

La geotermia nel veronese

Il flusso geotermico proveniente dal mantello terrestre costituisce un'energia persistente e rinnovabile, praticamente inesauribile. Questo calore, racchiuso nelle rocce del sottosuolo, può essere estratto artificialmente e sfruttato come fonte energetica alternativa rispetto ai tradizionali sistemi di approvvigionamento basati sulla combustione del gas o dei derivati del petrolio.

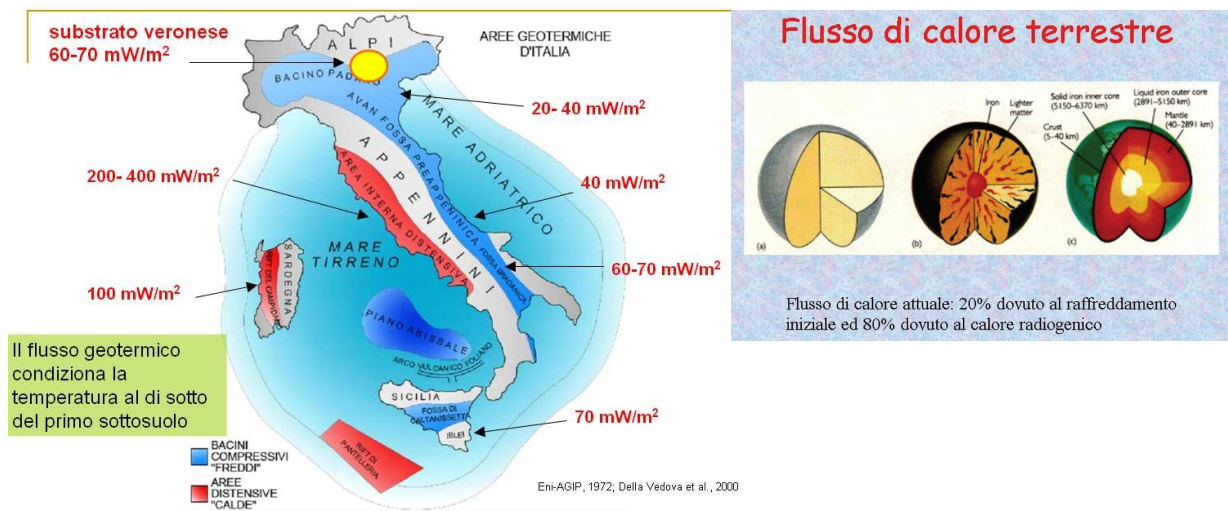


Fig. 1 – Le risorse a media e alta entalpia dell'Italia sono legate a condizioni geologiche accompagnate da un assottigliamento della crosta e dalla risalita di corpi magmatici che determinano elevati flussi di calore. La presenza dei circuiti idrotermali a bassa entalpia è invece dovuta al normale gradiente geotermico, ovvero al flusso di calore proveniente dal mantello terrestre. La mappatura geotermica italiana evidenzia un potenziale geotermico a bassa entalpia molto grande.

Il pianeta Terra dispone di un'immensa quantità di calore localizzata soprattutto al di sotto della crosta terrestre (nel mantello) per cui il 99,9 % in massa del pianeta è dotato di temperatura superiore a 100 °C. Quindi, solamente lo 0,1 % presenta una temperatura inferiore a 100 °C e ad essa è riferita la *geotermia a bassa entalpia* che attiene allo strato più esterno della crosta fino ad una profondità di circa 1 km.

Il calore interno terrestre, localizzato soprattutto nel mantello, è in parte dovuto al decadimento dei minerali radioattivi e in parte va fatto risalire al calore originario della Terra al tempo della sua formazione. Le rocce di cui è formato il pianeta Terra, così quelle che formano la crosta, sono cattive conduttrici di calore. Per tale motivo l'immensa energia geotermica della Terra può dissiparsi solamente in particolari punti del pianeta ove si concentra e dà origine ai vulcani e

comunque costituisce il “motore” dell’attività endogena. Il calore interno terrestre, infatti, è responsabile di tutti i fenomeni dinamici interni al pianeta, da quelli vulcanici fino alla tettonica a zolle e ad esso, in ultima analisi, vanno fatti risalire i terremoti e la nascita delle catene montuose.

Se fosse possibile sfruttare il calore presente nel mantello e nella crosta, questo sarebbe in grado di soddisfare qualsiasi richiesta energetica da parte dell’uomo. Il calore che invece si diffonde nelle porzioni più esterne della crosta e che risulta economicamente raggiungibile (fino a circa 1 km di profondità), nella maggior parte dei casi è rappresentato da un basso flusso di calore (circa 50 – 70 mW/m²) che, come quantità, risulta molto inferiore all’irraggiamento solare medio che pari a circa 200 Watt/m² delle latitudini europee. Comunque, la quantità di energia che annualmente raggiunge la superficie terrestre è enorme (paria circa 10²¹ Joule) ed è quasi 100 volte superiore all’energia elastica liberata in un anno da tutti i terremoti.

Tuttavia, benché di bassa intensità, il flusso di calore geotermico risulta costante e continuo, ovvero il terreno si comporta come “un magazzino” di calore che può rilasciare energia termica h24 per 365 giorni all’anno. In ragione all’anisotropia del sistema sottosuolo, per sfruttare al meglio la risorsa geotermica si rende necessario individuare le aree più favorevoli ove il calore tende a concentrarsi mentre, d’altra parte, occorre conoscere anche quei contesti geologici laddove il calore è meno disponibile. Pertanto, qualsiasi progetto di sfruttamento geotermico deve prevedere un attento studio geologico del sottosuolo che permetta di valutare la consistenza della risorsa termale e le cause della sua variabilità nello spazio e nel tempo.

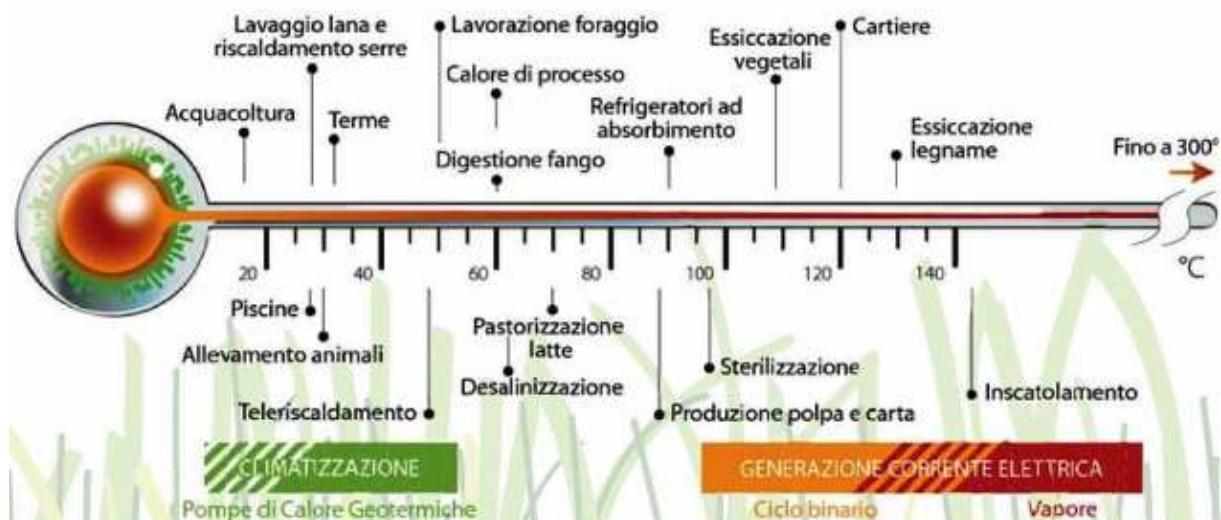


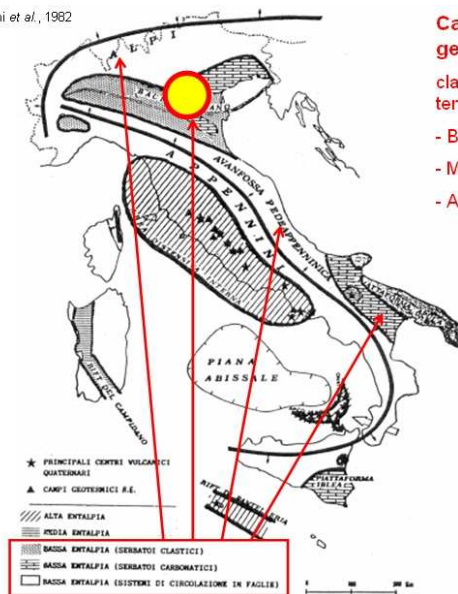
Fig. 2 – Le diverse utilizzazioni dei fluidi termali a seconda della loro temperatura.

L'uso razionale della geotermia, qualunque essa sia (ad alta, media e bassa entalpia), non deve quindi prescindere da un'attenta conoscenza del sottosuolo da cui valutare le caratteristiche della "sorgente" per impostare il "progetto di sfruttamento" che sia in grado di ridurre quasi a zero il rischio minerario. Come slogan, si potrebbe dire che l'impianto geotermico è prima di tutto un "impianto geologico" ovvero, il sistema geologico-geofisico del sottosuolo sta alla base e condiziona qualsiasi progetto di sfruttamento.

In via generale, qualsiasi progetto che utilizza l'energia geotermica deve considerare:

- *la potenzialità, disponibilità e continuità della risorsa;*
- *la sostenibilità ambientale ed economica;*
- *la pianificazione territoriale.*

Gorgoni et al., 1982



Carta delle potenzialità geotermiche italiane

classificazione delle risorse in base alla temperatura:

- Bassa entalpia $t < 90 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Media entalpia $t = 90 - 150 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Alta entalpia $t > 150 \text{ } ^\circ\text{C}$

Le risorse a **media e alta entalpia** sono legate a condizioni geologiche accompagnate da un assottigliamento della crosta e dalla risalita di corpi magmatici che determinano elevati flussi di calore.

La presenza dei circuiti idrotermali a **bassa entalpia** è dovuta al normale gradiente geotermico, ovvero al flusso di calore proveniente dal mantello terrestre.

La mappatura geotermica italiana evidenzia un potenziale geotermico a **bassa entalpia molto grande**.

In base alla temperatura delle rocce e dei fluidi presenti in profondità la risorsa geotermica viene così classificata:

BASSA ENTALPIA *per temperature < 90 °C*

MEDIA ENTALPIA *per temperature comprese tra 90 e 150 °C*

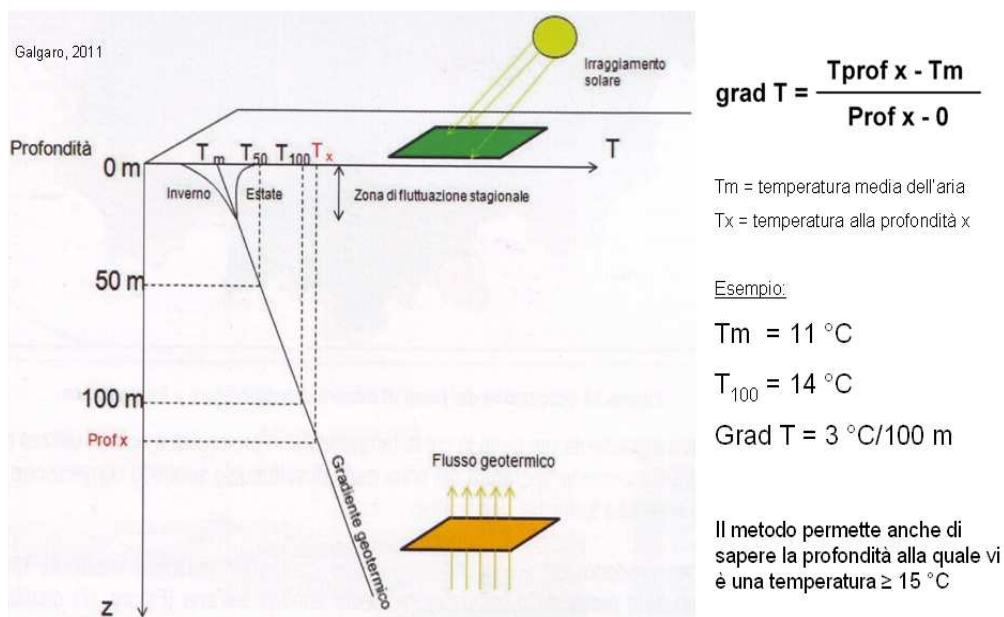
ALTA ENTALPIA *per temperature > 150 °C*

L'assetto geologico dell'area padana e della fascia alpina e prealpina, a cui appartiene la provincia di Verona, consente la diffusione di un flusso geotermico variabile tra 20 ÷ 70 mW/m² che dà luogo a rocce con temperature variabili tra i 50 e i 70 °C fino a circa 2000 m di profondità.

La disponibilità termica del sottosuolo provinciale rientra, quindi, tra le risorse geotermiche a bassa entalpia; tale energia geotermica interessa un vastissimo areale e il suo sfruttamento può avvenire a profondità non eccessive così da essere economicamente vantaggiose.

Un importante parametro termo-fisico del sottosuolo è rappresentato dal GRADIENTE GEOTERMICO che dà la misura dell'aumento della temperatura con la profondità. È un parametro facilmente misurabile nel corso delle perforazioni per la ricerca d'acqua ed esso può fornire interessanti valutazioni per identificare quelle aree in cui si concentrano i maggiori flussi di calore provenienti dalle zone profonde della crosta terrestre che rendono particolarmente vantaggioso un impianto geotermico.

La misura del gradiente geotermico locale



Nel veronese, attraverso il gradiente geotermico è possibile identificare quelle aree in cui esistono temperature anomale del sottosuolo che possono incidere significativamente sulla convenienza economica di utilizzare l'energia geotermica come fonte di riscaldamento domestico.

Il gradiente geotermico medio (T) dipende dal flusso di calore (q) e dalla conducibilità termica (λ):

$$T = q / \lambda \quad [^{\circ}\text{C}/\text{m}]$$

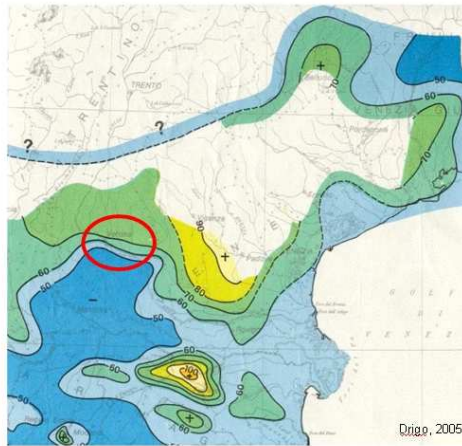
considerando valori medi di $q = 63 \text{ mW}/\text{m}^2$ e di $\lambda = 2,1 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ allora $T = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$

PROVINCIA DI VERONA

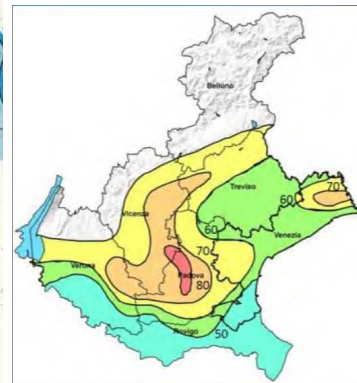
Rispetto al valore medio ($T = 3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$) esistono aree di anomalia termica positiva e negativa:

Anomalia positiva con $T > 3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ - fino a $40^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, nelle aree di affioramento idrotermale;

Anomalia negativa con $< 3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ - anche $< 1^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$, in ambito di pianura laddove esistono elevati spessori alluvionali saturi con falda in movimento.



Carta delle isoterme a -2000 m – Agip, 1967



Mappa del flusso di calore (mW/m²) - da Inv. Ris. Geotermiche Italiane 1988 (<http://geothopica.igg.cnr.it>).MODIFICATA

In condizioni normali, nel sottosuolo si verifica un aumento della temperatura di 3°C ogni 100 m di profondità ma, in riferimento a tale valore, nell'area veronese possono esistere ANOMALIE POSITIVE quando l'aumento di temperatura nel sottosuolo è maggiore di $3^{\circ}\text{C}/\text{km}$ che, in alcune zone, può raggiungere valori fino ai $40^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$.

Al contrario, in determinate aree della pianura ove esistono acquiferi freddi, nel sottosuolo possono esistere ANOMALIE NEGATIVE in cui gli aumenti di temperatura con la profondità risultano molto bassi, anche inferiori di $1^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$.

Pianura alluvionale/morenica in condizioni termiche normali	Pianura alluvionale/morenica con anomalia termica negativa	Pianura alluvionale/morenica con anomalia termica positiva
$T = 3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ $\lambda = 0,7 + 2,4 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ $q < 60 \text{ mW}/\text{m}^2$	$T = 1^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ $\lambda = 0,7 + 2,4 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ $q < 60 \text{ mW}/\text{m}^2$	$T = 8 + 18^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ $\lambda = 0,7 + 2,4 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ $q > 60 \text{ mW}/\text{m}^2$
si riduce q e contestualmente λ	q si riduce in maniera maggiore di λ	aumento significativo di q per la presenza dei fluiti termali
$T = 3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ $\lambda = 2,1 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ $q = 60 \text{ mW}/\text{m}^2$		RISALITA TERMALE $q > 60 \text{ mW}/\text{m}^2$

Fig. 3 – Nell'ambito della provincia di Verona è possibile distinguere alcuni contesti geologici in relazione al gradiente geotermico locale. In condizioni normali, ove non esiste alcuna interferenza da parte del sistema idrotermale del Veneto occidentale, la diffusione del calore avviene per semplice "conduzione" nelle rocce e il flusso di calore che percorre il substrato roccioso, dotato di una conducibilità media di $2,1 \text{ W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$, presenta valori medi dell'ordine di $60 \text{ mW}/\text{m}^2$. Quando il calore si trasferisce nel soprastante materasso alluvionale/morenico, si verifica quasi sempre una diminuzione del flusso di termico dovuto alla presenza di sedimenti a bassa conducibilità termica (ghiaie e sabbie asciutte) che può dare luogo ad un gradiente geotermico normale di $3^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ o anche inferiore, qualora vi siano acquiferi permeabili dotati di scorrimenti idrici freddi (Alta pianura veronese).

Diversamente, nelle zone ove si concentrano le risalite idrotermali (Distretti A e B del veronese) i flussi di calore risultano sempre maggiori di $60 \text{ mW}/\text{m}^2$ ed essi sono veicolati dai moti di convezione, ovvero viene intercettata l'acqua in risalita proveniente dalle profondità di $2-3 \text{ km}$ quale mezzo più efficace di trasferimento del calore. Per tale aree il sottosuolo è dotato di gradienti geotermici elevati che variano tra $8 + 18^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ ed esse sono le più convenienti per la realizzazione degli impianti geotermici.

La geotermia si occupa propriamente del calore del sottosuolo e delle metodologie di estrazione e di utilizzo. Nella provincia di Verona esiste un buon potenziale geotermico dovuto sia al normale flusso geotermico proveniente dal basamento roccioso che alla presenza, in alcune aree, dei maggiori flussi di calore legati alla risalita di acque calde appartenenti ad un esteso circuito idrotermale sviluppato alla scala regionale. Tali aree, caratterizzate dall'affioramento di acque calde, sono denominate Distretto termale della pianura orientale (A) e Distretto termale della pianura settentrionale (B).

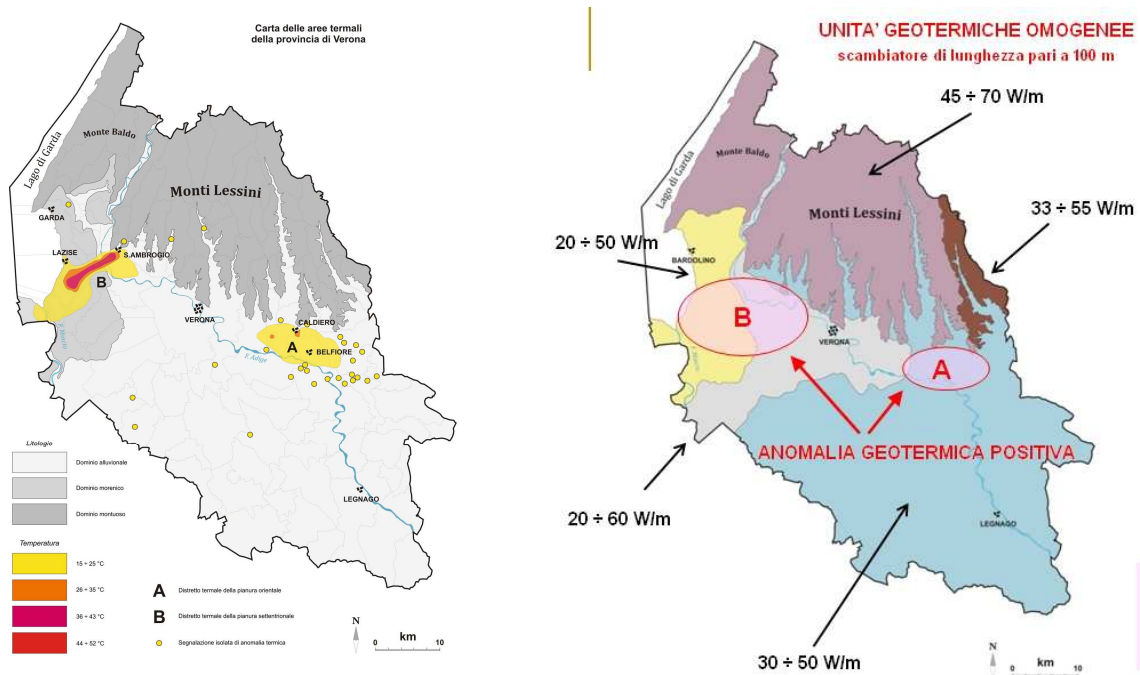


Fig. 4 – Indicazione dei Distretti termali della pianura veronese e i valori medi di resa termica da parte delle sonde geotermiche verticali per quei contesti dotati di gradiente geotermico “normale”.

Il calore geotermico contenuto nel sottosuolo, facilmente ed economicamente raggiungibile ed estraibile ai fini del riscaldamento/raffrescamento, interessa due contesti geologici diversi che risultano ampiamente rappresentati in provincia di Verona:

- 1) rocce dei rilievi montuosi e materiali sedimentari della pianura e relative falde acquifere fredde ($t < 15\text{ }^{\circ}\text{C}$) in essi contenute;
- 2) acquiferi caldi appartenenti ai Distretti termali A e B del veronese.

Per estrarre calore dal sottosuolo i diversi sistemi tecnologici esistenti prevedono l'applicazione di scambiatori di calore le cui caratteristiche variano a seconda delle condizioni geologiche ed ambientali.

In relazione, quindi, alle diverse condizioni geologiche ed ambientali le modalità di estrazione e di sfruttamento del calore geotermico avviene secondo due criteri principali:

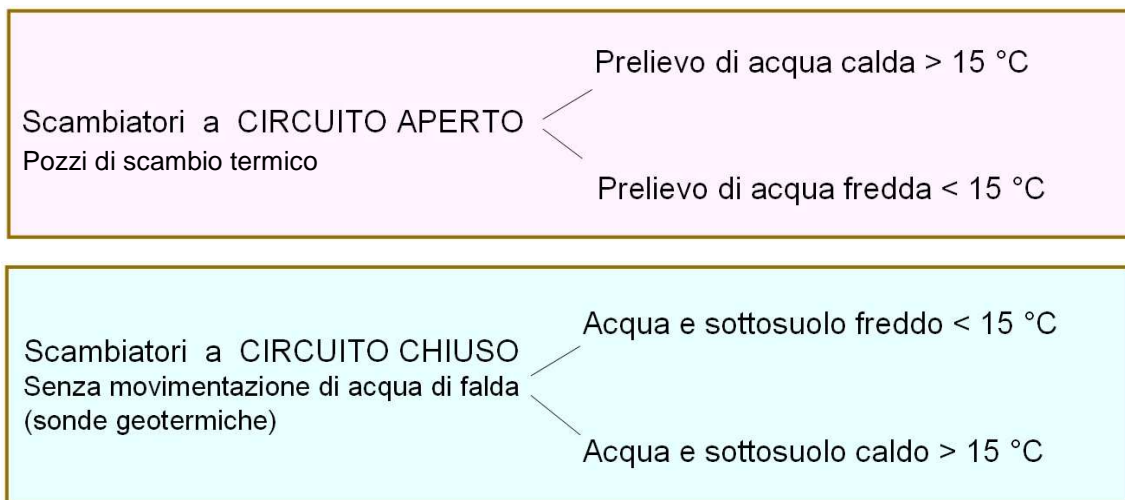


Fig. 5 – Sintesi della diversa tipologia fondamentale di scambiatori di calore per l'estrazione del calore geotermico.

La scelta dello scambiatore da utilizzare non dipende solamente dalle condizioni geologiche e dalle proprietà termiche del terreno, ma è anche funzione di diverse variabili che vanno attentamente analizzate e gestite nel corso della fase progettuale secondo il seguente schema:

