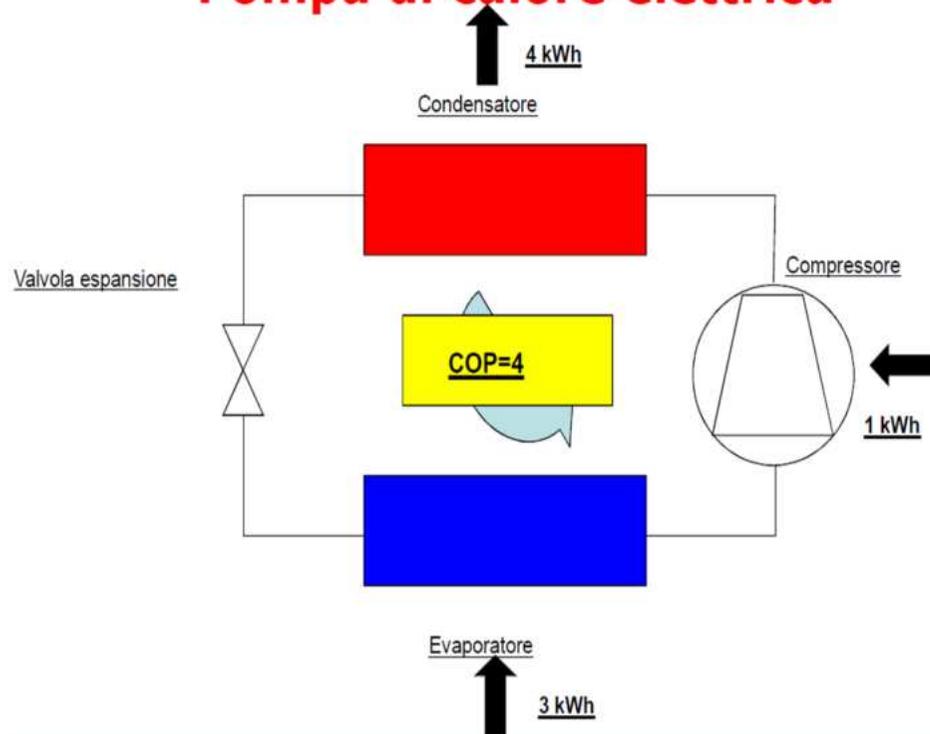


D'estate

invertendo il ciclo (in questo caso la pompa di calore viene definita reversibile), assorbe calore dall'abitazione e lo trasferisce nel sottosuolo, al fine di raffreddare gli ambienti interni.

POMPE DI CALORE

Pompa di calore elettrica

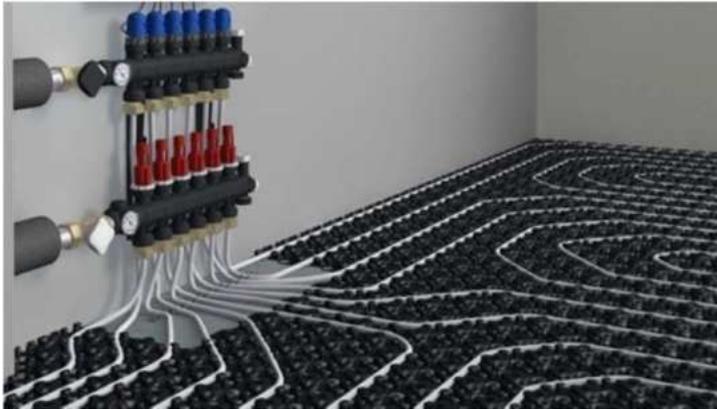


RENDIMENTO

Dato dal coefficiente di prestazione "COP" è il rapporto tra **l'energia resa** (calore fornito dalla/alla sorgente di interesse) e **l'energia elettrica consumata** (dal compressore)

Un valore del **COP** (coefficient of performance) **pari a 4** indica che **per ogni kWh di energia elettrica consumata, la pompa di calore movimentata calore pari a 4 kWh da o verso la sorgente di interesse**

IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE ALL'INTERNO DELL'EDIFICIO



PANNELLI RADIANTI

Il principio si basa sulla circolazione di acqua calda a bassa temperatura (in genere tra i 30 e i 35 °C) in un circuito chiuso, che si sviluppa coprendo una superficie radiante molto elevata. Il calore dell'acqua che passa nella serpentina sotto il pavimento viene trasmesso via via verso l'alto, fino a riscaldare l'ambiente della stanza in maniera costante e uniforme



FAN COIL O VENTILCONVETTORE

è un terminale dell'impianto di climatizzazione costituito da una o due batterie per lo *scambio termico tra acqua e aria*, un ventilatore, un filtro dell'aria, una vaschetta per la raccolta della condensa; *la temperatura di esercizio è decisamente più bassa rispetto a quella degli impianti tradizionali (circa 70 °C): 40/45 °C*

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

IL terreno come sorgente di calore o frescore

La temperatura del terreno “indisturbato” (in assenza di impianto funzionante) è funzione della profondità ed è in ogni caso influenzata dalle condizioni climatiche locali e dalla particolare

SITUAZIONE GEOLOGICA e IDROGEOLOGICA LOCALE

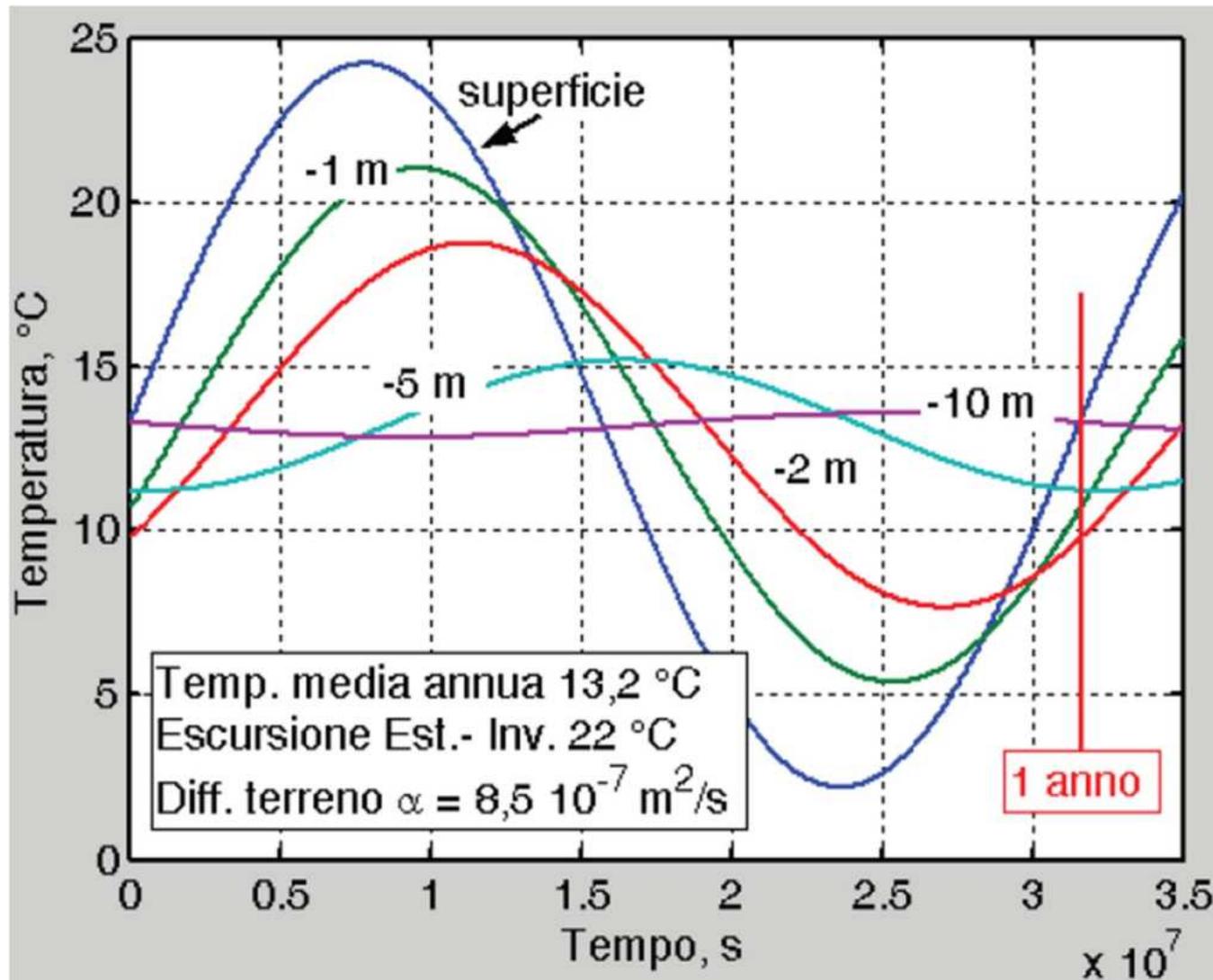
FINO A CIRCA 7 – 10 m DI PROFONDITÀ LA TEMPERATURA È INFLUENZATA DALLA TEMPERATURA MEDIA ANNUALE DELL’ARIA ESTERNA

poi cresce con un gradiente geotermico di circa 3°C/100 m

.... in presenza di aree con anomalie termiche, tipo le aree vulcaniche o ex-vulcaniche, il gradiente geotermico può essere molto maggiore

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

IL terreno come sorgente di calore



Da circa 10m fino a circa 100m/150m di profondità la temperatura del sottosuolo risulta essere praticamente costante a parte le aree in cui esistono anomalie termiche importanti da circa 10m di profondità la temperatura del sottosuolo non risente delle variazioni diurne e stagionali esterne

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

CONDUTTIVITÀ TERMICA

La **conduttività termica** (o **conducibilità termica**), indicata con λ o k , è il rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore (cioè la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie) e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore, nel caso della conduzione termica (ovvero quando i contributi al trasferimento di calore per convezione e per irraggiamento termico siano trascurabili).

In altri termini, la **conducibilità termica** è una misura dell'**attitudine di una sostanza a trasmettere il calore** (vale a dire maggiore è il valore di λ o k , meno isolante è il materiale).

λ o k dipende solo dalla natura del materiale, non dalla sua forma.

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

CONDUTTIVITÀ TERMICA

Nelle unità del sistema internazionale, la **conducibilità termica** è misurata in **watt su metro-kelvin** (**$W/m \cdot K$**) - essendo:

- il **watt (W)** l'unità di misura della potenza
- il **metro (m)** l'unità di misura della lunghezza
- il **kelvin (K)** l'unità di misura della temperatura.

Nel sistema tecnico (o sistema pratico degli ingegneri), invece, essa è misurata in **chilocalorie per ora-metro-grado Celsius** (**$kcal/(h \cdot m \cdot ^\circ C)$** o **$kcal \cdot h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$**).

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

CAPACITÀ TERMICA VOLUMETRICA

E' la proprietà termica connessa alla capacità di accumulo.

In genere si considera il valore riferito all'unità di volume ($\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$), dato dal prodotto della densità e del calore specifico

DIFFUSIVITÀ TERMICA

La diffusività termica è una misura di quanto velocemente un materiale riesce a diffondere il calore al suo interno, ed è quindi una proprietà importante per valutare le potenzialità di un terreno.

Essa è definita come il rapporto fra la conduttività termica e la capacità termica volumetrica del terreno:

$$D_h = \frac{k_t}{c_h} \quad \text{m}^2/\text{s}$$

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

Gli elementi principali che influenzano il geoscambio termico del terreno sono:

La densità dei terreni:

all'aumentare della densità si riduce il volume complessivo occupato dalle cavità vuote. Il compattamento del terreno, riducendo i vuoti tra i grani, aumenta la conduttività termica del mezzo poroso

Il contenuto di umidità:

la proprietà più importante è l'umidità del terreno, non solo per l'influenza sulla densità, ma soprattutto perché la conducibilità dell'acqua è circa venti volte superiore a quella dell'aria di cui prende il posto nei vuoti tra i granuli

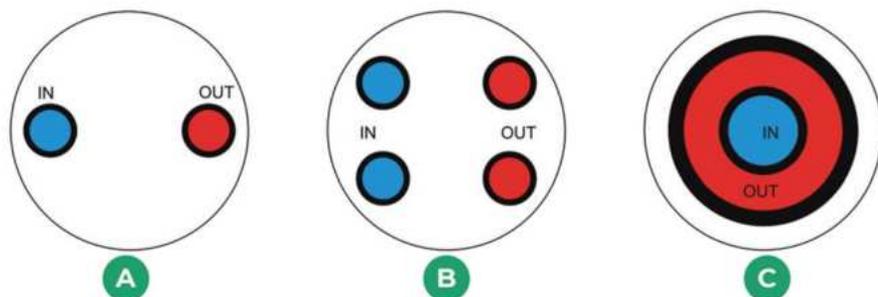
In generale la conduttività di un terreno a grana grossa è minore di quella di un terreno a grana fine, a parità di contenuto di umidità, così come quella dei suoli rocciosi è superiore a quella dei terreni sabbiosi e argillosi.

PROPRIETÀ TERMOFISICHE DEL SOTTOSUOLO (TERRENO)

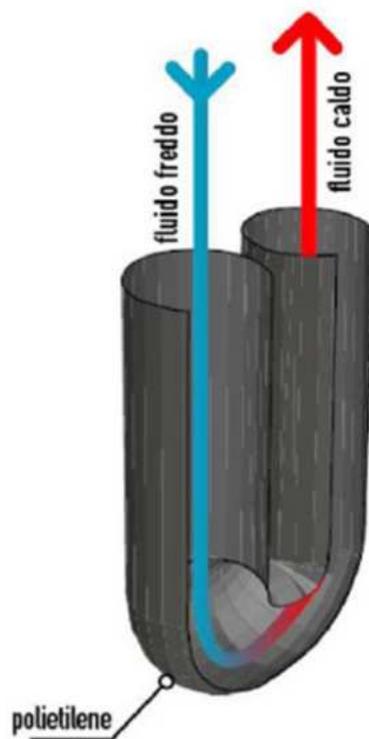
Tipo di sottosuolo	Conducibilità termica W/m ² K	Rendimento specifico W/m
Sottosuolo scadente terreno sciolto secco	< 1,5	< 25
Roccia e terreno sciolto saturo d'acqua	1,5 - 3,0	60
Roccia con elevata conducibilità termica	> 3,0	84
Ghiaia, sabbia secca	0,4	< 25
Ghiaia, ghiaia saturo d'acqua	1,8 - 2,4	65 - 80
Calcere, massiccio	2,8	55 - 70
Arenaria	2,3	65 - 80
Granito	3,4	65 - 85
Gneiss	2,9	70 - 85

quindi la definizione del «**MODELLO GEOLOGICO e IDROGEOLOGICO**»
del terreno è **FONDAMENTALE**

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO



Sezioni trasversali di sonde geotermiche: a singola U (A) – a doppia U (B) – coassiale (C)



SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

Una sonda geotermica verticale consiste in un circuito chiuso, composto da uno o più tubi a U, del diametro variabile tra 32 e 40mm (le più usate) e a tubi coassiali.

Tale circuito, in polietilene o polietilene reticolato, viene inserito nel terreno in un foro di perforazione poi riempito di malta cementizia, di profondità variabile a seconda dei criteri progettuali, mediamente di 100m/250m.

All'interno della sonda scorre il fluido termovettore, che si riscalda o si raffredda a seconda dell'utilizzo del sistema.

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

Il materiale utilizzato per la realizzazione delle sonde geotermiche è principalmente il HDPE (polietilene ad alta densità).

Ultimamente viene impiegato anche il PE-X (polietilene reticolato), materiale con migliori caratteristiche rispetto all'HDPE (miglior conduttività, maggiore resistenza al propagarsi di crepe e di fenditure a causa di sollecitazioni); però più costoso.

L'impiego del PE-X è raccomandato per accumuli termici a più elevata temperatura di esercizio (40°C-95°C) e quando le profondità raggiunte sono rilevanti ($\approx 200\text{m}$).

REALIZZAZIONE DI SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

La realizzazione di Sonde Geotermiche Verticali si articola nelle seguenti fasi operative:

- ❖ Perforazione del sottosuolo***
- ❖ Installazione e cementazione delle sonde geotermiche***
- ❖ Collaudo della sonda geotermica***
- ❖ Collegamento orizzontale dei tubi delle sonde verticali***



FASE DI PERFORAZIONE

La perforazione per l'installazione di sonde geotermiche, a meno di richieste specifiche per esigenze particolari, anche per contenere i costi, viene eseguita "a distruzione di nucleo" :

- a) a rotazione con circolazione diretta o inversa di fluidi (con bentonite o con additivi) – se si usa bentonite, questa deve essere poi estratta e smaltita per legge***
- b) a rotopercolazione (martello fondo foro DTH down-to-hole)
ad ARIA COMPRESSA***
- a) se il foro tende a franare si usano i rivestimenti metallici provvisori inseriti o con perforatrici TRADIZIONALI o con DOPPIA TESTA DI ROTAZIONE (si usa anche il TRASCINATORE con perforatrici a singola testa) – si esegue il rivestimento totale o parziale del foro con una colonna di tubi metallici in avanzamento poi estratti dopo l'installazione della sonda geotermica e durante la cementazione del foro***

RUOLO DEL GEOLOGO:

DIREZIONE DEL CANTIERE DI PERFORAZIONE

e

DETERMINAZIONE DELLA STRATIGRAFIA DEI TERRENI DEL SOTTO SUOLO ATTRAVERSA TI

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

Per quanto riguarda gli obblighi di legge in materia, si ricorda la **Legge 464/84** *“Norme per l’agevolazione dell’acquisizione di conoscenze da parte del servizio della Direzione generale delle miniere del Ministero dell’Industria, del Commercio e dell’Artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale”*.

*Per ogni sondaggio meccanico, prova penetrometrica, log geofisico, pozzo per acqua adibito a qualunque uso, pozzo geotermico, sonda geotermica verticale, piezometro o palificazione, spinti a **profondità superiore ai 30 metri** è*

OBBLIGATORIO

*l’inoltro di apposita **COMUNICAZIONE** all’ISPRA (ex APAT- Servizio Geologico Nazionale).
La trasmissione della documentazione deve avvenire mediante una comunicazione preventiva **di inizio indagine** e successivamente una comunicazione definitiva **di fine indagine** (o sospensione) riportante le **risultanze dell’indagine-prospezione-intervento ... in pratica dobbiamo inviare all’ISPRA l’ubicazione delle perforazioni e la stratigrafia del terreno indagato.***

FASE DI PERFORAZIONE

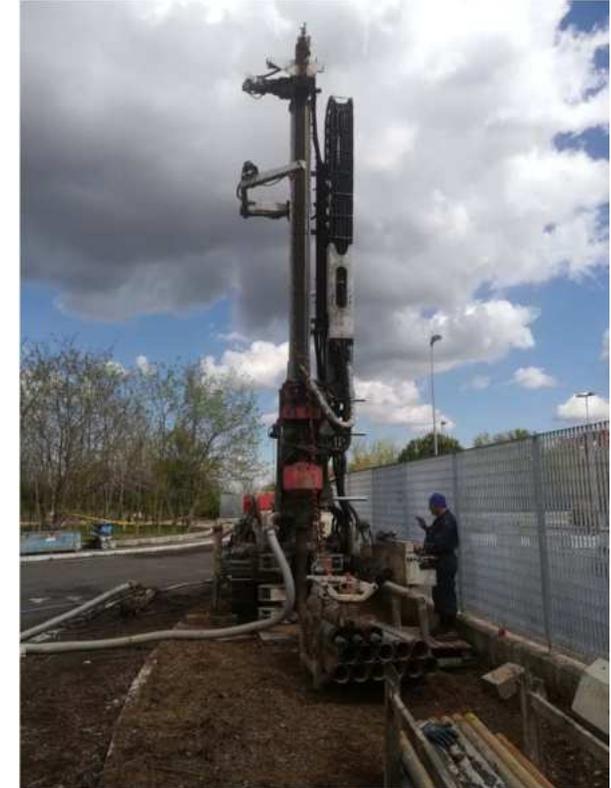
TRADIZIONALE



CON DOPPIA TESTA DI
ROTAZIONE



A ROTOPERCUSSIONE



Il diametro di perforazione può variare da 140mm a 152mm, per sonde a Singola U da 40mm o a Doppia U da 32mm ... fino a 178 per Doppia U da 40mm

Minore è il diametro di perforazione, minore è la resistenza termica della sonda geotermica, maggiore è l'efficienza del sistema

Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

FASE DI PERFORAZIONE

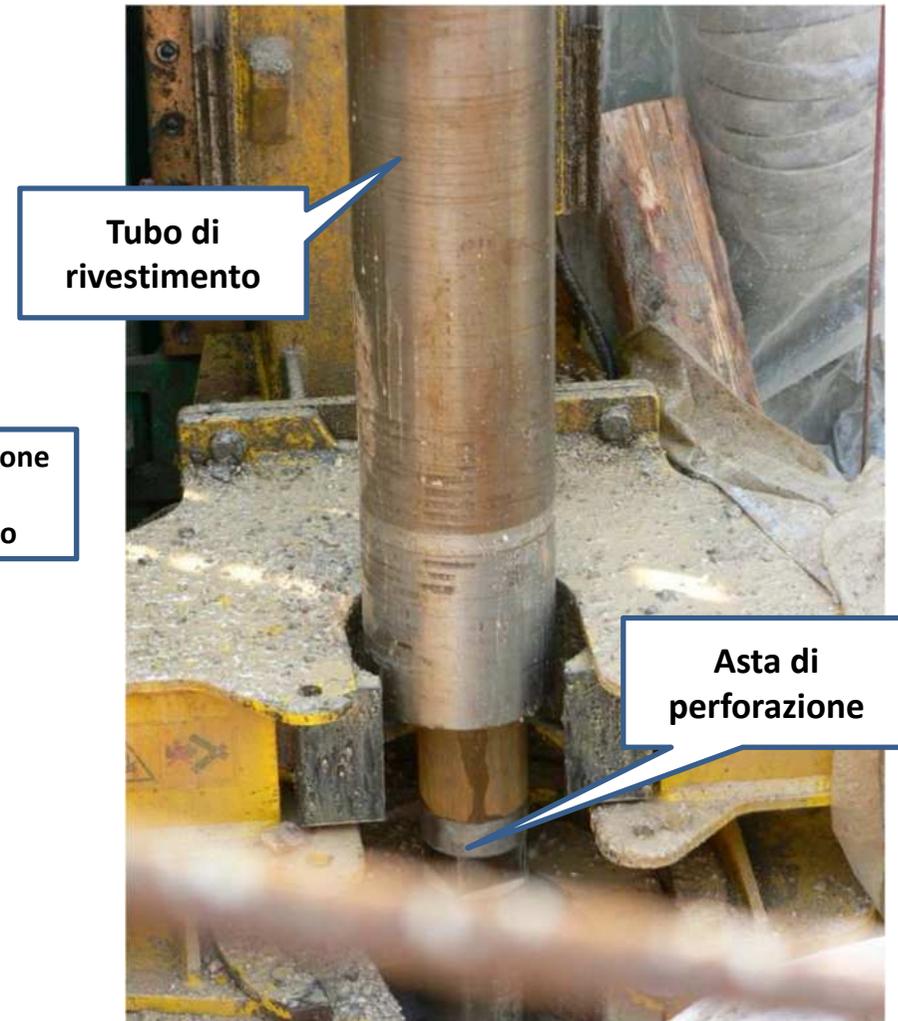
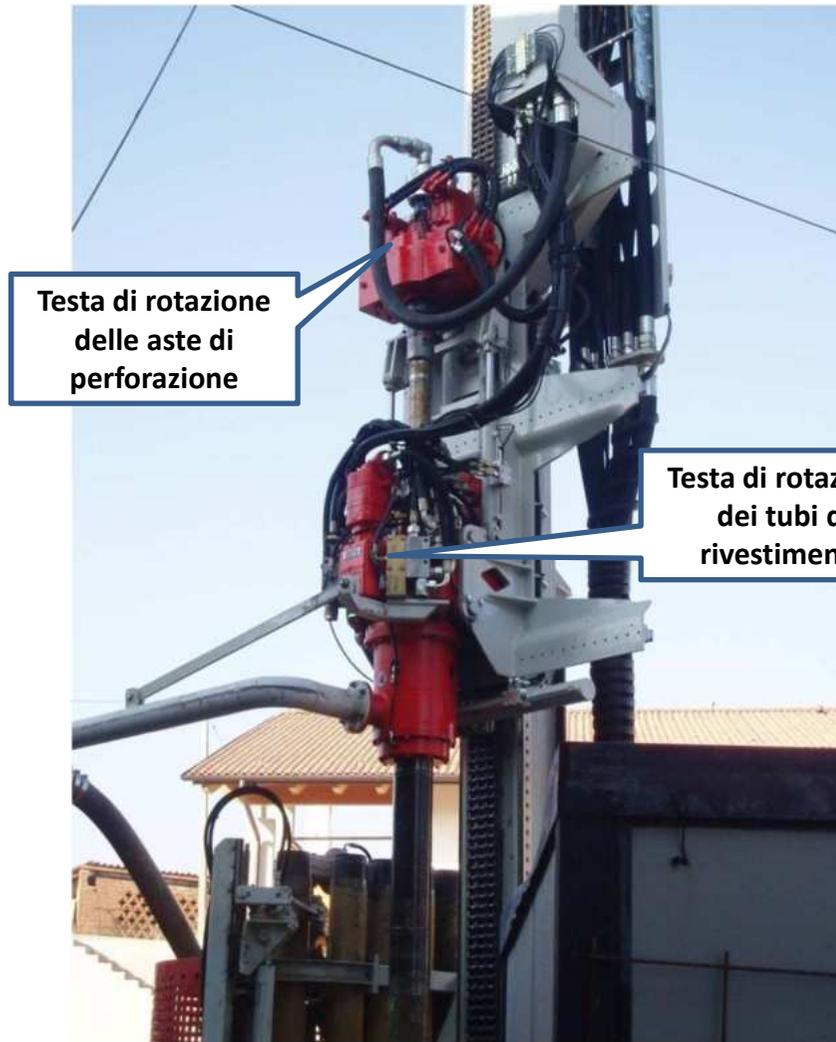
PERFORAZIONE CON DOPPIA TESTA ROTAZIONE

La perforazione eseguita da sonde di perforazione a doppia testa, ultimamente molto utilizzate nel campo della geotermia a bassa entalpia, ha degli innegabili vantaggi sia in termini economici che ambientali:

- **Economici** ⇒ *velocità elevata di avanzamento.... Per realizzare una perforazione «rivestita» di 100m, anche in terreni «difficili» si impiegano 1/2 giorni ...*
- **Ambientali e di salvaguardia delle risorse idriche** ⇒ *si minimizza sia l'utilizzo di fluidi di perforazione per la stabilizzazione del foro sia, in fase di perforazione, la messa in comunicazione di falde sovrapposte, caratterizzate da qualità chimico-fisiche differenti e soprattutto si riesce a evitare che eventuali sostanze inquinanti, presenti di solito nelle falde più superficiali e più a contatto con l'attività antropica, possano essere trasmessi alle falde più profonde e «naturalmente» meno vulnerabili*

FASE DI PERFORAZIONE

PERFORAZIONE CON DOPPIA TESTA ROTAZIONE



Le aste di perforazione e i tubi di rivestimento provvisorio vengono fatti ruotare in senso opposto le une rispetto agli altri

FASE DI PERFORAZIONE

CUTTING DI PERFORAZIONE

Il materiale che fuoriesce dalla perforazione viene stoccato in vasche fuori terra e poi dovrà o essere riutilizzato nello stesso cantiere se possibile oppure conferito in discarica ... il tutto ai sensi della normativa vigente in materia di «terre e rocce da scavo»

Tale materiale, chiamato «cutting di perforazione», sarà analizzato dal GEOLOGO ai fini della compilazione della stratigrafia dei terreni del sottosuolo da inserire nel «rapporto geologico»



FASE DI INSTALLAZIONE NEL FORO

Una volta ultimato il foro, la **sonda geotermica verticale** viene inserita o all'interno dei tubi di rivestimento provvisorio o, se questo «tiene», direttamente nel foro creato nel terreno

**FASE MOLTO DELICATA CHE RICHIEDE
ATTENZIONE E PERIZIA**



FASE DI INSTALLAZIONE NEL FORO

Per agevolare l'introduzione della sonda geotermica nel foro, in presenza di una falda nel sottosuolo molto superficiale, i tubi vengono riempiti di acqua e, alla base della sonda, si inserisce un «peso» di dimensioni che variano a seconda della profondità da raggiungere e del livello piezometrico della falda presente; il peso inoltre facilita L'INSTALLAZIONE IN VERTICALE della sonda stessa.



FASE DI CEMENTAZIONE DELLA SONDA GEOTERMICA

Contestualmente all'inserimento della sonda verticale dovrà essere inserita la **tubazione necessaria per la cementazione del foro** che verrà eseguita **a partire dal fondo della perforazione** ... questo per scongiurare, in assenza di falda nel terreno, la creazione di **sacche di aria tra i tubi e la parete del foro** **la presenza di aria determina un abbassamento notevole dell'efficienza della sonda geotermica** ...



LA CEMENTAZIONE DELLA SONDA GEOTERMICA È, DI NORMA (UNI), «OBBLIGATORIA»

Alcuni operatori per essere certi che durante le fasi di cementazione possano crearsi deformazioni e riduzioni della sezione dei tubi, problemi che porterebbero a una difficoltà maggiore del passaggio dei fluidi all'interno dei tubi della sonda, mantengono in pressione i tubi stessi



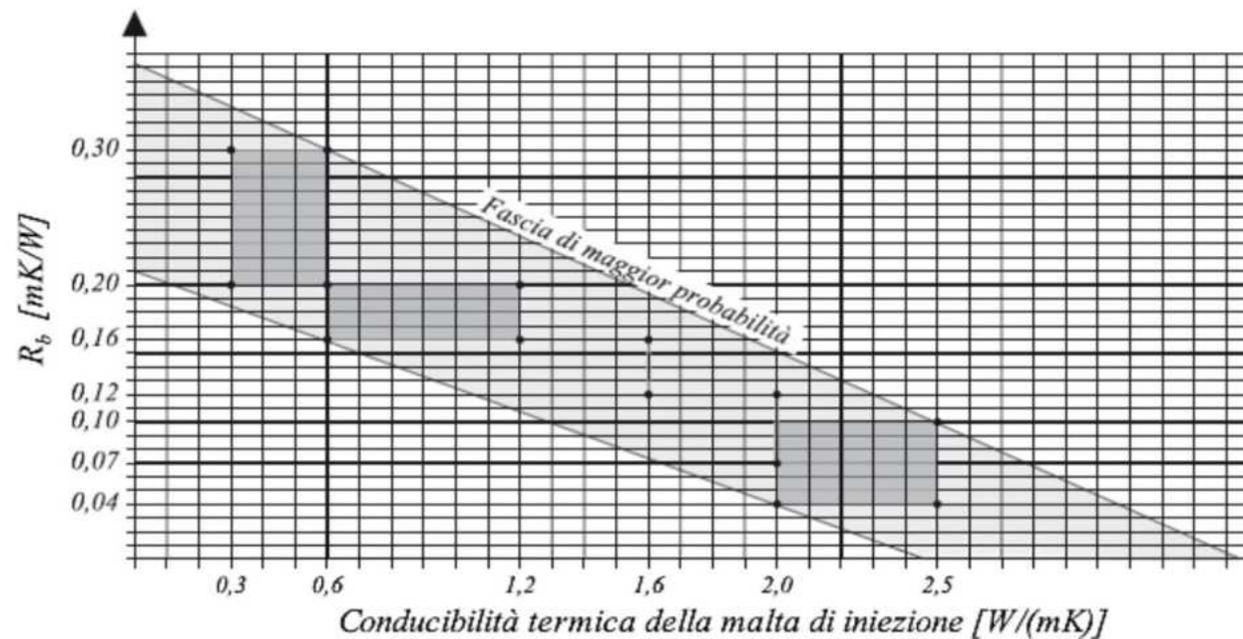
anche dopo la cementazione, al fine di verificare subito se tutte le operazioni di installazione almeno non abbiano «rotto» la sonda geotermica

FASE DI CEMENTAZIONE DELLA SONDA GEOTERMICA

Tabella di riferimento prestazioni di geoscambio delle malte cementizie

Tipologia riempimento	Conducibilità termica del riempimento (W/mK)	Resistività apparente della sonda (mK/W)
Termicamente migliorata	2	0,07÷0,12
Termicamente migliorata	1,6	0,12÷0,16
Cemento e bentonite	0,6÷1,2	0,16÷0,2
Sabbia satura	2÷2,5	0,04÷0,1
Sabbia secca	0,3÷0,6	0,20÷0,30

Resistività apparente della sonda. (tratto da rielaborazione dei dati di Sanner; Reuss, 2001 e Helstromm, 2006)



Mappatura dei valori di resistività apparente della sonda in funzione della tipologia di riempimento. (da dati tabella 10.1)

COLLAUDO DELLA SONDA GEOTERMICA

*Il **collaudo vero e proprio** delle sonde geotermiche viene eseguito una volta realizzata la cementazione e fatta maturare la malta cementizia; **alcune normative**, tra cui le **NORME UNI sulla GEOTERMIA del 2012** e il nuovo «Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2» della «Legge Regionale 21 aprile 2016, n. 3» della Regione Lazio, finalmente approvato e in vigore dall'11/04/2022, **prevedono l'obbligo del collaudo di tutte le sonde geotermiche realizzate; altre normative lo prevedono a campione; questo a tutela degli interessi del committente ... che paga...***

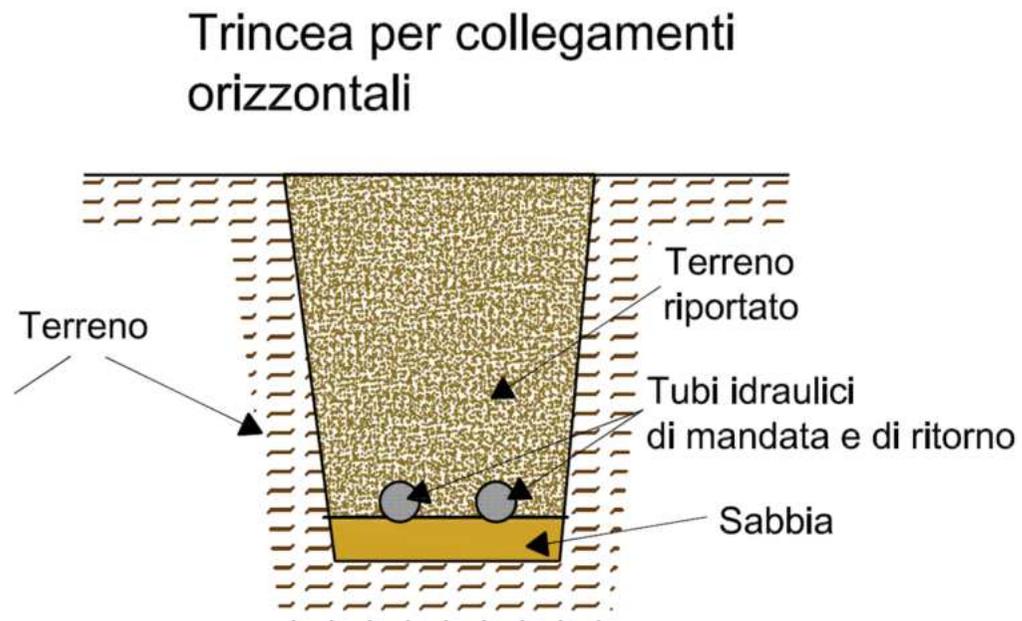
*Il collaudo si effettua, **con idonea strumentazione**, attraverso :*

TEST DI FLUSSO: prova atta a verificare la presenza di ostruzioni o deformazioni che riducono la sezione di passaggio dei fluidi nel tubo. Attraverso la ricostruzione della curva caratteristica del circuito idraulico, inoltre, è possibile determinare, con buona approssimazione, la lunghezza reale delle tubazioni installate dal perforatore/installatore e accertare che la sezione di passaggio del fluido sia libera o sennò in quale percentuale...

TEST DI PRESSIONE : prova che serve a verificare la tenuta idraulica del circuito ... in pratica che non ci siano microfratture nelle sonde dalle quali il fluido termovettore del circuito possa uscire. La prova, a livello teorico, consistere genericamente nel caricare il circuito a una determinata pressione (spesso superiore a quella di esercizio) e nel verificare che nel tempo questa si mantenga al di sotto di determinate variazioni, considerando anche le dilatazioni dei tubi della sonda geotermica stessa in fase di carico, attraverso procedure standardizzate da normative specifiche.

COLLEGAMENTO ORIZZONTALE DEI TUBI DELLE SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

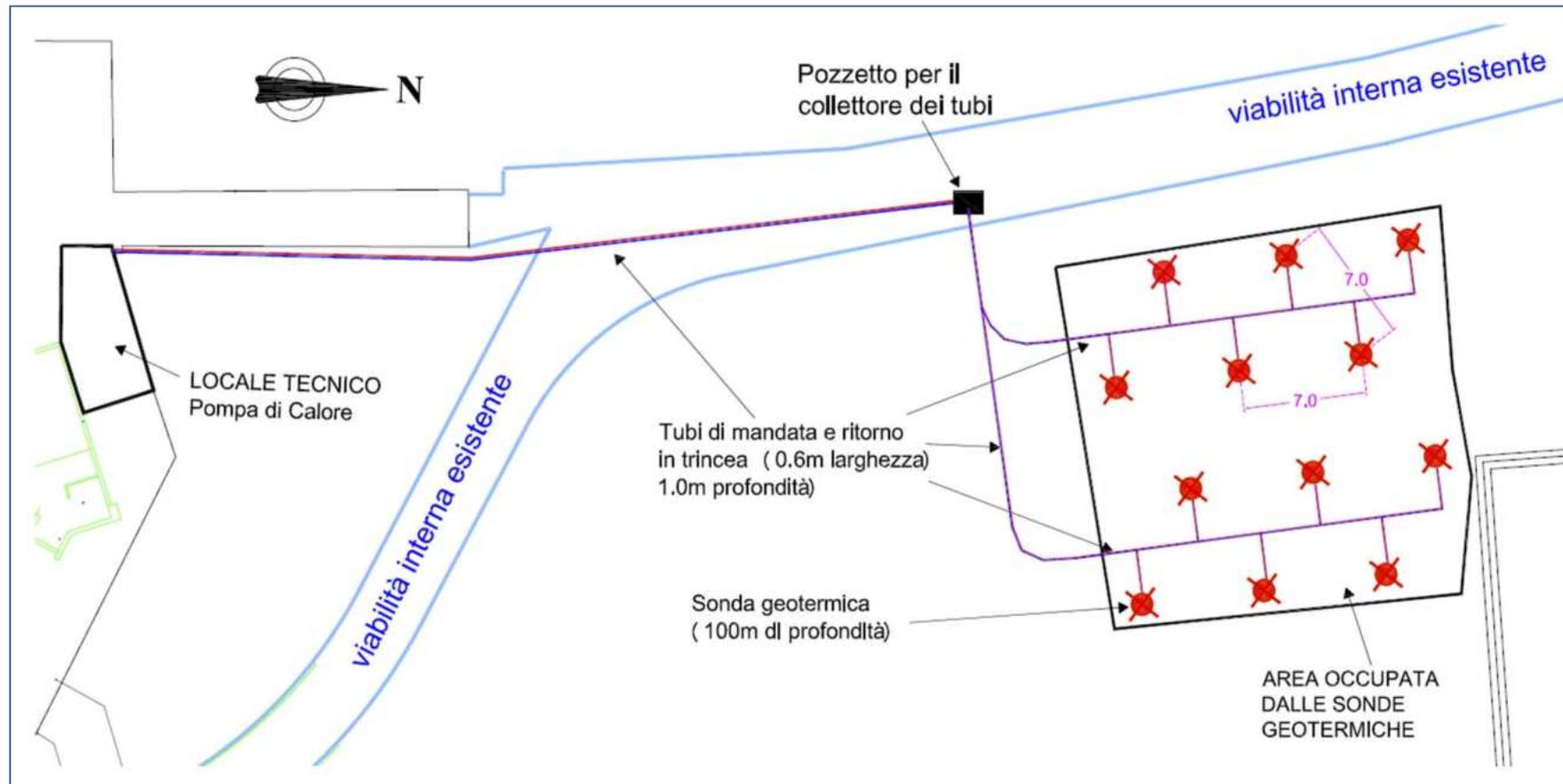
Per il collegamento orizzontale dei tubi di mandata e di ritorno delle varie sonde geotermiche verticali installate e sigillate vengono realizzate delle piccole trincee, generalmente di 60/70 cm di larghezza e circa 1.0/1.5 metri di profondità, all'interno delle quali vengono poi posizionati i tubi di raccordo



COLLEGAMENTO ORIZZONTALE DEI TUBI DELLE SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

Gli allacciamenti orizzontali devono essere realizzati con pendenza minima dell'1% (punto più basso in corrispondenza della geosonda) per favorire l'evacuazione dell'aria presente nel circuito a terreno.

Nella trincea le tubazioni devono essere poste su un letto di materiale adatto a non danneggiarle; qualora la natura del terreno non lo consenta, si deve provvedere alla stesura di un letto di sabbia o di materiale idoneo



Esempio di progetto di collegamento orizzontale di un campo sonde geotermiche verticali

DIMENSIONAMENTO DI UN CAMPO SONDE VERTICALI



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

DIMENSIONAMENTO DI UN CAMPO SONDE VERTICALI

IL DIMENSIONAMENTO DEL CAMPO SONDE GENERALMENTE VIENE ESEGUITO DAL **PROGETTISTA GEOTERMICO/INGEGNERE IMPIANTISTA GEOTERMICO**, AI QUALI IL GEOLOGO FORNISCE INFORMAZIONI SUI TERRENI PRESENTI NEL SOTTOSUOLO E SULLE LORO CARATTERISTICHE TERMOFISICHE, MA PUÒ ESSERE REALIZZATO ANCHE DA UN **GEOLOGO** ... **I CRITERI DI DIMENSIONAMENTO** DELLE SONDE GEOTERMICHE USUALMENTE UTILIZZANO **APPROCCI DIFFERENTI IN RELAZIONE ALLE DIMENSIONI DELL'IMPIANTO:**

1. PICCOLI IMPIANTI (< 50 Kw di fabbisogno di progetto)

Stima delle caratteristiche geologico-termiche del sottosuolo da fonti bibliografiche, tramite l'utilizzo di tabelle o abachi derivate da sperimentazioni

1. GRANDI IMPIANTI (> 50 Kw di fabbisogno di progetto)

Misurazione diretta in sito delle proprietà termofisiche del terreno e modellizzazione numerica ... richiede una specifica strumentazione e un corso di specializzazione

DIMENSIONAMENTO DI UN CAMPO SONDE VERTICALI

DIMENSIONAMENTO CAMPO SONDE VERTICALI PER PICCOLI IMPIANTI

Quello che il progettista richiede, sulla base di un fabbisogno di progetto, invernale (in riscaldamento) ed estivo (in raffrescamento), é una valutazione della «RESA TERMICA DEL TERRENO»

A tal fine, in particolare, appaiono necessari soprattutto:

- *la definizione della stratigrafia del sottosuolo, da cui derivano le proprietà termiche del terreno, fino alla profondità di progetto delle sonde da realizzare.*
- *la valutazione della presenza dell'acqua nel sottosuolo in termini assoluti e in relazione ai movimenti della stessa nel terreno.*

La modellizzazione geologica deve essere estesa alla parte di sottosuolo interessata, direttamente o indirettamente, dalla realizzazione dell'opera o che influenza il comportamento dell'opera stessa

DIMENSIONAMENTO DI UN CAMPO SONDE VERTICALI

DIMENSIONAMENTO CAMPO SONDE VERTICALI PER PICCOLI IMPIANTI

Sottosuolo	Conducibilità termica	Potenza di estrazione	Lunghezza della sonda geotermica per kW di potenza in riscaldamento (m)	
			C.O.P. = 3	C.O.P. = 3.5
	(W/m K)	(W/m)		
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	< 1,5	20	36	33
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 ⇒ 3,0	50	14	13
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3,0	70	21	19,5
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	< 20	> 36	> 33
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 ⇒ 2,4	55 ⇒ 65	11 ⇒ 13	10 ⇒ 12
Argilla, limo, umido	1,7	30 ⇒ 40	18 ⇒ 24	17 ⇒ 22
Calcere, massiccio	2,8	45 ⇒ 60	12 ⇒ 16	11 ⇒ 15
Arenaria	2,3	55 ⇒ 65	11 ⇒ 13	10 ⇒ 12
Granito	3,4	55 ⇒ 70	10 ⇒ 13	9,5 ⇒ 12
Basalto	1,7	35 ⇒ 55	13 ⇒ 20	12 ⇒ 19
Gneiss	2,9	60 ⇒ 70	10 ⇒ 15	9,5 ⇒ 11

DIMENSIONAMENTO DI UN CAMPO SONDE VERTICALI

DIMENSIONAMENTO CAMPO SONDE VERTICALI PER GRANDI IMPIANTI

GRT - Ground Response Test



Il test permette la definizione di:

T_0 : - Temperatura del terreno indisturbato [°C].

λ : - Conduttività termica del sottosuolo [W/mK]

R_b : - Resistenza termica del sistema sonda/grouting [KW/m]

Il test viene utilizzato per il **PROGETTO DI IMPIANTI MEDIO – GRANDI**.

La **NORMA UNI 11466:2012** ne “consiglia”, mentre altre normative regionali .. tra cui quella del **LAZIO** .. ne “obbligano” l'utilizzo per impianti aventi potenza maggiore di **30/50 KW**

A seguito poi di un **PROGETTO DI SIMULAZIONE INGEGNERISTICA**, statica e dinamica nel tempo, che analizzi sia i dati del test GRT che i dati di **FABBISOGNO ENERGETICO DETTAGLIATO** della struttura che si vuole climatizzare, sarà possibile stimare la **VERA RESA TERMICA DEL TERRENO PER METRO DI PERFORAZIONE** e, di conseguenza, eseguire *il corretto dimensionamento del campo sonde geotermiche* in termini di numero, interdistanza e profondità delle stesse

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI

Questi **sistemi** sono destinati ad applicazioni residenziali (es. villette in campagna) e sono impiegati generalmente **per potenze termiche generalmente inferiori ai 30 kW** (al max 50 kW), in ragione della **superficie troppo elevata** che sarebbe altrimenti necessaria per l'installazione per impianti di taglia superiore.

Le sonde orizzontali sono di norma posate a profondità che arrivano al massimo a 2,0-2,5 m e nella maggior parte dei casi intorno a 1,5 m.

É quanto mai opportuno installare gli scambiatori orizzontali quindi su terreno libero e in grado di poter scambiare con l'ambiente esterno, preferibilmente su aree soleggiate; l'installazione invece su serpentini sotto agli edifici non consente alle sonde orizzontali un funzionamento adeguato.

Il dimensionamento del sistema di geoscambio, oltre che dipendere dal tipo di terreno superficiale, risente ovviamente delle condizioni climatiche esterne.

Allo scopo di ridurre i costi risulta indubbiamente preferibile, anziché provvedere allo sbancamento, realizzare delle trincee nella quali collocare gli scambiatori.

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI

Sistemi orizzontali



trincea



sbancamento

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

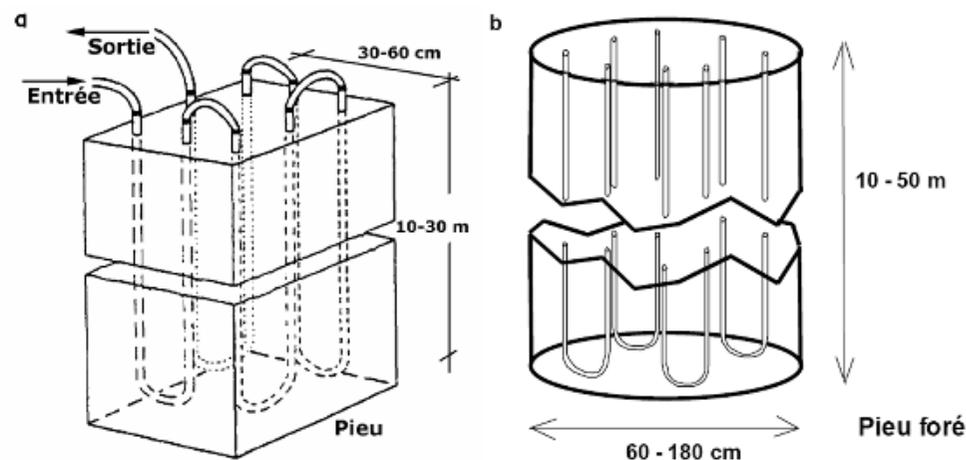
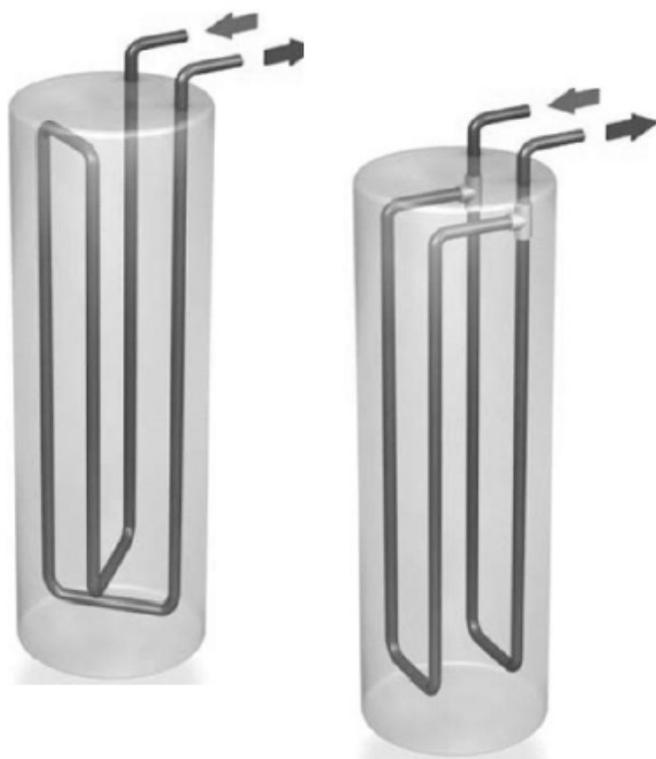
SONDE GEOTERMICHE ORIZZONTALI



PRINCIPALI SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO CHIUSO

PALI ENERGETICI

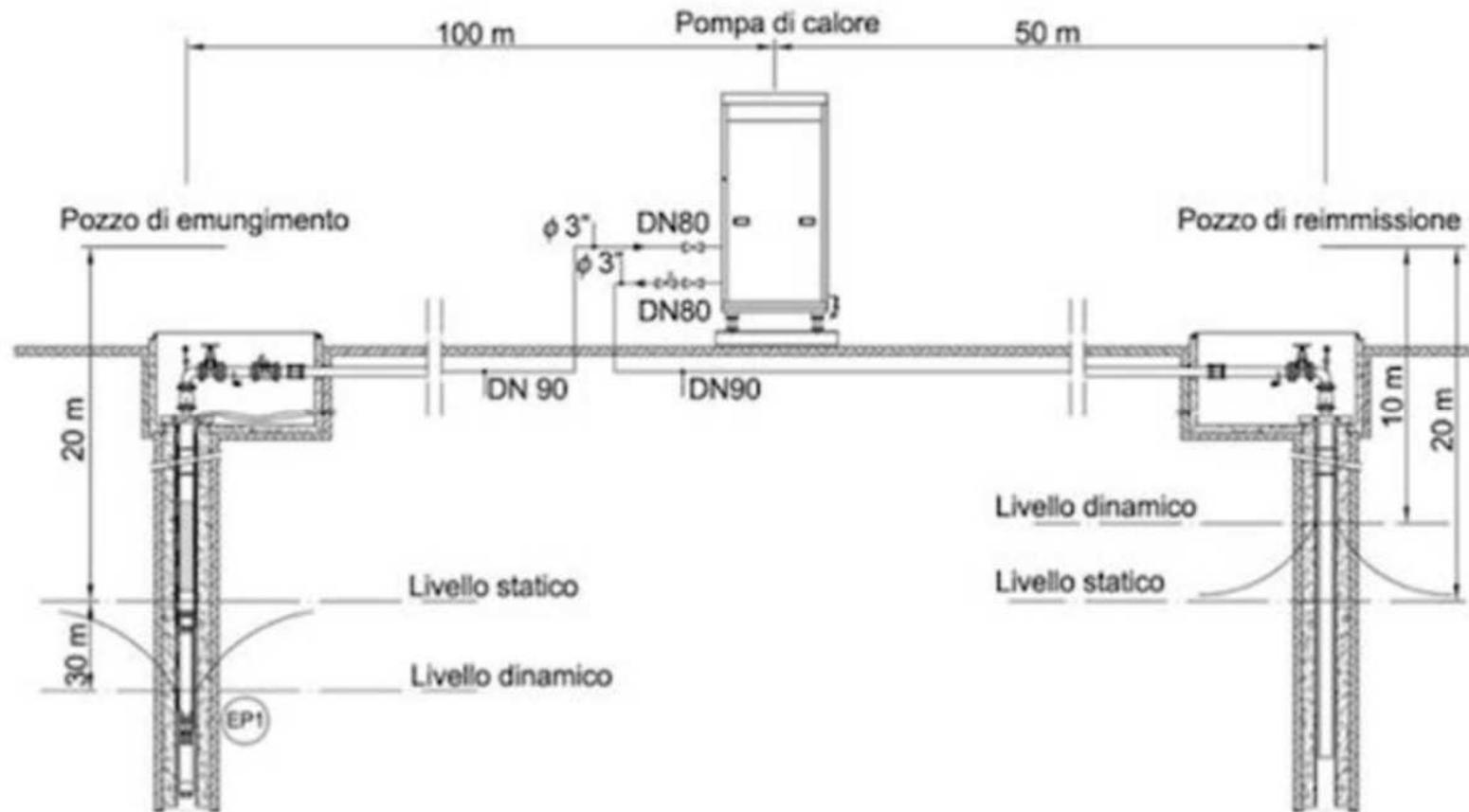
Richiedono una **progettazione termica e strutturale integrata**; si comportano come sonde geotermiche verticali, le considerazioni fatte per le quali possono valere anche per i pali energetici; generalmente si ha a che fare con perforazioni meno profonde ... **però, per il fatto che i pali comunque li devi fare, rappresentano per i committenti un notevole risparmio economico**



TIPOLOGIE DI GEOSCAMBIO

SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO o Open-Loop

ACQUIFERI SOTTERRANEI



SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

Perché scegliere un impianto geotermico a circuito aperto soprattutto quando si hanno fabbisogni energetici termici importanti (> 50Kw termici) ? :

- **costi iniziali più bassi e la necessità di disporre di superfici di realizzazione inferiori rispetto ai sistemi a circuito chiuso**
- **l'uso diretto dell'acqua di falda rappresenta la soluzione migliore in termini di efficienza energetica**

Quali sono gli svantaggi a cui si può andare incontro ? :

- **Nella valutazione economica, va comunque tenuto in conto che, a differenza delle sonde, i pozzi di prelievo e reimmissione in falda richiedono una regolare manutenzione, la quale può incidere anche sensibilmente sui costi di gestione del progetto**
- **Necessità di studi geologici-idrogeologici iniziali molto più complessi e onerosi**
Vantaggio per noi
- **Problematiche autorizzative, soprattutto per i pozzi di resa, nelle Regioni in cui ancora non esiste una specifica legge regionale sulla geotermia che ne disciplini e permetta la realizzazione**

SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

PRATICHE AUTORIZZATIVE E PROBLEMATICHE (SOPRATTUTTO PER I POZZI DI RESA) :

si ricorda la **Legge 464/84** **OBBLIGATORIO**

l'inoltro di apposita informativa all'ISPRA (ex APAT- Servizio Geologico Nazionale) per pozzi di profondità superiore a 30m

Le autorizzazioni per queste utilizzazioni locali sono concesse dalla Regione con le modalità previste dal testo unico sulle disposizioni di legge sulle acque (R.D. 1775/1933). Sulla base di quanto previsto dalla L. 152/2006 - All. III, sono soggetti a VIA gli interventi che prevedono **emungimenti superiori a 100 l/sec**, scatta la **verifica di assoggettabilità fino a 50 l/sec** (in aree naturali protette e parchi scende a 25 l/sec), mentre seguono il regime concessorio per emungimenti inferiori.

D.L. 152/06 - art 104. *“Scarichi nel sottosuolo e nelle acque sotterranee”.*

c.1. È vietato lo scarico diretto nelle acque sotterranee e nel sottosuolo.

*c.2. In deroga a quanto previsto al comma 1, **l'autorità competente**, dopo indagine preventiva, può autorizzare gli scarichi nella stessa falda delle acque utilizzate per scopi geotermici, delle acque di infiltrazione di miniere o cave o delle acque pompate nel corso di determinati lavori di ingegneria civile, ivi comprese quelle degli impianti di scambio termico.” ... **QUAL E' L'AUTORITA' COMPETENTE ???***

SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

Schema di studio geologico-idrogeologico tipo:

- Ricostruzione dettagliata del modello geologico-idrogeologico del sito
- Simulazione della circolazione idrica sotterranea indotta dal prelievo di acque e dalla loro successiva reimmissione in falda, in modo che il posizionamento dei punti di presa e resa minimizzi la cortocircuitazione termica tra le acque prelevate e reimmesse e il possibile richiamo di contaminanti da monte e laterali in fase di emungimento
- Progettazione del pozzo/pozzi di presa e del pozzo/pozzi di resa e direzione lavori
- Valutazione della variazione di temperatura della falda nel tempo e nell'intorno dei pozzi
- Studio delle problematiche indotte dalla eventuale proliferazione microbatterica dovuta all'aumento della temperatura dell'acqua di falda durante il funzionamento nei mesi estivi
- Progettazione di idonei sistemi di monitoraggio piezometrico e dei principali parametri qualitativi della falda
- Determinazione delle interazioni con i pozzi limitrofi e in altre proprietà
- Determinazione delle interazioni con le strutture presenti in superficie a seguito dell'abbassamento locale del livello piezometrico della falda
- Valutazioni e simulazioni nel tempo lungo, in fase di esercizio, relative alla possibilità di cortocircuitazione tra i pozzi di presa e i pozzi di resa
- ... e chi più ne ha più ne metta ...

SISTEMI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

Criteri di dimensionamento:

Il dimensionamento di un sistema a circuito aperto ha per obiettivo principale la stima della portata ottimale di prelievo dell'acqua di falda, tale da garantire un'elevata efficienza dell'intero sistema di climatizzazione. Per effettuare ciò il progettista è tenuto a definire i seguenti fattori:

- ❖ **caratteristiche progettuali d'impianto e fabbisogni energetico-termici;**
- ❖ **proprietà idrauliche e termiche dell'acquifero interessato dal prelievo di acqua;**
- ❖ **la quantità estraibile dell'acqua di falda e le sue caratteristiche chimiche.**

Valori di portata di acqua di falda richiesti per produrre calore con COP della pompa di calore geotermica pari a 3,5 e un $\Delta T = 5^\circ C$ (lato acqua di falda)

Potenza kW	Portata richiesta (l/s)
5.8-35	0.25-1.65
35-116	1.65-5.55
116-1,160	5.55-55.5

FATTIBILITA' DI IMPIANTI GEOTERMICI

La GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA PER LA CLIMATIZZAZIONE di ogni tipo di edificio, per IMPIANTI PICCOLI/SEMPLICI e GRANDI/COMPLESSI , può essere applicata in tutte le aree urbane ed extraurbane, con ATTENTE VALUTAZIONI RIGUARDO:

- La reale fattibilità economica dell'intervento**
- La convenienza in presenza di situazioni geologiche sfavorevoli**
- Le criticità ambientali indotte sul territorio e, ove possibile, gli accorgimenti necessari per mitigarle**
- La normativa vigente in materia in merito agli iter autorizzativi e ai divieti parziali o totali (soprattutto per i sistemi a circuito aperto)**
- La reale fattibilità cantieristica dell'installazione dei geoscambiatori nel sottosuolo**

FATTIBILITÀ ECONOMICA DELL'INTERVENTO

SCHEMA TIPO PER UN STUDIO/PROGETTO DI FATTIBILITÀ CHE ESPLORI I SEGUENTI ARGOMENTI (PER IMPIANTI GRANDI/COMPLESSI):

- 1) Dimensionamento di massima impianto geotermico (numero e tipo di sonde – pozzi emungimento e reimmissione – tipo e potenza della pompa di calore)*
- 2) Tipo di centrale termica*
- 3) Soluzione centralizzata o soluzione singola*
- 4) Stima benefici in bolletta rispetto a tecnologia a combustibili fossili*
- 5) Panorama eventuale degli incentivi o delle facilitazioni fiscali*
- 6) Schema della contabilizzazione calore per unità immobiliare*
- 7) Computo metrico estimativo di massima*

FA T T I B I L I T À E C O N O M I C A D E L L ' I N T E R V E N T O

Dal punto di vista economico, **LA PERCENTUALE DI COSTO MAGGIORE** di un impianto di scambio termico con il terreno, ad es. a circuito chiuso verticale, è costituito dalle sonde geotermiche, ovvero dalle perforazioni.

Questo è vero anche nei sistemi geotermici a circuito aperto, dove il pozzo di prelievo e soprattutto il pozzo di resa, costituiscono le incognite tecniche e gli impegni economici maggiori.

Appare quindi evidente come una

CORRETTA E PROPORZIONATA INDAGINE GEOLOGICA

sia opportuna e necessaria per la corretta progettazione di un impianto di scambio termico.

SITUAZIONI GEOLOGICHE SFAVOREVOLI

PROBLEMATICHE DI PERFORAZIONE:

- *Necessità di utilizzo di tubi di rivestimento provvisorio nel caso in cui le pareti del foro tendano a franare*
- *Problematiche di cantierizzazione dell'intervento e spazi ristretti o insufficienti*
- *Necessità di conferimento in discarica di materiali di risulta della perforazione, senza possibilità di riutilizzo degli stessi nel cantiere, in ambiti strettamente urbani*

PRESENZA DI TERRENI POCO TERMICAMENTE CONDUTTIVI

- *Terreni con scarsa densità senza presenza di un acquifero*
- *Terreni a grana grossa senza presenza di un acquifero*
- *Terreni torbosi secchi*
- *..... quindi: poco densi, a grana grossa e poco umidi*

IL TUTTO SI RIPERCUOTE SUL COSTO FINALE DELLA REALIZZAZIONE DEL GEOSCAMBIO CON IL SOTTOSUOLO

LE CRITICITÀ AMBIENTALI INDOTTE SUL TERRITORIO

*Per criticità ambientale indotta sul territorio si intende l'insieme delle possibili **INTERFERENZE CON L'AMBIENTE** che possono avere gli impianti di climatizzazione che si servono di fonti geotermiche a bassa entalpia, soprattutto in **MANCANZA DI UNA CORRETTA E RESPONSABILE VALUTAZIONE/PROGETTAZIONE INIZIALE.***

*La **NORMA UNI 11468 – 2012 Sistemi Geotermici a pompa di calore – REQUISITI AMBIENTALI** ha, per la prima volta in Italia, affrontato la tematica della compatibilità ambientale degli impianti geotermici a servizio della climatizzazione degli edifici.*

*La norma ha come esplicito scopo la valutazione del livello di sostenibilità e si applica alle fasi di progettazione, installazione, gestione, manutenzione e controllo degli impianti di cui alla **UNI 11466 - 2012***

LE CRITICITÀ AMBIENTALI INDOTTE SUL TERRITORIO

CRITICITÀ IN FASE DI REALIZZAZIONE DI SONDE GEOTERMICHE VERTICALI O DI POZZI DI EMUNGIMENTO E REIMMISSIONE PER SISTEMI APERTI:

- *Potenziale inquinamento delle falde da parte di additivi di perforazione non compatibili con la qualità degli acquiferi*
- *Penetrazione di strati impermeabili e conseguente eventuale messa in comunicazione di acquiferi separati di caratteristiche qualitative differenti*
- *Eccessiva risalita di falde artesiane tali da non consentire l'immediata ricostruzione dei livelli impermeabili di separazione delle falde stesse*
- *Modificazione temporanea dei caratteri qualitativi/quantitativi attinenti ad emungimenti idrici adiacenti ... in un pozzo vicino può venire a mancare l'acqua o questa potrebbe avere una temperatura non compatibile con gli utilizzi per i quali è stato progettato e realizzato*

LE CRITICITÀ AMBIENTALI INDOTTE SUL TERRITORIO

RISCHI AMBIENTALI IN FASE DI ESERCIZIO DI IMPIANTI GEOTERMICI

A CIRCUITO CHIUSO O A CIRCUITO APERTO (BILANCIATI E NON BILANCIATI):

- *Modificazione della popolazione batterica all'interno dei pozzi di resa o nelle vicinanze di sonde verticali per aumento della temperatura indotto nei mesi estivi*
- *Interferenza con opere e manufatti artificiali sotterranei*
- *Effetti secondari sulla stabilità geotecnica dei terreni comprimibili, come subsidenza o cedimenti differenziali, con conseguenti problematiche statiche delle strutture in superficie*
- *Possibili fenomeni di instabilità indotta su versanti*

EFFICIENZA ENERGETICA DELL'IMPIANTO

**DAL PUNTO DI VISTA DELL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'IMPIANTO IN ESERCIZIO
GLI EFFETTI DI UNA SCORRETTA PROGETTAZIONE/DIMENSIONAMENTO SONO
RAPPRESENTATI SOPRATTUTTO DA:**

- *Possibilità di corto-circuitazione termica dei sistemi di geoscambio e conseguente malfunzionamento nel breve periodo dell'impianto*
- *Possibilità di riduzione dell'efficienza nel tempo
(creazione per esempio di un **eccessivo** "pozzo termico" quando per esempio l'impianto funziona molti più mesi in raffrescamento durante l'anno)*

**ENTRAMBE QUESTE EVENTUALITÀ POSSONO DERIVARE DALL'ASSENZA DI UNA
CORRETTA PROGETTAZIONE/SIMULAZIONE INTEGRATA EDIFICIO-SOTTOSUOLO,**

OPPURE

**DA UNA NON CORRETTA VALUTAZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO IN TERMINI DI
CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI INTERESSATI DAL GEOSCAMBIO.**

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

CLASSIFICAZIONE GENERALE

Dlgs 22/2010

Art. 1 - Ambito di applicazione della legge e competenze

Comma 3:

Sono di **interesse nazionale** le risorse geotermiche **ad alta entalpia**, o quelle economicamente utilizzabili per la realizzazione di un progetto geotermico, riferito all'insieme degli impianti nell'ambito del titolo di legittimazione, tale da assicurare una **potenza erogabile complessiva di almeno 20 MW termici**, alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi;

Comma 4:

Sono di **interesse locale** le risorse geotermiche **a media e bassa entalpia**, o quelle economicamente utilizzabili per la realizzazione di un progetto geotermico, riferito all'insieme degli impianti nell'ambito del titolo di legittimazione, di **potenza inferiore a 20 MW** ottenibili dal solo fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi.

Comma 5:

Sono **piccole utilizzazioni locali** le risorse geotermiche come definite e disciplinate dall'**articolo 10**. Le stesse non sono soggette alla disciplina mineraria di cui al regio decreto 29 luglio 1927, n.1443, e all'articolo 826 del codice civile.

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

CLASSIFICAZIONE GENERALE

Dlgs 22/2010

Art. 10 - Piccole utilizzazioni locali

Comma 1:

Sono piccole utilizzazioni locali di calore geotermico quelle per le quali sono soddisfatte congiuntamente le seguenti condizioni:

- a) consentono la realizzazione di impianti di potenza **inferiore a 2 MW termici** (fluido geotermico alla T dei reflui di 15 °C);
- b) ottenute mediante l'esecuzione di **pozzi di profondità fino a 400 metri** per ricerca, **estrazione e utilizzazione di fluidi geotermici o acque calde.**

Comma 2:

Sono altresì piccole utilizzazioni locali di calore geotermico quelle effettuate tramite l'installazione di **sonde geotermiche** che scambiano calore con il sottosuolo **senza effettuare il prelievo e la re-immissione nel sottosuolo di acque calde o fluidi geotermici.**

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

CLASSIFICAZIONE GENERALE

Dlgs 22/2010

Art. 10 - Piccole utilizzazioni locali

Comma 4:

Le piccole utilizzazioni locali di cui al comma 1, **sono concesse dalla Regione territorialmente competente** con le modalità previste dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici, **di cui al regio decreto 11 dicembre 1933, n.1775**.

Comma 5:

Le piccole utilizzazioni locali di cui al comma 2 sono sottoposte al rispetto **della specifica disciplina emanata dalla Regione competente**, con previsione di adozione di procedure semplificate.

QUADRO NORMATIVO NAZIONALE

DECRETO POSA SONDE

MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

DECRETO 30 settembre 2022

Prescrizioni per la posa in opera degli impianti di produzione di calore da risorsa geotermica, destinata al riscaldamento e alla climatizzazione di edifici e misure di semplificazione per l'installazione dei predetti impianti. (22A05770) [\(GU Serie Generale n.241 del 14-10-2022\)](#)

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO



Repubblica Italiana

Bollettino Ufficiale della Regione Lazio

Disponibile in formato elettronico sul sito: www.regione.lazio.it

Data 21/04/2016

Numero 32

Supplemento n. 1

Legge Regionale 21 aprile 2016, n. 3

**Disciplina in materia di
piccole utilizzazioni locali di calore geotermico**

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Art. 1 (Finalità e oggetto)

1. La Regione **sostiene l'uso delle risorse geotermiche a bassa entalpia e l'installazione di impianti di produzione di calore e raffrescamento da risorsa geotermica**, al fine di promuovere una adeguata diffusione della geotermia quale fonte di produzione di calore ed energia da fonti rinnovabili, nell'ambito dei principi generali derivanti dall'ordinamento dell'Unione europea in materia e della **normativa statale di attuazione di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28** (Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE) e successive modifiche.
2. Per le finalità di cui al comma 1, **la presente legge detta disposizioni in materia di piccole utilizzazioni locali di calore geotermico ai sensi dell'articolo 10 del decreto legislativo 11 febbraio 2010, n. 22** (Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99).

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Art. 2 (Definizioni)

1. Ai fini della presente legge, nel rispetto della normativa statale vigente, si intende per:

.....

- s) **sonde geotermiche verticali**: scambiatori termici disposti verticalmente a circuito chiuso, impiantati nel sottosuolo per recuperare il calore del terreno, delle rocce o degli acquiferi sotterranei, mediante circolazione di fluido di servizio;
- t) **sonde geotermiche orizzontali**: scambiatori geotermici disposti orizzontalmente a circuito chiuso, impiantati nel sottosuolo alla profondità massima di metri 5, per recuperare il calore del terreno, delle rocce o degli acquiferi sotterranei, mediante circolazione del fluido di servizio;
- u) **sistemi geotermici ad acqua sotterranea a circuito aperto bilanciato**: impianti che utilizzano l'acqua di acquiferi sotterranei, estratta da un pozzo di produzione e la reimmettono nello stesso acquifero captato attraverso un pozzo di iniezione, a valle dello scambio termico, con bilancio idrico nullo;
- v) **sistemi geotermici ad acqua sotterranea a circuito aperto non bilanciato**: impianti che utilizzano l'acqua di acquiferi sotterranei con scarico in superficie o in acquifero diverso da quello di provenienza, oppure nello stesso acquifero ma con disparità tra i volumi emunti e quelli reimmessi;

.....

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Art. 6 (Divieti e vincoli)

1. L'installazione di impianti geotermici di cui alla presente legge è **vietata** nelle **aree di rispetto delle risorse idropotabili**, nelle **aree critiche per prelievi idrici** e nelle **aree sottoposte a vincoli relativi al rischio di dissesto** **idrogeologico**.
2. **I divieti nelle aree critiche per prelievi idrici** di cui alla deliberazione della Giunta regionale 445/2009 **non riguardano** l'installazione di impianti geotermici di cui all'articolo 2, comma 1, **lettere s) e t)**.
3. L'installazione d'impianti geotermici in aree soggette a **tutela archeologica, paesaggistica e ambientale** è soggetta **ai nulla osta ed agli ulteriori provvedimenti di autorizzazione preliminari**, da parte degli organi amministrativi competenti per territorio, previsti dalla normativa statale e regionale vigente in materia di tutela dei beni culturali ed ambientali.

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Regione Lazio Regolamenti Regionali

Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2 - Disciplina delle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, ai sensi della legge regionale 21 aprile 2016, n. 3 (Disciplina in materia di piccole utilizzazioni locali di calore geotermico) e successive modifiche

..... approvato e in vigore Dall'11/04/2022, sia per i sistemi a circuito chiuso che aperto.

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Regione Lazio Regolamenti Regionali

Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2 - Disciplina delle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, ai sensi della legge regionale 21 aprile 2016, n. 3 (Disciplina in materia di piccole utilizzazioni locali di calore geotermico) e successive modifiche

Articolo 4

(Caratteristiche del RIG e relative modalità di registrazione e gestione)

Articolo 6

(Tipologie di impianti)

Articolo 7

(Criteri e modalità per la presentazione della comunicazione per l'installazione delle sonde geotermiche per la realizzazione degli impianti a circuito chiuso di cui all'articolo 6, comma 1, lettere a) e b))

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Regione Lazio Regolamenti Regionali

Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2 - Disciplina delle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, ai sensi della legge regionale 21 aprile 2016, n. 3 (Disciplina in materia di piccole utilizzazioni locali di calore geotermico) e successive modifiche

Articolo 8

(Criteri e modalità per la presentazione della segnalazione certificata di inizio attività per l'installazione delle sonde geotermiche per la realizzazione degli impianti a circuito chiuso di cui all'articolo 6, comma 1, lettere c), d), e), f), g), h), i), l)

Articolo 9

(Criteri e modalità per la presentazione dell'autorizzazione unica per l'installazione degli impianti a circuito aperto di cui all'articolo 6, comma 1, lettere m), n), o) e p) e per la procedura abilitativa semplificata ai sensi dell'articolo 6 del d.lgs. 28/2011)

Articolo 10

**(Modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione e la gestione degli impianti.
Principi generali**

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO

Regione Lazio Regolamenti Regionali

Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2 - Disciplina delle piccole utilizzazioni locali di calore geotermico, ai sensi della legge regionale 21 aprile 2016, n. 3 (Disciplina in materia di piccole utilizzazioni locali di calore geotermico) e successive modifiche

Articolo 11

(Modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione e la gestione degli impianti geotermici a circuito chiuso)

Articolo 12

(Modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione e la gestione degli impianti geotermici a circuito aperto)

Articolo 13

(Analisi e controllo per l'attestazione dell'invarianza chimica)

Articolo 15

(Collaudo e certificazione di fine lavori)

QUADRO NORMATIVO REGIONE LAZIO



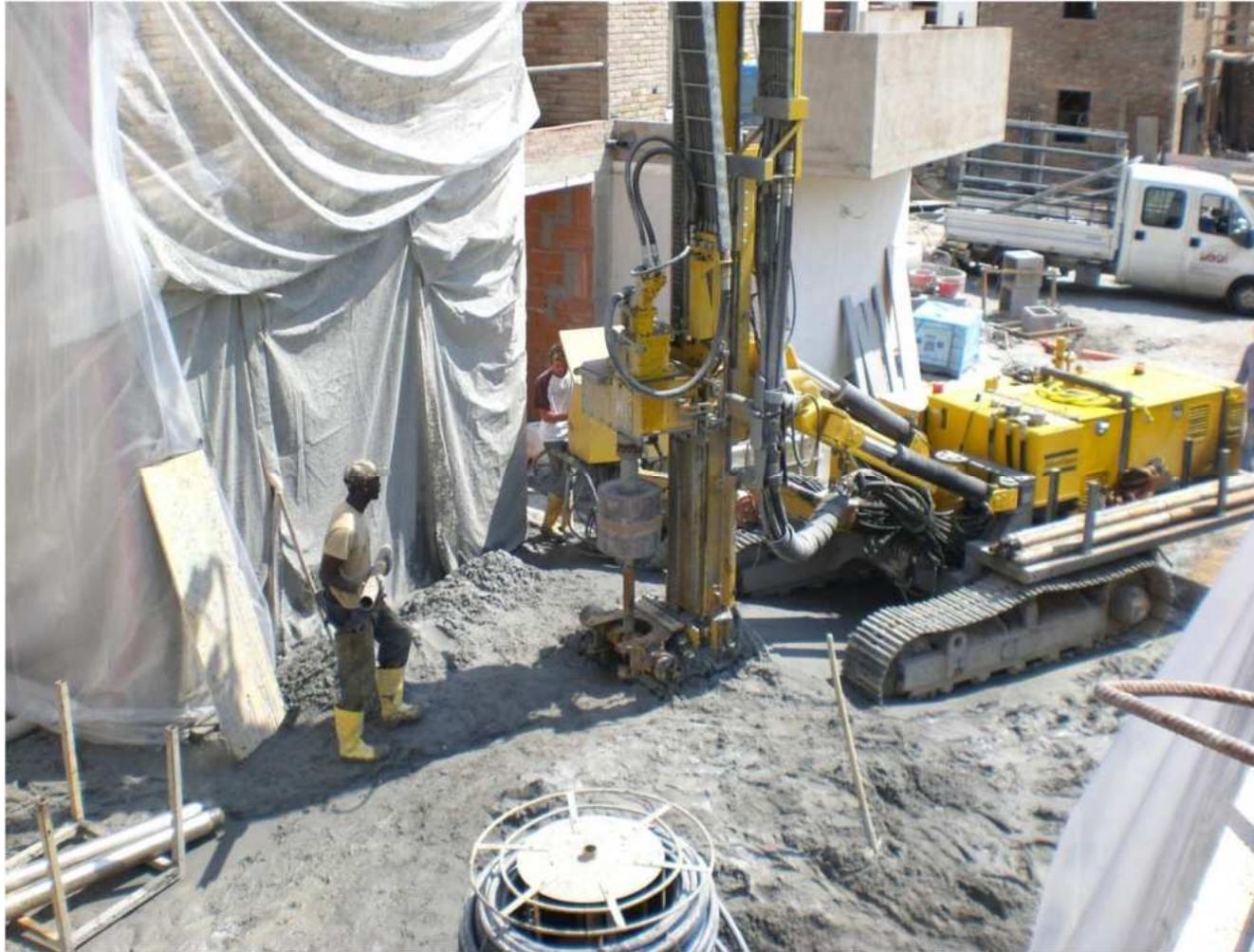
Importante per le possibilità di lavoro del GEOLOGO nel campo geotermico:

Pronunciamento da parte della Regione Lazio e poi inserimento nel «Regolamento 4 gennaio 2022, n. 2» della «Legge Regionale 21 aprile 2016, n. 3» della Regione Lazio, approvato e in vigore Dall'11/04/2022, sia per i sistemi a circuito chiuso che aperto.

Con il terzo e ultimo dispositivo, infine, si richiedono altri tre impegni al presidente della Giunta regionale: prevedere, in fase istruttoria, anche nei casi di regime di edilizia libera, uno studio idrogeologico finalizzato alla tutela dell'ambiente e della salute pubblica; prevedere all'interno del Registro regionale degli impianti geotermici l'inserimento dei tecnici progettisti dell'impianto e degli studi propedeutici alla sua installazione; prevedere all'interno della Carta idrogeotermica la mappa delle falde acquifere, le loro connessioni ed interazioni oltre che i limiti e i divieti di perforazione del sottosuolo nei casi di rischi di contaminazione e collegamento tra falde di diversa natura idrologica.

A cura dell'Ufficio stampa del Consiglio Regionale del Lazio

FATTIBILITÀ CANTIERISTICA DELL'INSTALLAZIONE DEI GEOSCAMBIATORI NEL TERRENO



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

FATTIBILITÀ CANTIERISTICA DELL'INSTALLAZIONE DEI GEOSCAMBIATORI NEL TERRENO



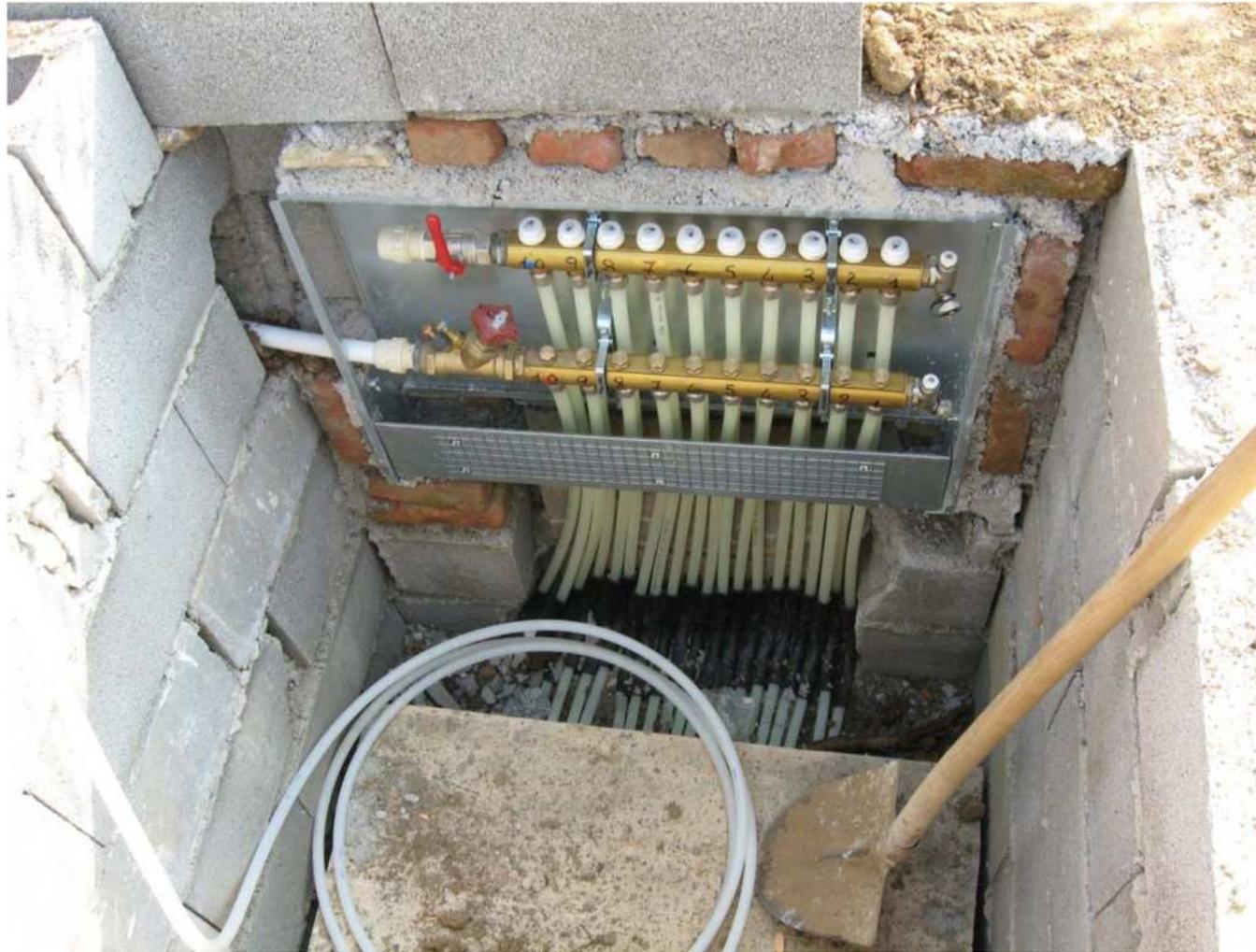
Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

FATTIBILITÀ CANTIERISTICA DELL'INSTALLAZIONE DEI GEOSCAMBIATORI NEL TERRENO



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

FATTIBILITÀ CANTIERISTICA DELL'INSTALLAZIONE DEI GEOSCAMBIATORI NEL TERRENO



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025

LOCALE TECNICO



Le attività del geologo nella progettazione e realizzazione dei sistemi di geoscambio – 20/03/2025



**LE ATTIVITÀ DEL GEOLOGO
NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA
20 MARZO 2025**

Dr. Geol. DANIELE D'OTTAVIO

dottavio@geoambiente.it

GEOAMBIENTE S.C.A.R.L. – Via delle Idrovore della Magliana, 147 – 00148 Roma