

LE CER SOLIDALI, NELL'AMBITO DELLE CER E DELL'AUTOCONSUMO: FORMA GIURIDICA, PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA, PROSPETTIVE

«Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Dott. Paolo Cerutti

Geologo Libero Professionista - Membro IAH, AGWSE, Commissione Risorse Idriche CNG

Co-Editor-in-Chief di *Acque Sotterranee – Italian Journal of Groundwater*

Coordinatore Europeo Panel on Hydrogeology di EFG

Consigliere di ANIPA e Segretario di ANIGHP

Membro Piattaforma Geotermica

«Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONTENUTI

- INTRODUZIONE: PREMESSE, OBIETTIVI, QUADRO NORMATIVO E LEGISLATIVO, DEFINIZIONI
- IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO E APERTO: LE COMPONENTI DI INTERESSE “GEOLOGICO”
- CONTESTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO: FATTORI E PARAMETRI STATICI RILEVANTI
- CONTESTO IDROGEOLOGICO: FATTORI E PARAMETRI DINAMICI RILEVANTI
- METODI DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOFISICA
- LA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI DI GEOSCAMBIO
- LA SOSTENIBILITÀ DEGLI IMPIANTI
- CASI DI STUDIO SELEZIONATI
- CONCLUSIONI

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

INTRODUZIONE: PREMESSE E OBIETTIVI

Prime necessarie premesse a questa presentazione sono le seguenti:

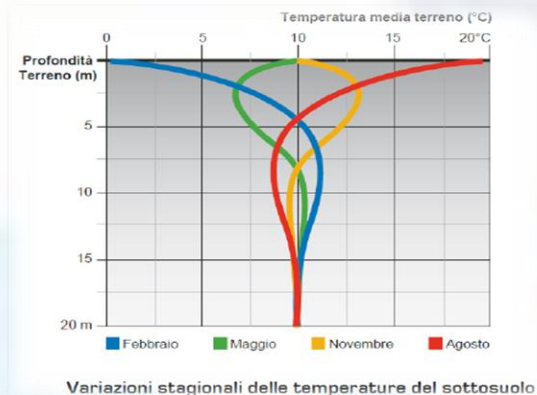
- l'informazione corrente non sempre discerne le geotermie, quella termica (Geoscambio) e quella elettrica,
- il quadro legislativo-normativo che regola il settore in cui rientra il Geoscambio è in rapida evoluzione,
- in altrettanta rapida evoluzione è il mercato, tanto termini di domanda (utenze), quanto di offerta (tecnologie).

Gli obiettivi della comunicazione di oggi sono quindi:

- fornire un quadro, ovviamente non esaustivo, degli elementi tecnici e tecnologici alla base del Geoscambio,
- evidenziare la rilevanza del contesto ambientale per la progettazione e la sostenibilità degli impianti,
- promuovere il Geoscambio e condividere a tale scopo altri elementi alla base di tale soluzione.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

- ❖ “**Geotermia**” deriva dalle parole greche “geo” (terra) e “thermos” (caldo) e indica la forma di energia disponibile nel sottosuolo grazie al calore endogeno della Terra.
- ❖ “**Entalpia**” in termodinamica è l'energia che un sistema può scambiare con l'ambiente esterno; è la somma di energia interna e prodotto tra pressione e volume; la variazione di entalpia di un sistema dipende solo dallo stato iniziale e da quello finale; in sostanza è una misura della quantità di energia termica (calore) in un sistema.



- ❖ Uno studio del MIT (Massachusetts Institute of Technology) afferma che **si potrebbe soddisfare il fabbisogno energetico planetario con sola energia geotermica per i prossimi 4000 anni** rendendo quindi inutile qualsiasi altra fonte non rinnovabile o rinnovabile attualmente utilizzata.
- ❖ Secondo l'EPA (Ente per la Protezione Ambientale statunitense) **non esiste oggi sul mercato un sistema di riscaldamento e di condizionamento più efficiente dal punto di vista energetico e più pulito per l'ambiente.**

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

QUADRO NORMATIVO E LEGISLATIVO (estratto minimo)

- **Norme dell'Unione Europea:** Direttiva 2000/60/CE, Direttiva UE 2018/2001, Regolamento n. 2022/2577 del 22 dicembre 2022
- **Quadro legislativo nazionale italiano:** Decreto legislativo n. 152/2006, Decreto legislativo n. 22/2010, Decreto legislativo n. 28/2011 (ottemperanza a legislazione europea 2009/28/CE e precedenti), Decreto «Posa-Sonde» D.M. 30 settembre 2022 n. 378
- **Quadro legislativo nelle regioni italiane:** Lombardia, Lazio, Piemonte, Valle D'Aosta, Veneto, Liguria
- **Riferimenti legislativi in ambiti provinciali italiani:** Trento, Vicenza, Padova
- **Norme Tecniche italiane:** UNI/TS 11300-4:2016, UNI/TS 11300-5:2016, UNI/TS 11300-1:2014, UNI/TS 11300-6:2016, UNI/TS 11300-2:2019, UNI/TS 11300-3:2010, UNI 11466:2012, UNI 11467: 2012, UNI 11468:2012, UNI 11517:2013, UNI/TS 11487:2013
- **Altre Leggi e Norme Tecniche straniere:** in ambito internazionale esistono ovviamente numerosi altri riferimenti normativi (ASHRAE, VDI, Norme Svizzere, DIN, ...) e legislativi.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

ALCUNE DEFINIZIONI (Riferimenti normativi: L. 99/09 e D. Lgs 22/2010)

ENTALPIA ED ENTALPIE

Sono risorse geotermiche:

- ad alta entalpia quelle caratterizzate da una temperatura del fluido reperito superiore a 150 °C;
- a media entalpia quelle caratterizzate da una temperatura del fluido reperito compresa tra 90 °C e 150 °C;
- a bassa entalpia quelle caratterizzate da una temperatura del fluido reperito inferiore a 90 °C.

PICCOLE UTILIZZAZIONI LOCALI

- consentono la realizzazione di impianti di **potenza inferiore a 2 MW termici**, ottenibili dal fluido geotermico alla temperatura convenzionale dei reflui di 15 gradi centigradi;
- ottenute mediante l'esecuzione di pozzi di **profondità fino a 400 metri** per ricerca, estrazione e utilizzazione di fluidi geotermici o acque calde, comprese quelle sgorganti da sorgenti, per **potenza termica complessiva non superiore a 2.000 kW termici**, anche per eventuale produzione di energia elettrica con impianti a ciclo binario ad emissione nulla.

POMPE DI CALORE GEOTERMICHE (ACQUA-ACQUA)

Macchine puramente elettriche, frigorifere in senso lato (termo-frigorifere), in grado di lavorare in due direzioni (da caldo a freddo e viceversa) grazie ad un inverter, che permette cioè il trasferimento di temperatura da un serbatoio (il sottosuolo, sorgente calda d'inverno e fresca d'estate) ad un ambiente che si vuole climatizzare (riscaldare o raffrescare).

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

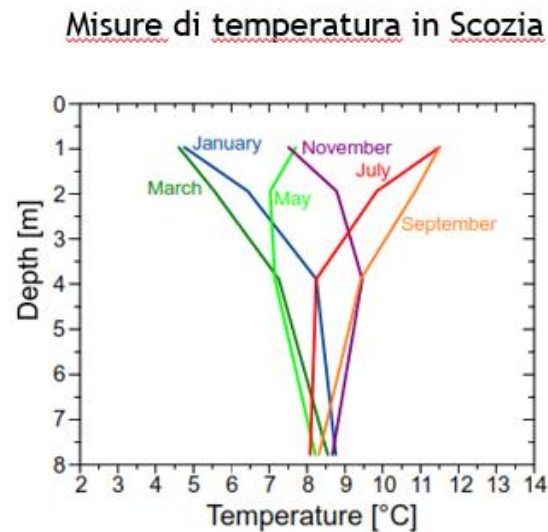
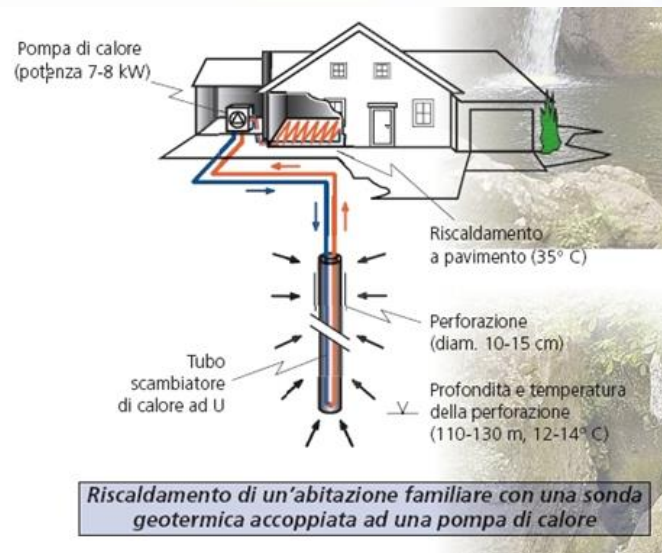
ALTRE DEFINIZIONI

- **Coefficiente di Prestazione (COP)**
- **Edilizia Libera e Procedura Abilitativa Semplificata (PAS)** (applicate al Circuito Chiuso dal D.M. 378 del 30/9/2022)
- **Geoscambio**: insieme di principi, tecnologie, tecniche, operazioni e soluzioni proprie della **Geotermia a Bassa** (più corretto sarebbe dire bassissima) **Entalpia**, in grado di utilizzare ovunque (in qualunque parte del paese – il **Geoscambio** è ubiquitario ed a km0) il primo sottosuolo (limite normativo massimo 400 m di profondità, nella pratica da pochi metri a 150 m (da qui il termine “**Geotermia Superficiale**”) quale serbatoio con cui scambiare calore, in entrambe le direzioni, cioè dalla superficie al sottosuolo e viceversa, per ricavarne energia termica, da utilizzare direttamente per climatizzare edifici (da qui il termine “**Geotermia per la Climatizzazione**”); il **Geoscambio** viene ormai definito tale per distinguerlo dalla **Geotermia a Media e Alta Entalpia**, che in alcune limitate aree del paese (es.: Toscana) preleva fluidi ad alta-altissima temperatura (acqua - vapore), da profondità dell'ordine delle migliaia di metri (da qui il termine “**Geotermia Profonda**”), per generare direttamente energia elettrica (da qui il termine “**Geotermia Elettrica**”); la **Geotermia** a qualunque livello di “entalpia” è comunque una **Fonte Rinnovabile**.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

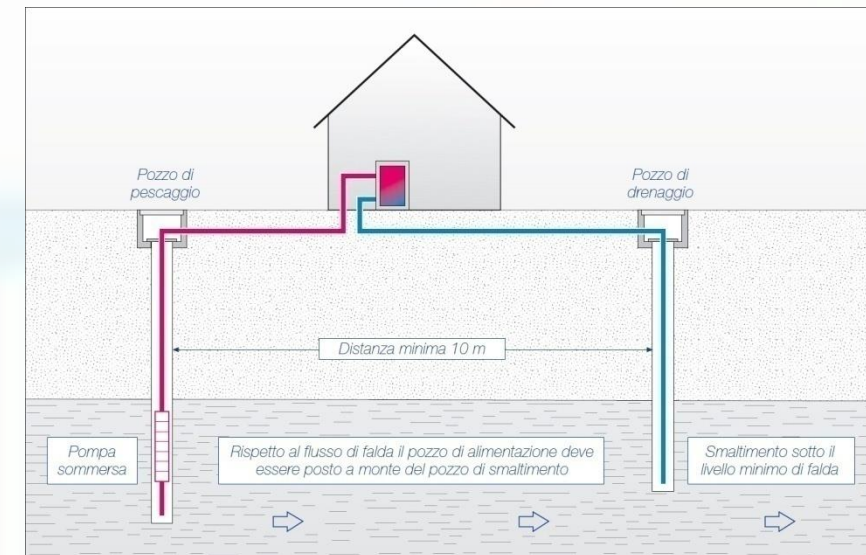
IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO E A CIRCUITO APERTO: I DUE TIPI PRINCIPALI DI IMPIANTO

Impianto a Circuito Chiuso (*Closed Loop*):
geoscambio col terreno mediante sonda/e verticale/i



Sanner, 2016

Impianto a Circuito Aperto (*Open Loop*):
geoscambio con l'acqua di falda mediante pozzi



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI «IMPIANTO SOTTOSUOLO», LE GEOSTRUTTURE



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MILANO

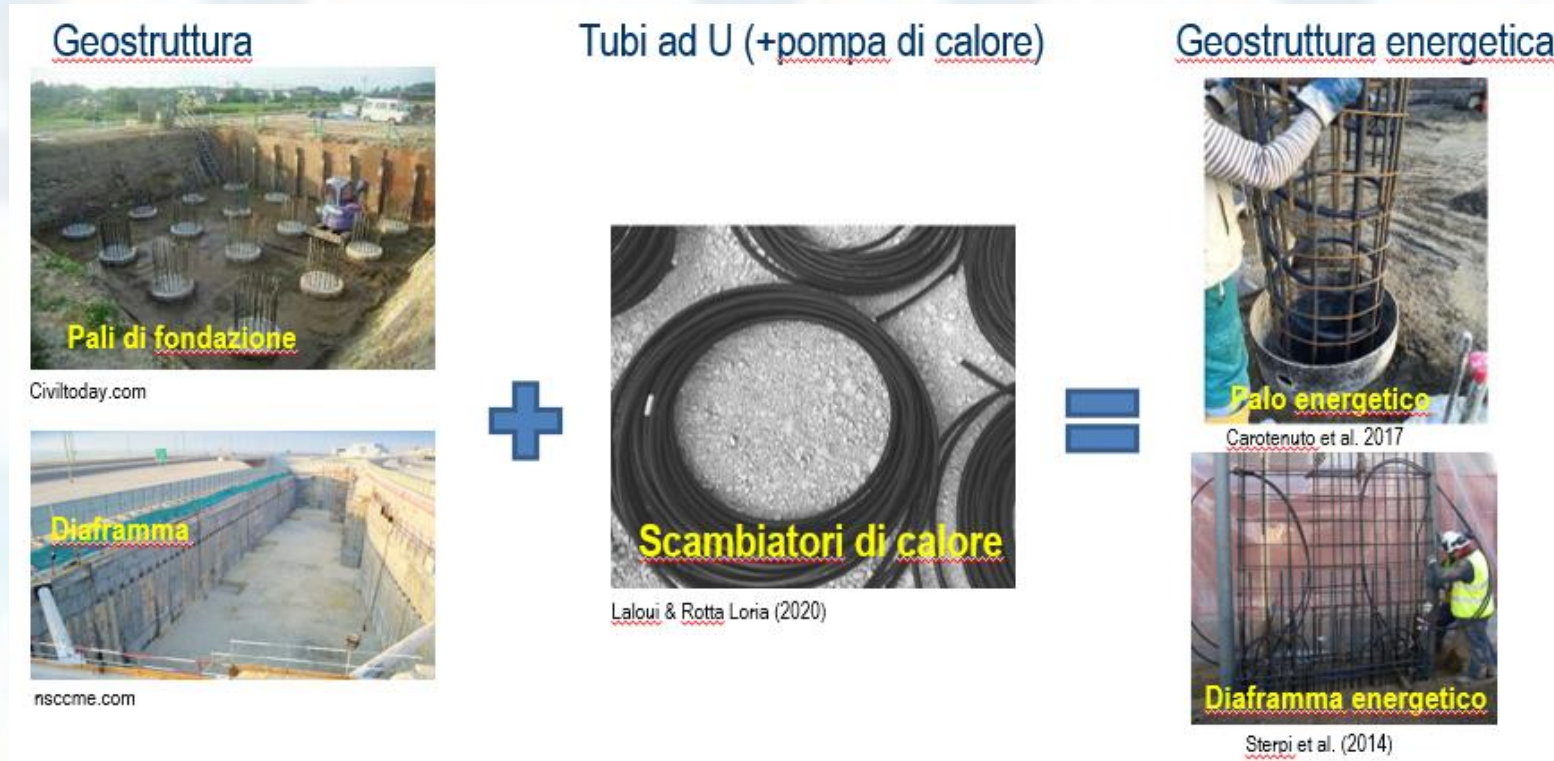
Geo-strutture energetiche: recenti sviluppi tecnico-scientifici, metodi di analisi e funzionamento termico in differenti condizioni idrogeologiche

*F. Cecinato**, *M. Masetti**,
*D. Pedretti**, *P. Cerutti***

(da: Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI «IMPIANTO SOTTOSUOLO», LE GEOSTRUTTURE



(da: Cecinato, , Masetti, Pedretti, Cerutti – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI «IMPIANTO SOTTOSUOLO», LE GEOSTRUTTURE



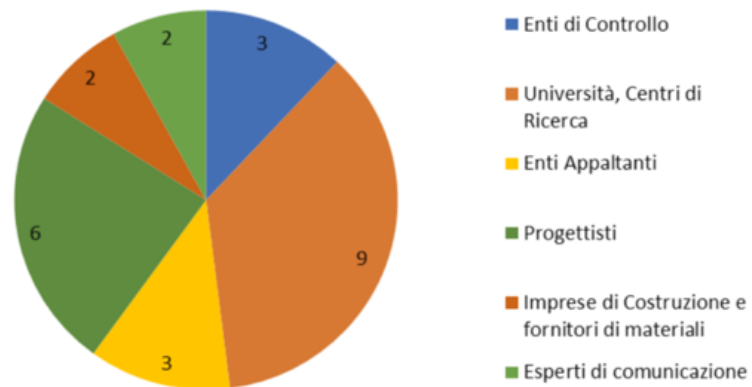
(da: Barla, Insana, Dematteis – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI «IMPIANTO SOTTOSUOLO», LE GALLERIE

Il gruppo di lavoro GESTAG (Gestione Sostenibile delle Acque nelle Gallerie) è stato istituito nel 2012 dal Comitato Italiano dell'Associazione Internazionale degli Idrogeologi (IAH).

Le linee guida sono state elaborate da 25 esperti di estrazioni diverse:



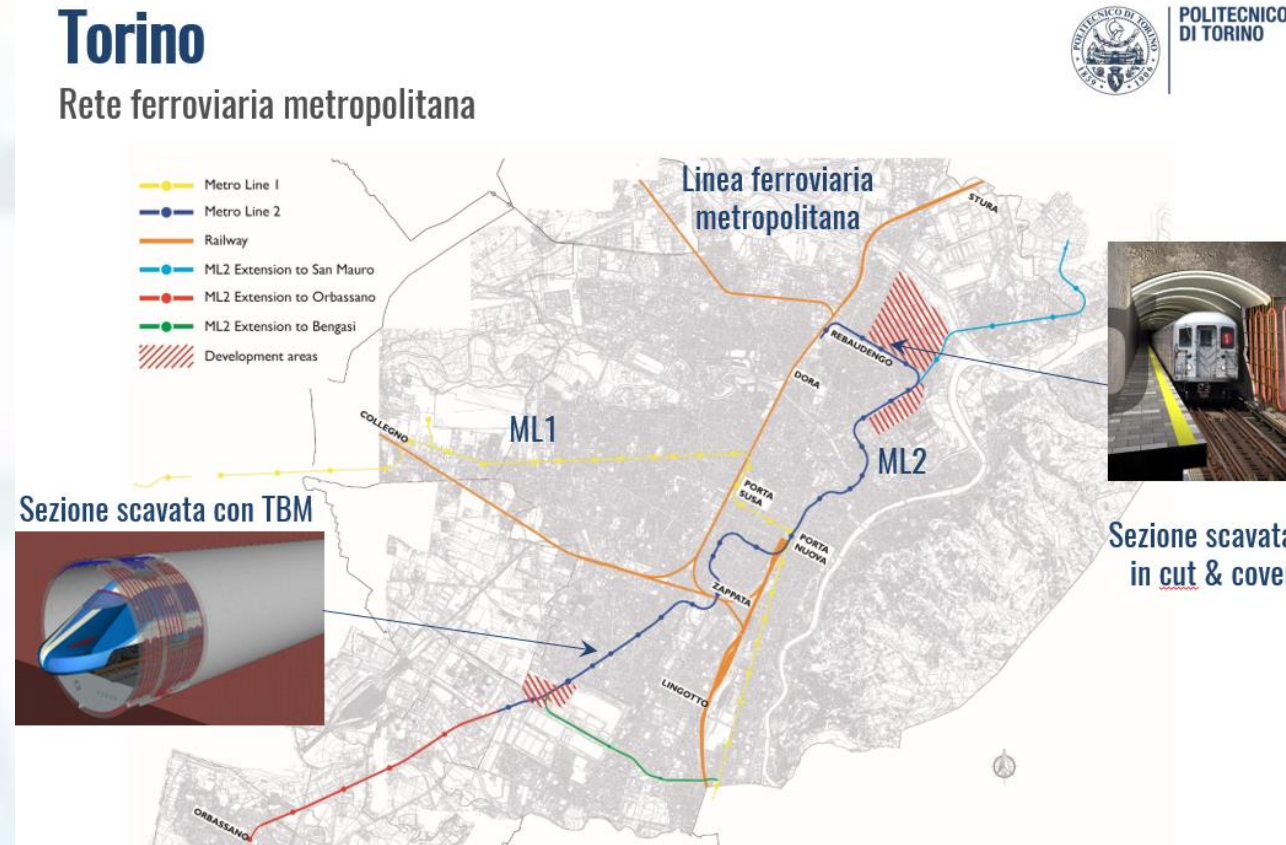
 GESTAG e Linee Guida



Scarica qui: <http://www.iahitaly.it>

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI «IMPIANTO SOTTOSUOLO», LE GALLERIE



(da: Barla, Insana, Dematteis – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

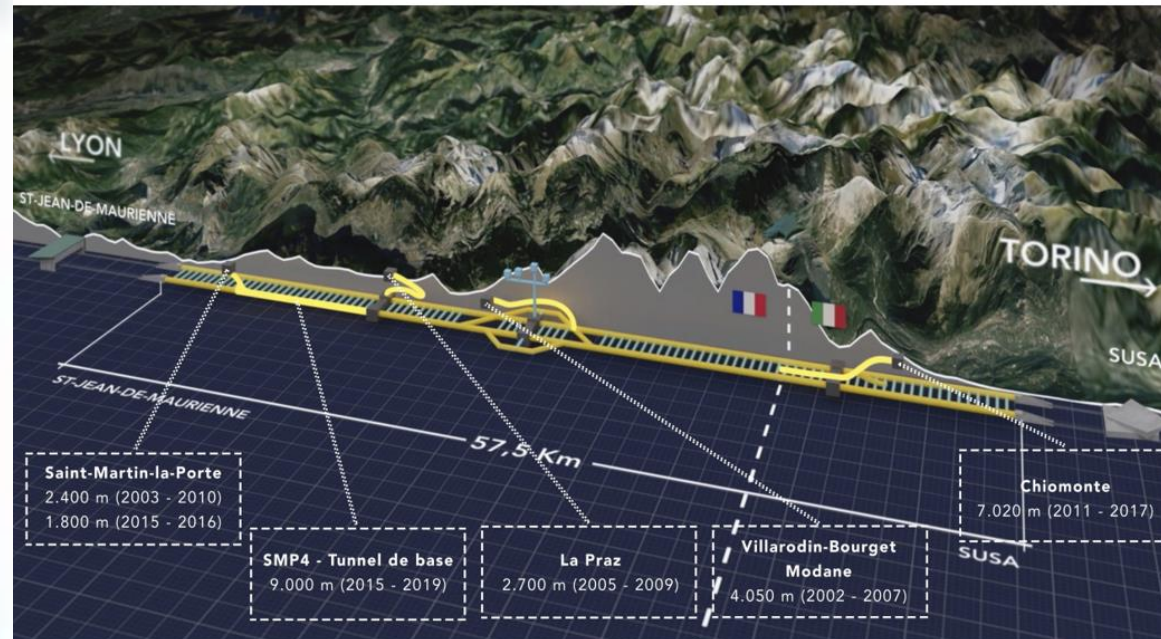
IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: ALTRI TIPI POSSIBILI DI IMPIANTO, LE GALLERIE

Gallerie profonde

Valorizzazione delle potenzialità geotermiche della galleria di base Torino-Lione



POLITECNICO
DI TORINO



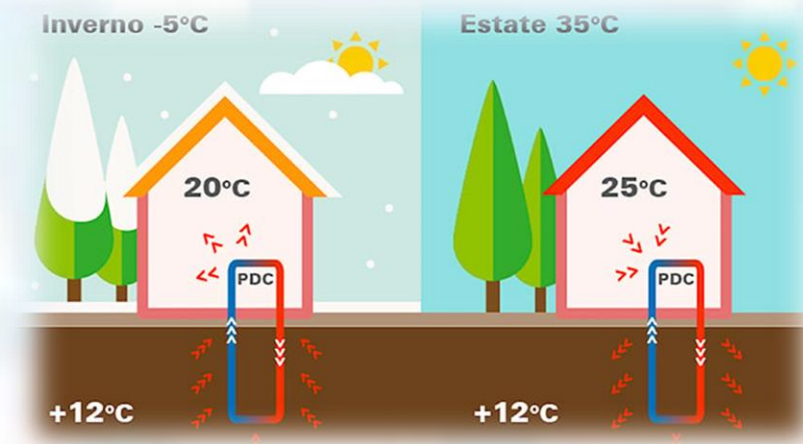
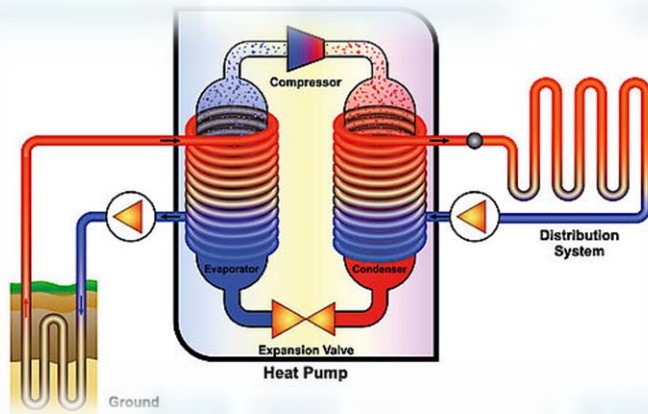
<https://www.telt-sas.com/it/la-sezione-transfrontaliera/>

(da: Barla, Insana, Dematteis – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO: IMPIANTO “OPEN-LOOP” CON SONDE (PREVALENTEMENTE) VERTICALI

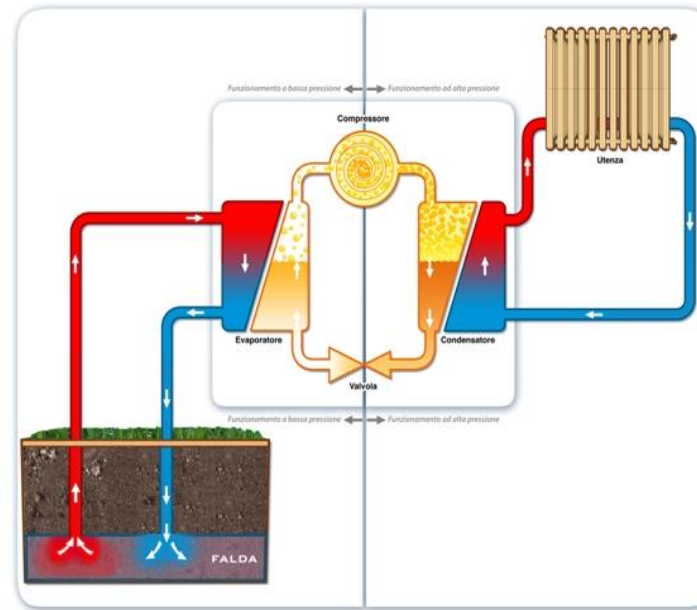
Costituito da un circuito a “U”, singolo o doppio, per singola sonda, realizzato con una tubazione in HDPE (diam. 32-40 mm), inserito in una perforazione; al suo interno circola il fluido termovettore (acqua, eventualmente glicolata), il quale durante il suo percorso estrae dal (o rilascia nel) terreno circostante il “calore” a sua volta da scambiare con il circuito termo-frigorifero della pompa di calore.



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO APERTO: IMPIANTO A CIRCUITO APERTO A POZZI E ACQUA DI FALDA

Lo scambio di calore avviene utilizzando l'acqua sotterranea, pompata da uno o più pozzi di prelievo (presa), inviata alla pompa di calore geotermica e successivamente re-immessa nella stessa falda sotterranea, mediante uno o più pozzi di restituzione (resa), o in acque superficiali.



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO E APERTO: LE COMPONENTI DI INTERESSE “GEOLOGICO”

Nelle diverse fasi di studio, indagine, progettazione, realizzazione e collaudo di un'opera assumono importanza e peso diverso di volta in volta alcuni fattori e parametri, in virtù della diversa approssimazione del dato disponibile.

- **FATTORI STATICI RILEVANTI, ES.: LITOLOGIA E STRATIGRAFIA TERRENI, CARATTERI IDRAULICI ACQUIFERI, ...**
- **FATTORI DINAMICI RILEVANTI, ES.: PIEZOMETRIA FALDE, FLUSSO IDRAULICO E IDRO-CHIMICA ACQUE, ...**
- **PARAMETRI STATICI RILEVANTI, ES.: GEOMETRIA ACQUIFERI, CONDUCIBILITÀ IDRAULICA, TRASMISSIVITÀ**
- **PARAMETRI DINAMICI RILEVANTI, ES.: SPESSORE SATURO, PROFONDITÀ-DIREZIONE-GRADIENTE FALDE**

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO E APERTO: LE COMPONENTI DI INTERESSE “GEOLOGICO”

Un Sistema di Geoscambio, inteso come ogni specifico progetto od ogni specifica installazione, è l'insieme di:

- elementi naturali e antropici caratteristici del contesto e del sito destinato ad ospitare ogni impianto,
- opere e componenti tecnologiche dello stesso impianto finito, individuate in funzione dei primi.

Tra gli elementi naturali di cui sopra rientrano quantomeno quelli geologici, idrogeologici e ambientali, tra gli elementi antropici rientrano quelli di carattere urbanistico, infrastrutturale ed edilizio, quindi ad esempio anche l'utenza di progetto, ivi compreso il fabbisogno termico e quindi idrico.

Tra le opere e tra le componenti tecnologiche, rispettivamente rientrano concettualmente almeno le seguenti:

- le opere del sottosuolo (sonde o pozzi) destinate al geoscambio o alla presa e resa delle acque captate,
- le componenti tecnologiche quali le pompe di calore ed i sistemi di collegamento con sonde/pozzi.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

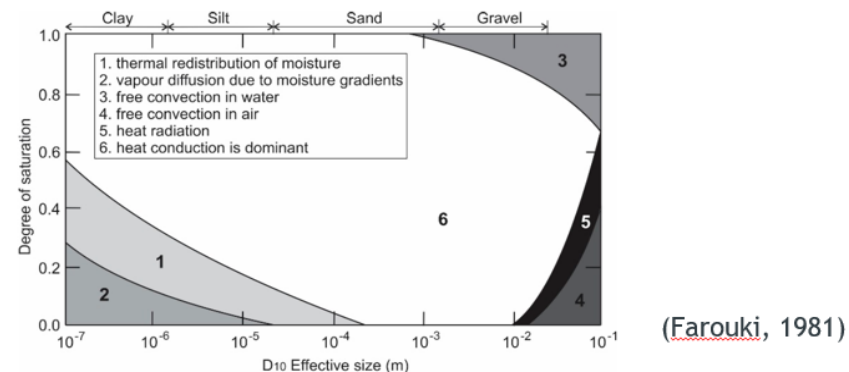
CONTESTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO: FATTORI E PARAMETRI STATICI RILEVANTI

Ruolo delle condizioni idrogeologiche

- Eq. trasporto di calore in mezzo poroso

$$\rho_b c_b \frac{dT}{dt} = \rho_w c_w v \nabla T - \nabla k \nabla T$$

- Termine convettivo ≈ 0 per terreno secco o a grana fine saturo
- In assenza di acquifero in movimento, domina la conduzione



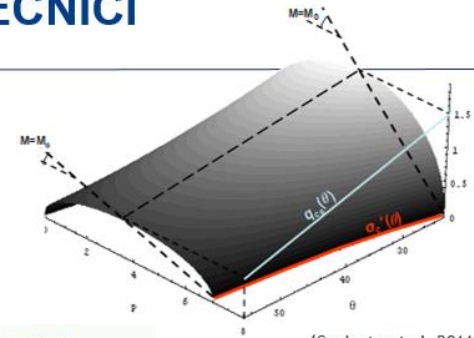
(da: Cecinato, Masetti, Pedretti, Cerutti – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONTESTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO: FATTORI E PARAMETRI STATICI RILEVANTI

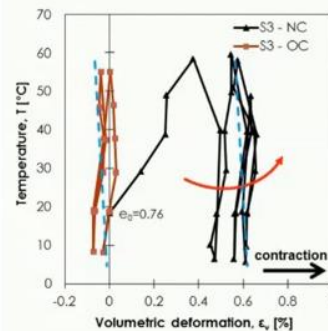
ASPETTI GEOTECNICI

- Comportamento termo-elastico o termo-plastico di terreni argillosi
 - Argille NC-> possibile “consolidazione termica”

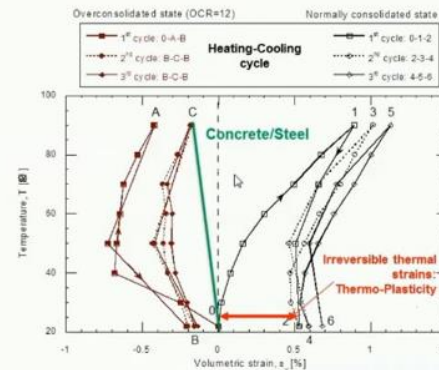


(Cecinato et al. 2011)

(Di Donna and Laloui, 2015)



(Laloui and Cekerevac, 2008)



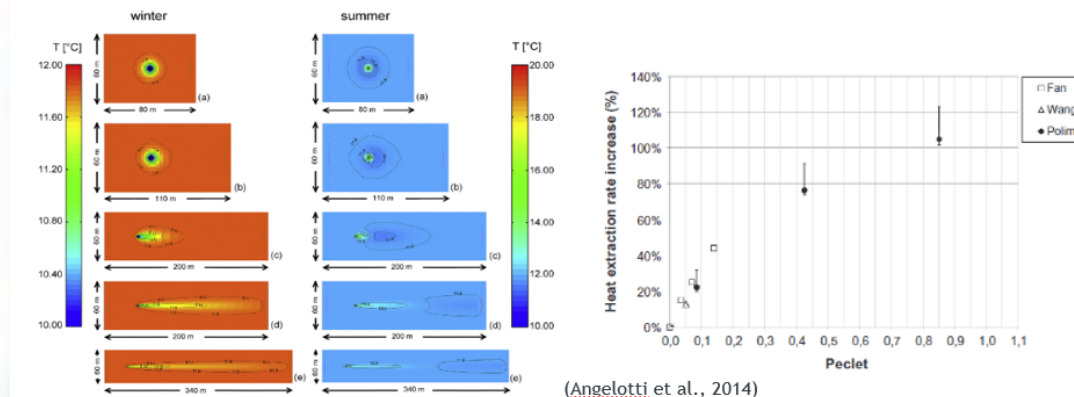
(da: Cecinato, Masetti, Pedretti, Cerutti – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONTESTO IDROGEOLOGICO: FATTORI E PARAMETRI DINAMICI RILEVANTI

Ruolo delle condizioni idrogeologiche

- In presenza di falda in movimento:
 - A una maggiore velocità avvevativa della falda corrisponde un più rapido recupero del calore attorno alla GSE
 - La falda favorisce la «ricarica termica naturale»
 - Aumento efficienza energetica con il numero di Peclet



(Angelotti et al., 2014)

(da: Cecinato, Masetti, Pedretti, Cerutti – Geofluid 2021)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

METODI DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOFISICA

Type of Log	Properties Measured	Potential Application	Required Hole Conditions	Other Limitations
Spontaneous Potential (SP)	Electrical potential caused by salinity differences in borehole and interstitial fluids	Lithology, shale content, water quality	Open hole filled with conductive fluid	Salinity difference required between borehole and interstitial fluid
Single Point Resistance (SPR)	Resistance of rock, saturating fluid, and borehole fluid	High-resolution lithology, fracture location with differential SPR	Open hole filled with conductive fluid	Not quantitative, hole diameter effects significant
Multi-Electrode Resistivity	Resistivity, in ohm-meters of rocks and saturating fluids	Quantitative data on salinity of interstitial water	Open hole filled with conductive fluid	Normal resistivity spacing must be smaller than bed thickness to measure bed accurately
Electrical Induction	Conductivity of rock and saturating fluids	Quantitative data on salinity of interstitial water, lithology	Open or non conductive casing	Skin effects for highly conductive formations
Natural Gamma, Spectral Gamma	Gamma radiation from natural or artificial radioisotopes	Lithology related to clay (silt) content and permeability. Spectral gamma identifies gamma-emitting radioisotopes	Any hole conditions, except very large, or very thick casing and cement	Very high count rates need to be corrected for dead-time.
Gamma-Gamma Density	Total electron density	Bulk density, porosity, moisture content, lithology	Best results in uncased hole; qualitative through casing or drill stem	Hole diameter effects
Neutron	Hydrogen Content, Elemental spectra	Saturated porosity, moisture content, activation analysis, lithology	Best results in open hole; can be calibrated through casing	Hole diameter and chemical effects

(da: Civeli – Geofluid 2021 – Estratto)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

METODI DI CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOFISICA



(da: Civeli – Geofluid 2021 – Estratto)

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

LA PROGETTAZIONE E LA SOSTENIBILITÀ DEGLI IMPIANTI DI GEOSCAMBIO

La già citata Norma UNI 11466 del novembre 2012 “*Sistemi geotermici a pompa di calore*”:

- fornisce i “*Requisiti per il dimensionamento e la progettazione*”;
- definisce i criteri di progettazione e le procedure di calcolo per la determinazione delle prestazioni di progetto degli impianti a pompa di calore geotermica;
- permette di determinare le temperature medie mensili del fluido termovettore lato terreno che servono per determinare le prestazioni energetiche delle pompe di calore ai fini della certificazione energetica degli edifici;
- si applica agli impianti geotermici a pompa di calore con fluido secondario utilizzati per la climatizzazione invernale ed estiva e per la produzione di acqua calda sanitaria mediante scambio di calore con il terreno;
- fornisce in diversa misura ulteriori indicazioni relative ad impianti tanto a circuito aperto quanto a circuito chiuso.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

LA PROGETTAZIONE E LA SOSTENIBILITÀ DEGLI IMPIANTI DI GEOSCAMBIO A CIRCUITO APERTO

Relativamente a quelli a circuito aperto e in particolare alla progettazione dei pozzi, altro riferimento è costituito da *UNI 11590:2015 Pozzi per acqua – Progettazione* (settembre 2015), che:

- finalizzata a definire requisiti progettazione pozzi destinati all'uso permanente/temporaneo di acque sotterranee;
- va intesa come strumento destinato: al progettista che, insieme con i parametri tecnici, economici ed altre valutazioni di ordine amministrativo, se ne serve per verificare la fattibilità del progetto e per dimensionarlo; alle imprese che realizzano le opere con lavori di perforazione, di posa di materiali e manufatti nel sottosuolo, di manutenzione delle opere stesse, nonché alle imprese che installano, allestiscono, mantengono e gestiscono gli impianti per il sollevamento delle acque sotterranee; ai gestori di risorse idriche destinate all'uso potabile o in genere all'uso pubblico (per esempio consorzi irrigui o altri consorzi di scopo per distribuzione acque ad uso industriale, antincendio, scambio termico etc.); agli Enti preposti alle autorizzazioni amministrative e alla vigilanza.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Esempio - Stato di fatto in Lombardia (aggiornamento 7/9/2024) degli impianti *closed-loop* inseriti nel RSG: numero impianti considerati in RSG: 6709; impianti a sonde prof. > 150 m: 48 (0,7%); impianti di potenza < 50 kW: 3772 (62%); impianti di potenza > 50 kW: 2936 (38%).

Tabella 1: distribuzione profondità per classi, con riferimento alle profondità attualmente indicate nel D.M. 30/9/2022 n. 378 e nel RSG lombardo.

classi profondità	n. impianti	6709
fino a 80	591	8,81%
81 - 150	5853	87,24%
151 - 170	3	0,04%
> 170	46	0,69%
> 240	0	0,00%
<i>dato non disponibile:</i>	216	3,22%

CASI DI STUDIO SELEZIONATI

Tabella 2: sviluppo lineare complessivo delle sonde installate nei singoli impianti, riferimento di base a quanto riportato nella successiva Tabella 3.

classi lunghezza totale	n. impianti	6709
fino a 1.000	3.858	57,50%
1.001 - 2.000	1.902	28,35%
2.001 - 6.000	694	10,34%
6.001 - 12.000	254	3,79%
> 12.000	1	0,01%
<i>dato non disponibile:</i>	218	3,25%

Tabella 3: classi di cui alla Tabella 2, tradotte in due teoriche "potenze" termiche stimate adottando per le sonde due rese (50 W/m e 70 W/m).

classi lunghezza totale	classi kW tot (50 W/m)	classi kW tot (70 W/m)
fino a 1.000	fino a 50	fino a 70
1.001 - 2.000	51 - 100	71 - 140
2.001 - 6.000	101 - 300	141 - 420
6.001 - 12.000	301 - 600	421 - 840
> 12.000	> 600	> 840

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

Situazione attuale - Consumo energetico per riscaldamento

I consumi energetici del settore residenziale rappresentano circa il 29% del consumo finale di energia in Italia e sono ancora in gran parte derivanti dall'utilizzo di fonti fossili, prevalentemente metano, ma anche gasolio (Fonte, Bilancio Energetico Nazionale, 2022). A questa percentuale vanno sommati i consumi per riscaldamento di industria e servizi, che determinano consumi di energia termica in Italia pari a circa il 50% del fabbisogno energetico complessivo (fonte Strategia Energetica Nazionale, 2020). In particolare, il settore del riscaldamento nel 2021 ha consumato gas naturale per 31 miliardi di Smc (ca. 42% del totale nazionale).

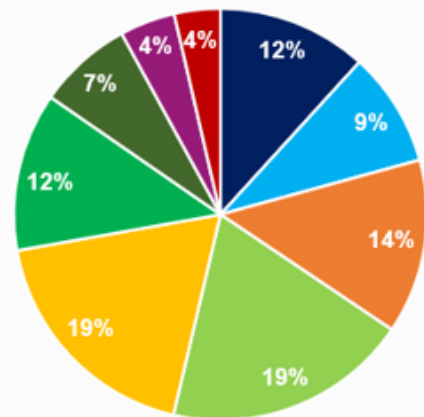
Il parco edilizio italiano e il suo inquinamento

Il parco immobiliare italiano, di ca. 13,5 Mln di edifici, è caratterizzato da oltre il 54% di immobili costruiti prima del 1970, con caratteristiche di vetustà e prestazioni energetiche mediocri. Il 60% degli edifici residenziali è in classe energetica minore o uguale a F, con bassi segnali di miglioramento negli anni delle classi energetiche. Secondo il report pubblicato da ISPRA sull'inquinamento dell'aria in Italia nel periodo 1990 – 2018, nel 2018 il settore Residenziale (principalmente per via del riscaldamento) è uno dei principali responsabili di molte delle emissioni antropiche registrate nel nostro Paese e, nonostante la progressiva riduzione dei principali agenti inquinanti nel corso degli anni, pesa ancora per la maggior parte delle emissioni registrate di CO, PM2.5 e PM10.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE *Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici*

Parco edilizio italiano: periodo di costruzione



■ Prima del 1919 ■ 1919 – 1945 ■ 1946 – 1960
■ 1961 – 1970 ■ 1971 – 1980 ■ 1981 – 1990
■ 1991 – 2000 ■ 2001 – 2005 ■ 2006 e successivi

Fonte: Politecnico di Milano, da eurl-ex.europa.eu
(comunicazione della commissione europea al parlamento europeo 14/10/2020)

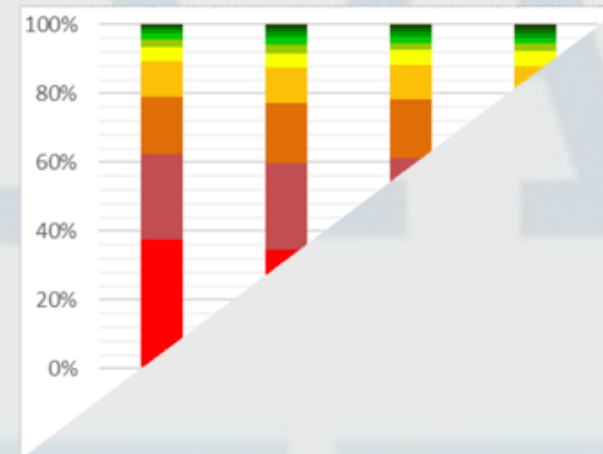
13,5 Milioni di edifici

- 1,1 Mln (8%) terziario
- 12,4 Mln (92%) edifici residenziale

oltre il 54% immobili costruiti prima del 1970

75% degli edifici residenziali di classe minore o uguale a E

Distribuzione degli APE per classe energetica per il settore residenziale



Fonte: Enea Rapporto certificazione energetica edifici 2020

Il parco immobiliare italiano, di ca. 13,5 Mln di edifici, è caratterizzato da oltre il 54% di immobili costruiti prima del 1970, con caratteristiche di vetustà e prestazioni energetiche mediocri. Il 60% degli edifici residenziali è in classe energetica minore o uguale a F, con ridotti segnali di miglioramento negli anni delle classi energetiche.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

La direttiva UE Case Green e il mercato delle PdC geotermiche

La Direttiva UE Case Green impone il divieto dal 2024 gli incentivi fiscali per l'installazione di caldaie che utilizzano combustibili fossili. Questo potrebbe aumentare fortemente il potenziale complessivo delle PdC geotermiche, che nel settore residenziale è pari a 4,9 Mtep + 0,8 Mtep per acqua calda sanitaria, che corrisponde un mercato pari a circa 56,2 GW di impianti (installati in circa 1 milione di edifici). Ad oggi l'energia termica per riscaldamento soddisfatta da pompe di calore geotermiche è limitata a 80 ktep (anno 2018, fonte GSE).

Nuova tecnologia per impianti alta temperatura

Le pompe di calore oggi utilizzabili sono capaci di raggiungere temperature superiori ai 65°C (fino anche a 80°C), adatte quindi per la sostituzione di qualsiasi caldaia tradizionale, operante sia con i radiatori, che con fancoil, che con riscaldamento a pavimento.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

VOCI DI COSTO

Il costo complessivo di un Impianto Geotermico finito è determinato dalle seguenti voci:

- ❖ Indagini di Caratterizzazione Idrogeotermica, e Progettazione Geologica,
- ❖ Opere del Sottosuolo, esempio: sonde verticali o pozzi presa-resa,
- ❖ Opere orizzontali di collegamento alla Centrale Termica,
- ❖ Centrale Termica, che comprende le Pompe di Calore,
- ❖ Costi per Direzione Lavori, Collaudo, Relazioni Finali,
- ❖ Eventuali oneri ulteriori, finanziari, amministrativi.

PREZZI UNITARI

Per comporre il costo complessivo di cui sopra si può in prima approssimazione far riferimento:

- ❖ per le opere del sottosuolo e per quelle di collegamento a un prezzario esistente, es.: ANIPA,
- ❖ per le Pompe di Calore, ai listini di mercato dei produttori, ed alla scontistica dei distributori,
- ❖ per le prestazioni professionali ai costi dei professionisti Termotecnici e Idrogeologi specialisti.

Gli oneri ulteriori finanziari son legati a singole scelte inerenti l'accesso a detrazioni esistenti (bonus).

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE
Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

Opere del sottosuolo: impianto a circuito chiuso (estratto da prezzario ANIPA >)	15.2 POSIZIONAMENTO	
	15.2.1 Installazione dell'attrezzatura per perforazione su ciascun punto di posa, compreso il primo, in aree pianeggianti, accessibili ai mezzi di trasporto e prive di vincoli, compreso l'onere dello spostamento da un foro al successivo	cad
	15.3 PERFORAZIONE	
	15.3.1 Perforazione verticale fino a 100 m con diametro del foro Ø127-152 mm, compreso l'utilizzo di camicia di rivestimento provvisorio del foro, in corrispondenza di strati incoerenti, altamente permeabili e, dove la litologia o permetta, eseguita con tecnologia a distruzione di nucleo per mezzo di rotazione o rotopercolazione, mediante circolazione diretta del fluido di perforazione.	ml
	15.3.2 Perforazione come sopra oltre i 100 m e fino a 150 m	ml
	15.3.3 Perforazione come sopra oltre 150 m e fino a 250 m	ml
	15.4 SONDA GEOTERMICA A SINGOLA E DOPPIA U complete di tubo d'iniezione	
	15.4.1 F.p.o. di sonda geotermica a SINGOLA U 2xDN32 in Polietilene PE 100 RC	ml
	15.4.2 F.p.o. di sonda geotermica a SINGOLA U 2xDN40 in Polietilene PE 100 RC	ml
	15.4.3 F.p.o. di sonda geotermica a DOPPIA U 4xDN32 in Polietilene PE 100 RC	ml
15.4.4 F.p.o. di sonda geotermica a DOPPIA U 4xDN40 in Polietilene PE 100 RC	ml	

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

Opere del sottosuolo: impianto a circuito aperto

Negli impianti a circuito aperto (open-loop), quindi ad acqua di falda, le opere per il prelievo (presa) e la restituzione (resa) delle acque:

- ✓ *possono consistere in pozzi sia per la presa, che per la resa,*
- ✓ *possono comprendere pozzi per la presa e opere orizzontali di collettamento per la resa in corpi idrici superficiali,*
- ✓ *hanno profondità generalmente limitate, dovendo prelevare / restituire acqua dalla / alla prima falda utile,*
- ✓ *hanno costi mediamente inferiori, a parità di altre condizioni, alle opere per il circuito chiuso, pur con costi di gestione maggiori,*
- ✓ *hanno dimensioni e costi riconducibili a 1-2 pozzi, nel caso di minimo fabbisogno, equiparati ad un utilizzo minimo domestico (1-2 l/s),*
- ✓ *nel caso di massimo fabbisogno hanno dimensioni e costi riconducibili a quelli di pozzi per utilizzo medio fino a circa 75 l/s oltre i quali si uscirebbe dal contesto delle Piccole Utilizzazioni Locali,*
- ✓ *rappresentano, nel costo complessivo di un impianto geotermico finito, la singola voce di costo più variabile, a parità di fabbisogno idrico, ma in contesti idrogeologici diversi*

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE
Analisi Tecnico-Economica Preliminare: Principi, Prezzi, Costi, Vantaggi, Benefici

RANGE di PREZZO [€/U]	RISTRUTTURAZIONI E RIQUALIFICAZIONI					
	UNITÀ ABITATIVE CONDOMINIO					
	7 Unità	13 Unità	23 Unità	36 Unità	50 Unità	70 Unità
OPEN LOOP	13k€ - 14k€	12,5k€ - 13,5k€	12k€ - 13k€	11k€ - 12k€	9,5k€ - 10k€	10k€ - 10,5k€
	25 kW - 35 kW	55 kW - 65 kW	110 kW - 120 kW	170 kW - 190 kW	240 kW - 260 kW	340 kW - 360 kW
CLOSED LOOP	15k€ - 16k€	14k€ - 15,5k€	13k€ - 14k€	12k€ - 13,5k€	11,5k€ - 12,5k€	11k€ - 12k€
	25 kW - 35 kW	55 kW - 65 kW	110 kW - 120 kW	170 kW - 190 kW	240 kW - 260 kW	340 kW - 360 kW

Nota: i valori indicati sono dei range di prezzo riferiti alle singole unità abitative; all'aumentare del numero di quest'ultime, aumenta la potenza richiesta e il prezzo diminuisce proporzionalmente per la singola unità.

RANGE di PREZZO [€/kW]	NUOVE COSTRUZIONI						
	UNITÀ ABITATIVE CONDOMINIO						
	15kW	35kW	65kW	115kW	180kW	250kW	350kW
OPEN LOOP	3.0 k€/kW - 2.5 k€/Kw	2.7 k€/kW - 2.6 k€/Kw	2.5 k€/kW - 2.2 k€/Kw	1.9 k€/kW - 1.7 k€/Kw	1.6 k€/kW - 1.4 k€/Kw	1.3 k€/kW - 1.2 k€/Kw	1.1 k€/kW - 1.0 k€/Kw
	10 kW - 20 kW	25 kW - 35 kW	55 kW - 65 kW	110 kW - 120 kW	170 kW - 190 kW	240 kW - 260 kW	340 kW - 360 kW
CLOSED LOOP	3.3 k€/kW - 2.9 k€/Kw	3.0 k€/kW - 2.8 k€/Kw	2.8 k€/kW - 2.6 k€/Kw	2.5 k€/kW - 2.3 k€/Kw	2.1 k€/kW - 1.8 k€/Kw	1.6 k€/kW - 1.4 k€/Kw	1.3 k€/kW - 1.2 k€/Kw
	10 kW - 20 kW	25 kW - 35 kW	55 kW - 65 kW	110 kW - 120 kW	170 kW - 190 kW	240 kW - 260 kW	340 kW - 360 kW

Nota: i valori indicati sono dei range di prezzo riferiti alla potenza unitaria, all'aumentare della quale il prezzo "unitario" diminuisce proporzionalmente.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

IL GEOSCAMBIO PER LA CLIMATIZZAZIONE E LA DECARBONIZZAZIONE

Vantaggi dell'impianto a pompa di calore geotermica (acqua-acqua)

- risparmio spesa riscaldamento 55% - 75%
- autonomia energetica (eliminazione del gas)
- miglioramento fino a quattro classi energetiche
- possibilità installazione anche con fonti rinnovabili differenti
- aumento del valore dell'immobile e nessuna emissione di CO₂
- possibile uso per la produzione anche di raffrescamento ed ACS
- facile adattabilità anche con radiatori (temperatura in mandata > 70°C)
- il geoscambio è una soluzione a km = 0, la bassa entalpia è infatti ubiquitaria
- non comporta alcuno sfruttamento della risorsa, bensì solo prelievo e restituzione

Impianto geotermico a circuito chiuso (sonde geotermiche) - Fasi lavorative

FASE 1:
PERFORAZIONE SONDE



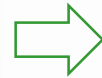
FASE 2:
ESECUZIONE SCAVI E
CONNESSIONI ORIZZONTALI



FASE 3:
POSA E CONNESSIONI



FASE 4:
COLLEGAMENTO
CONNESSIONI A COLLETTORI



FASE 5:
REALIZZAZIONE SALA TECNICA



FASE 6:
AVVIAMENTO E ACCESSIONE IMPIANTO



Impianto geotermico a circuito aperto (pozzi per acqua di presa-resa) - Fasi lavorative

FASE 1:

ALLESTIMENTO CANTIERE E
INIZIO PERFORAZIONE POZZI



FASE 2:

REALIZZAZIONE TESTA POZZO
E CONNESSIONI ORIZZONTALI



FASE 3:

COLLEGAMENTO CONNESSIONI A
SCAMBIATORE DISACCOPPIAMENTO



FASE 4:

REALIZZAZIONE SALA TECNICA



FASE 5:

AVVIAMENTO E ACCESSIONE IMPIANTO



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Caso 1: Condominio (MI) 1.5MW

ANTE INTERVENTO

N.PALAZZINE	15
UNITA' IMMOBILIARI	350
POTENZA RISCALDAMENTO	2.422 kW
ACS	Caldaie autonome



POST INTERVENTO

produzione solo riscaldamento

POTENZA INSTALLATA	n.6 WBT T350W
POZZO DI PRESA	n.3 profondi 50 m
POZZO DI RESA	n.4 profondi 50 m



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Caso 2: Condominio Craveggia (VB) - 110 kW

ANTE INTERVENTO

UNITA' IMMOBILIARI	21
POTENZA RISCALDAMENTO	n.1 caldaia da 112 kW
ACS	Caldaie autonome



POST INTERVENTO

produzione solo riscaldamento	
POTENZA INSTALLATA	n.1 WBT T115G
14 SONDE GEOTERMICHE	Profonde 130 m



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Caso 3: Condominio Ancona (AN) - 60 kW

ANTE INTERVENTO	
UNITA' IMMOBILIARI	22
POTENZA RISCALDAMENTO	n.1 caldaia da 175 kW
ACS	Caldaie autonome



POST INTERVENTO	
produzione solo riscaldamento	
POTENZA INSTALLATA	n.1 WBT T60G
12 SONDE GEOTERMICHE	Profonde 100 m



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Caso 4: Condominio Saronno (VA) - 250 kW

ANTE INTERVENTO

UNITA' IMMOBILIARI	31
POTENZA RISCALDAMENTO	n.1 caldaia da 407kW
ACS	Caldaie autonome



POST INTERVENTO

produzione solo riscaldamento	
POTENZA INSTALLATA	n.1 WBT T250W
POZZO DI PRESA	n.2 pozzi da 75 m
POZZO DI RESA	n.2 pozzi da 60 m



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

Caso 5: Condominio Dormelletto (NO) 300kW

ANTE INTERVENTO

N.2 PALAZZINE	A e B
CENTRALE TECNICA	n.2
UNITA' IMMOBILIARI	43
POTENZA RISCALDAMENTO	n.1 caldaia da 189 Kw (per ogni centrale)
ACS	Caldaie autonome



POST INTERVENTO

produzione solo riscaldamento	
POTENZA INSTALLATA palazzina A	n.1 WBT T115G + T60W
POTENZA INSTALLATA palazzina B	n.1 WBT T115G + T60W
N.30 SONDE GEOTERMICHE	Profonde 140 m



«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

TREND DEI COSTI DELLE VARIE TECNOLOGIE

Le economie di scala giocheranno un ruolo fondamentale della discesa futura dei prezzi delle soluzioni impiantistiche per la geotermia a bassa entalpia con pompe di calore, così come lo giocherà anche il tasso di crescita di elettrificazione degli usi termici finali.

Come già ricordato al cap. 3 (fig. 3), il trend di crescita prevista dai PNIEC dei 27 stati UE nella vendita di PDC geotermiche HT per incrementare la copertura della domanda di energia da FER termiche dai 9,813 MTep del 2016 alle 13 MTep del 2020, porterà ad un sensibile calo dei prezzi di vendita (o meglio dell' LCOE) in tutta Europa, dagli attuali **600 €/kWt** fino ai **300 €/kWt** previsti al 2030, con un calo dei costi medio del 5% all' anno.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

SCHEMI FINANZIARI

Gli strumenti di sostegno in Italia per la diffusione delle FER nel settore termico attualmente comprendono:

- detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica e il recupero del patrimonio edilizio
- Conto Termico e Certificati Bianchi (Titoli di Efficienza Energetica)
- obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici
- linee evolutive dei meccanismi per la promozione delle fonti rinnovabili termiche menzionate nella proposta di PNIEC Italia del gennaio 2019

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

L'EVOLUZIONE TECNOLOGICA

Anche l'auspicata e già in atto evoluzione tecnologica depone ulteriormente a favore delle Pompe di Calore (PDC), in particolare ad esempio di quelle ad Alta Temperatura (HT).

A livello ambientale, l'adozione di PDC HT permette di ottenere maggiori benefici in termini di riduzioni di emissioni di fattori inquinanti rispetto a quelli conseguibili tramite l'adozione della soluzione ibrida (caldaia/pdc).

L'installazione di PDC HT infatti prevede una riduzione di circa il 45% delle emissioni di PM10, di circa il 60% di quelle di NOx e addirittura di circa il 70% delle emissioni di CO2. Inoltre è importante sottolineare come di fatto in questo caso si azzererebbero le emissioni in situ.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

BARRIERE LEGISLATIVE, NORMATIVE, AMMINISTRATIVE, AUTORIZZATIVE

Dal punto di vista delle procedure autorizzative per installazione di pompe di calore geotermiche a bassa entalpia si assiste tuttora a:

- una polverizzazione (e a volte a una ridondanza) delle competenze nelle varie regioni/province italiane;
- una pioggia di certificazioni e di documentazioni da produrre per sviluppare i singoli progetti (anche di entità assai limitata, con potenza inferiore a 100 kW termici).

La attuale disomogeneità della normativa da regione a regione (e anche in alcuni casi da provincia a provincia) deve essere sostituita da un quadro aggiornato, omogeneo, semplificato.

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

CONCLUSIONI & PROSPETTIVE

AZIONI FONDAMENTALI PER IL FUTURO SVILUPPO DEL GEOSCAMBIO

- adeguata **semplificazione della normativa**, senza che ciò si traduca in un decadimento della qualità della progettazione (confronto con ministero, regioni e enti pubblici locali)
- informazione e comunicazione continua, finalizzata a far conoscere i **vantaggi del geoscambio**, mediante eventi rivolti a professionisti, imprese, enti pubblici, cittadini
- **formazione specialistica** dei progettisti e dei tecnici, che deve essere adeguatamente definita e programmata tanto per le fasi di progettazione, quanto per quella di realizzazione
- **aggiornamento della normativa vigente in materia di geoscambio**, che oggi regola solo il 5% dei sistemi a circuito chiuso e non regola affatto quelli a circuito aperto
- inserimento nelle leggi vigenti inerenti **Autoconsumo e Comunità Energetiche Rinnovabili** (anche solidali) di benefici (conto capitale o tariffa) a favore anche di impianti di geoscambio
- **adeguata incentivazione** (es.: riduzione oneri di urbanizzazione / costruzione, riduzione della tariffa elettrica, ecc.) di scelte energetiche a zero emissioni come quella geotermica
- ricerca tecnologica che permetta di **ottimizzare gli impianti**, di incrementare la disponibilità di banche dati, di sviluppare appropriati modelli / metodi di riferimento

«CER, efficienza energetica e soluzioni impiantistiche: prospettive della Geotermia a Pompa di Calore (o Geoscambio)»

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Gruppo di Lavoro Geoscambio ANIGHP - Dott. Paolo Cerutti (*Segretario e Coordinatore*)

Contatti: Dott. Paolo Cerutti - Cell.: +39 348 3903666 - Email: paolo.cerutti@ecotercpa.it