

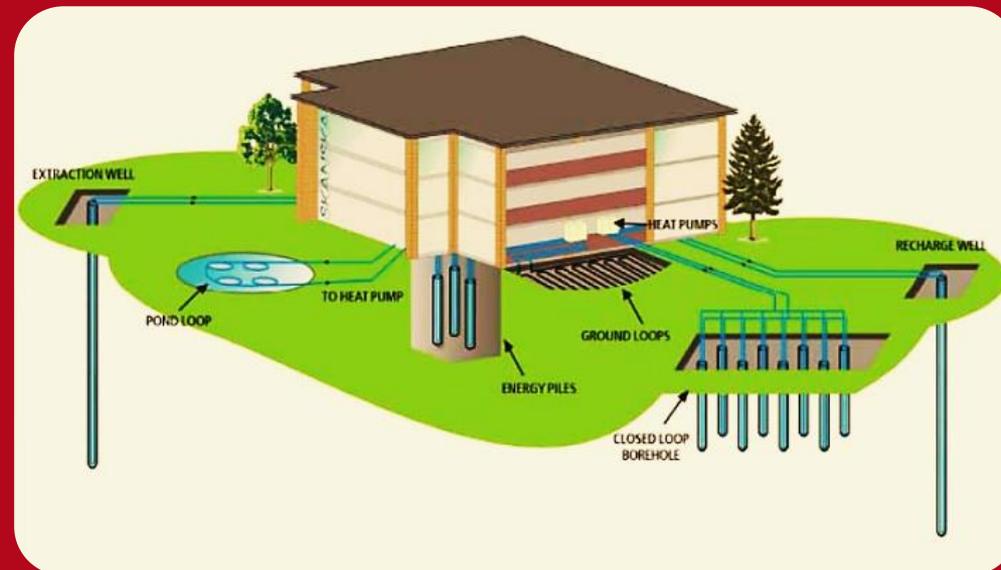
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

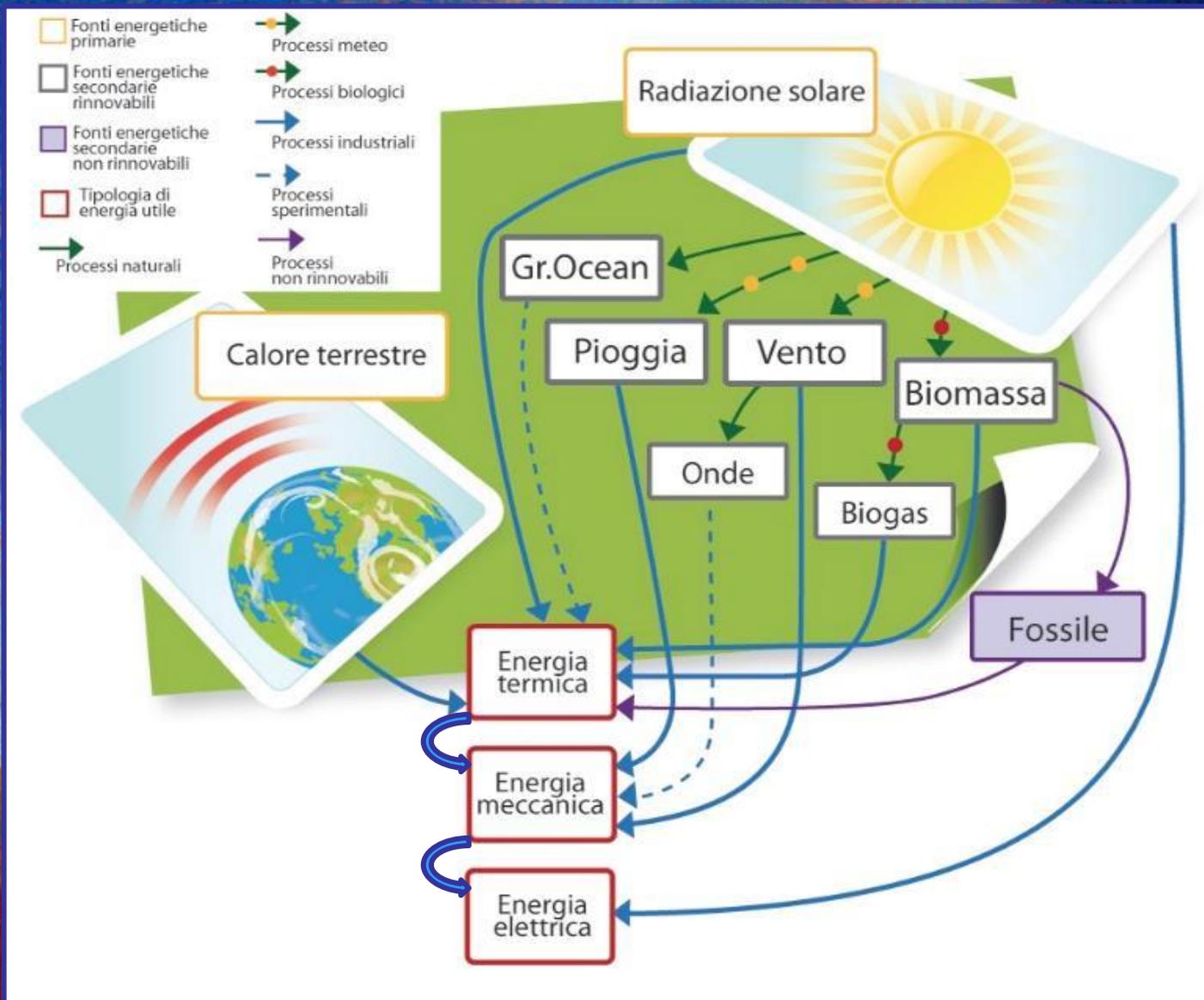


## Corso Energia e sostenibilità nel XXI secolo

# Energia geotermica e sostenibilità

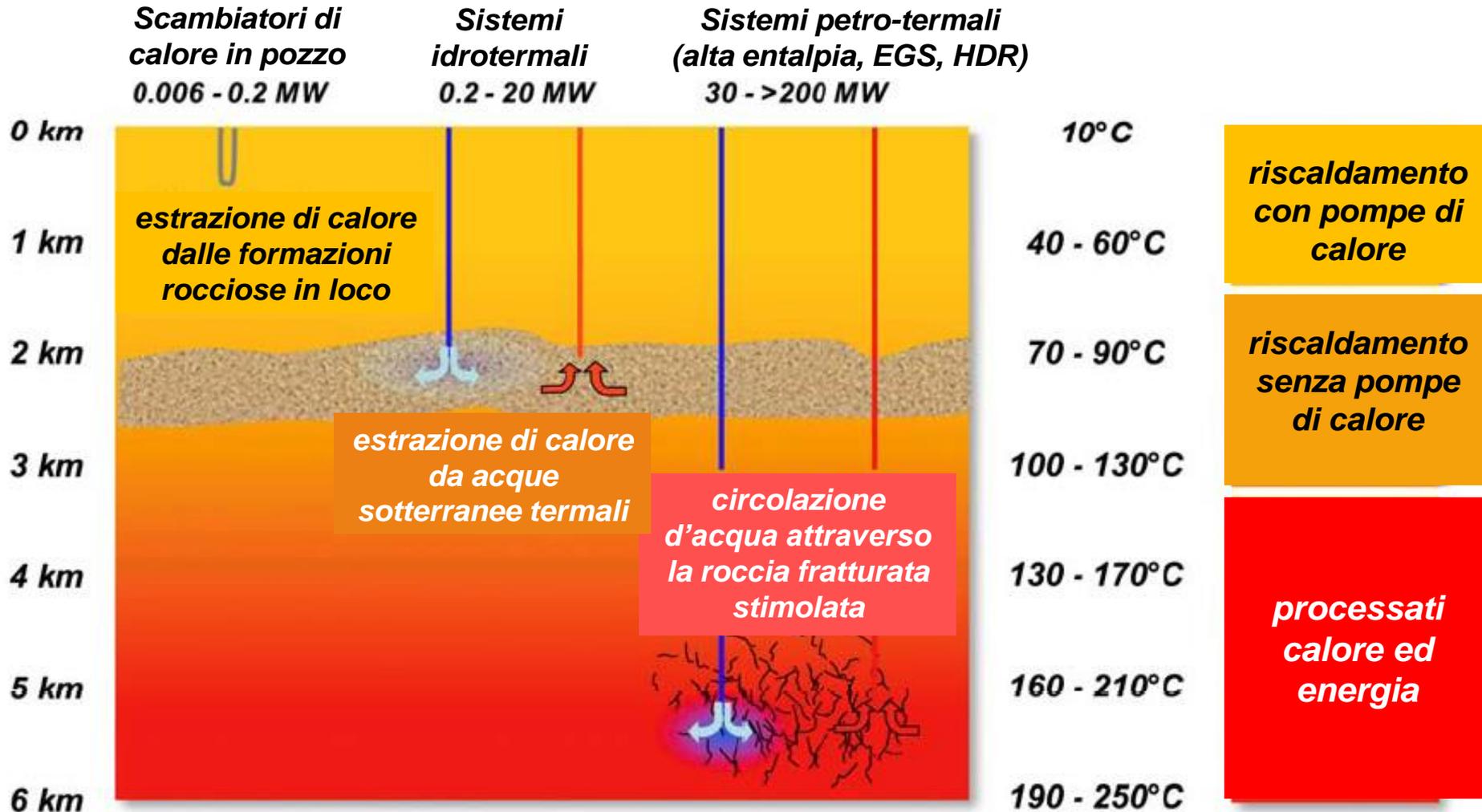
Energia green del sottosuolo per la climatizzazione di edifici  
(scambio termico e stoccaggio ipogeo di calore)





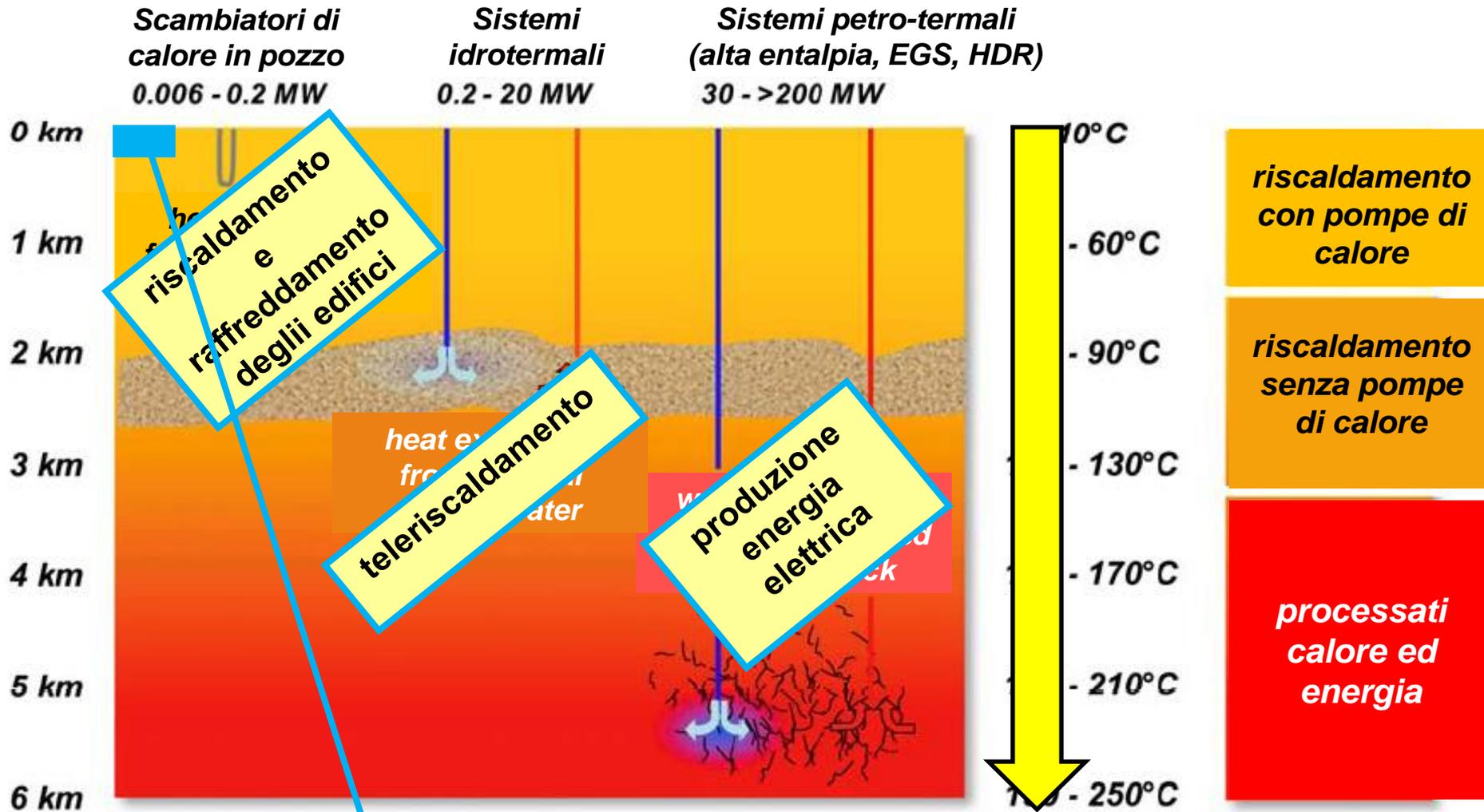
Rosetta 08

# COME SI PUÒ USARE L'ENERGIA GEOTERMICA?



le pompe di calore geotermiche **sono realizzabili ovunque**, non richiedono serbatoi ad **alta entalpia** come Larderello, ma serbatoi a **bassa entalpia** (cioè sistemi idrotermali e petrotermici)

# COME SI PUÒ USARE L'ENERGIA GEOTERMICA?



**ENERGIA GEOTERMICA SUPERFICIALE**  
(max profondità ≈ 450 m)

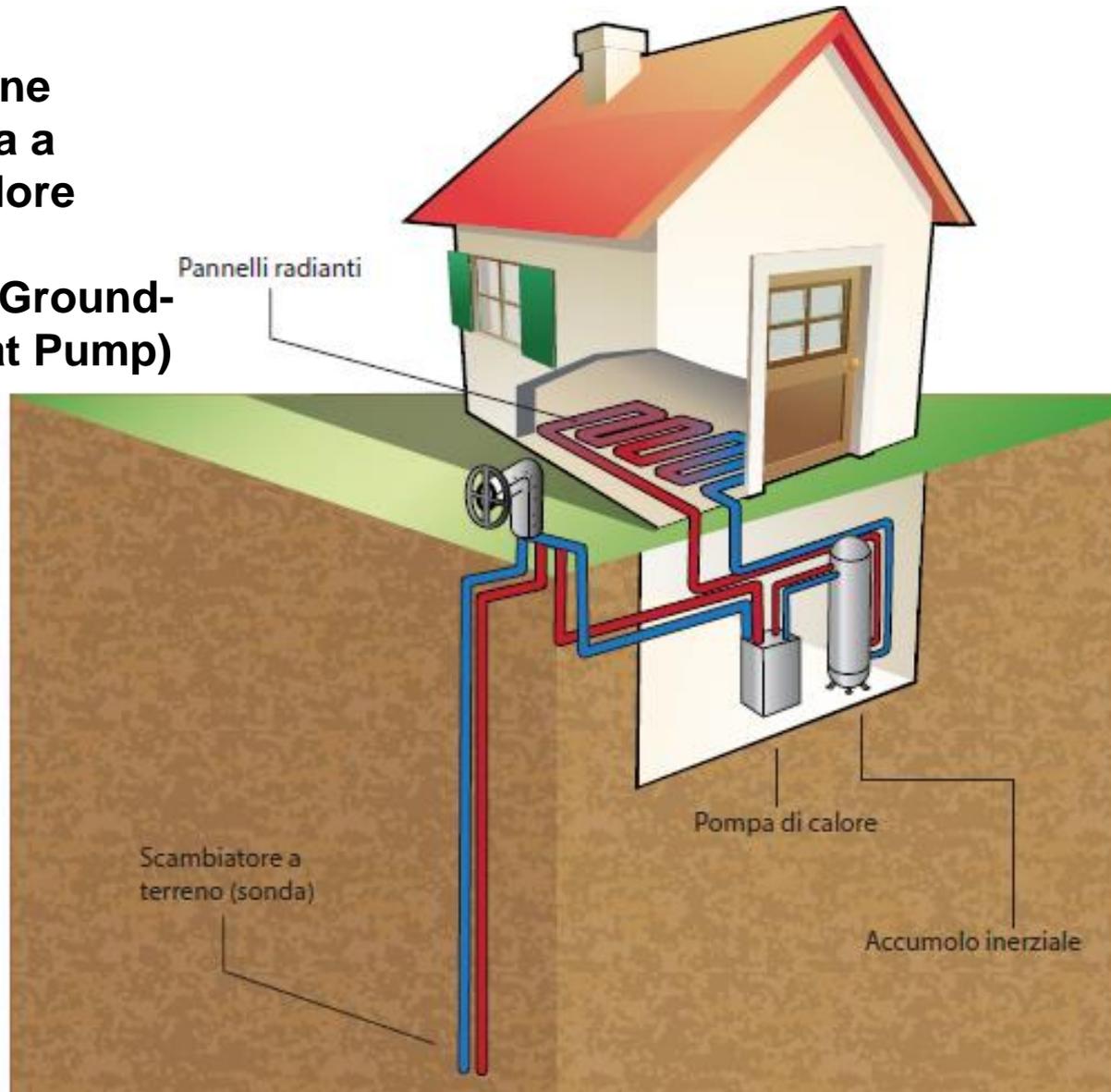
# PERCHÈ SI USA L'ENERGIA GEOTERMICA?



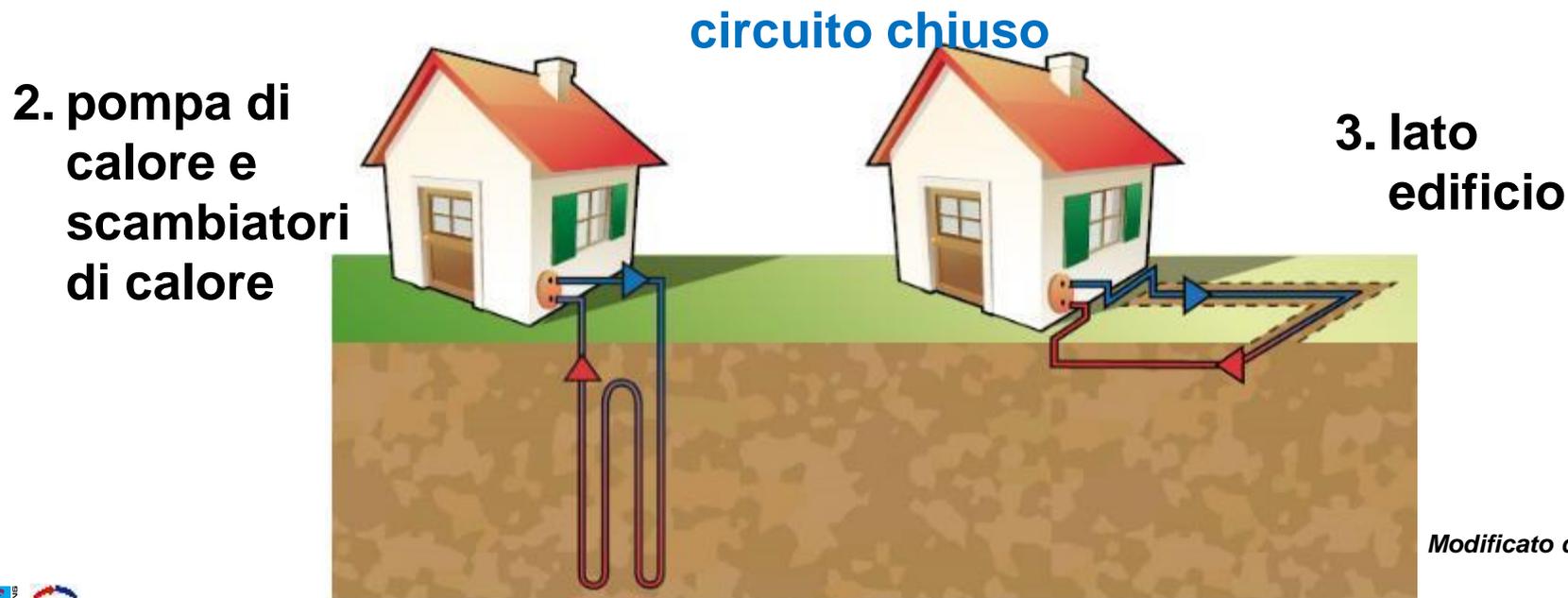
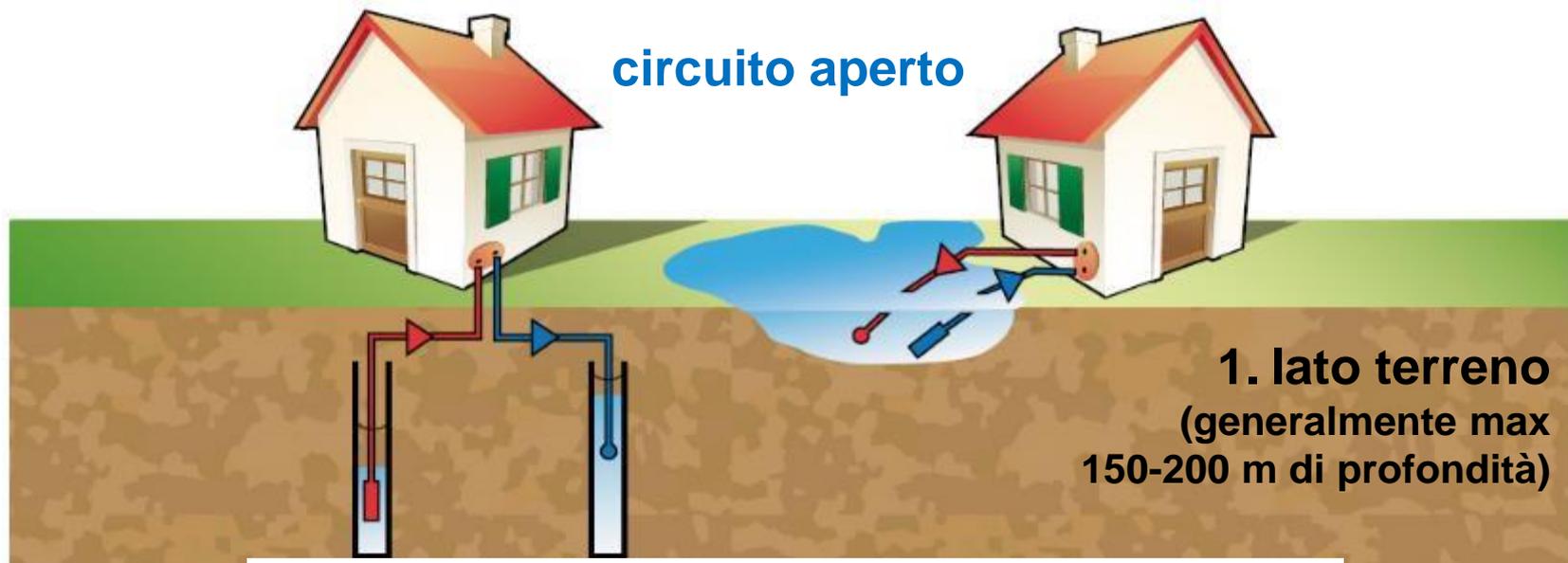
- *disponibile tutto l'anno*
- *alternativa ecocompatibile ai combustibili fossili*
- *contribuisce a ridurre le emissioni di gas a effetto serra*
- *diversifica il mix complessivo di approvvigionamento energetico*

# ENERGIA GEOTERMICA A BASSA ENTALPIA

Tipica  
configurazione  
di un sistema a  
pompe di calore  
geotermiche  
(GCHP, cioè Ground-  
Coupled Heat Pump)



# ENERGIA GEOTERMICA A BASSA ENTALPIA



Modificato da VIGOR Project

# COME SI PUÒ USARE IL CALORE TERRESTRE?

## ENERGIA GEOTERMICA SUPERFICIALE



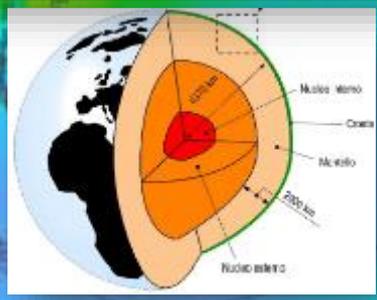
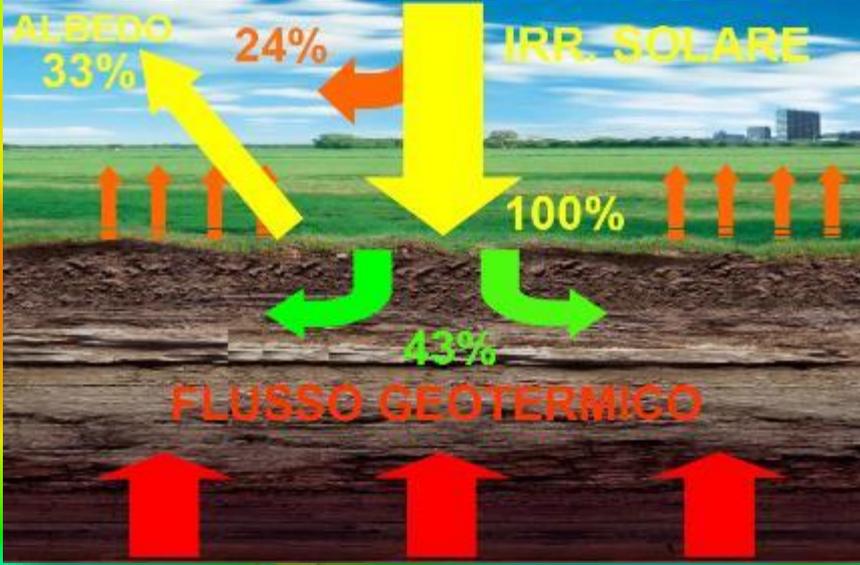
Heat pump by E. Di Sipio



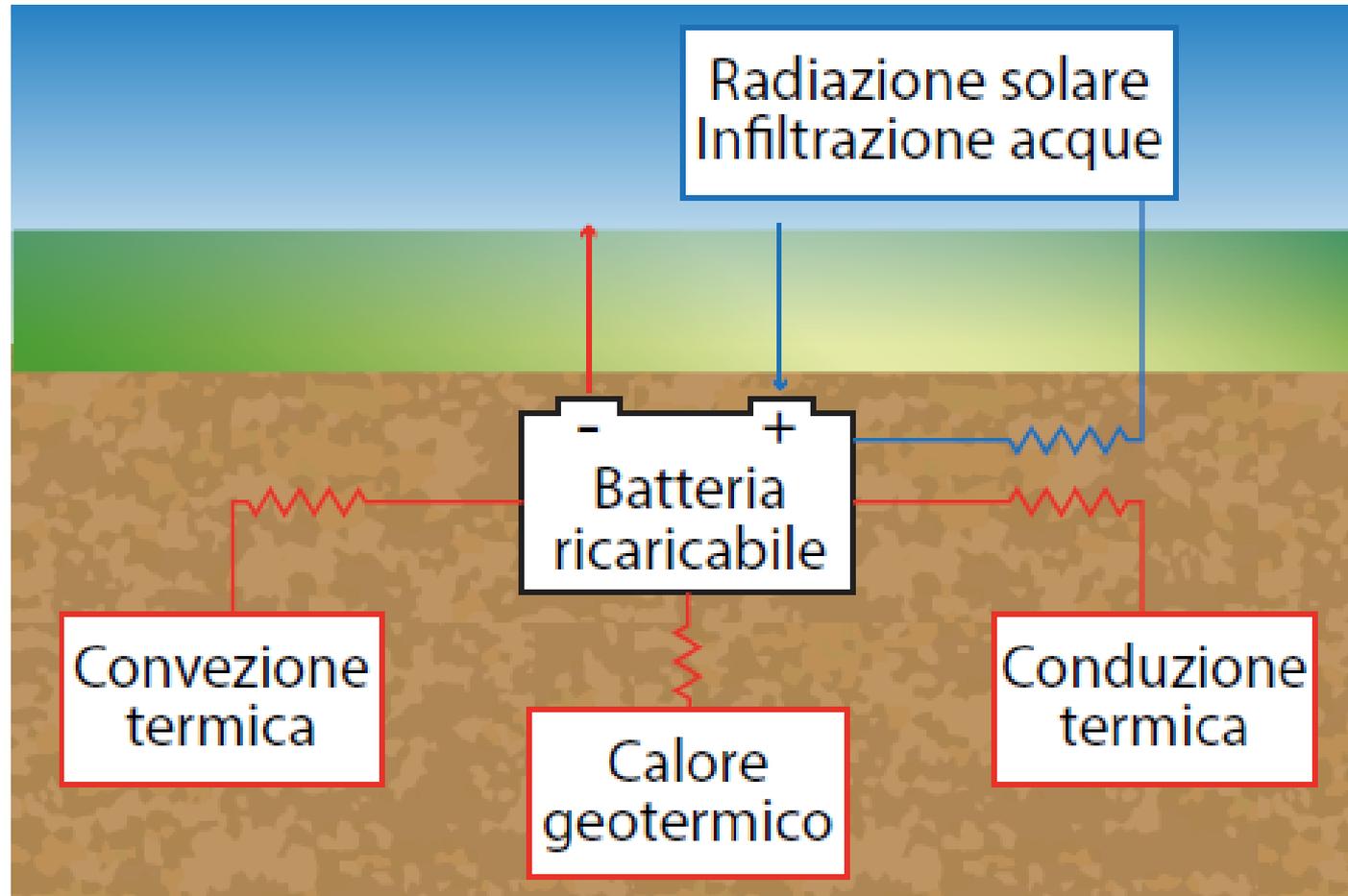
Field probes, Mestre, Italy, by A. Galgaro

# ENERGIA GEOTERMICA

d'origine radiogenica endogena e da radiazione solare;

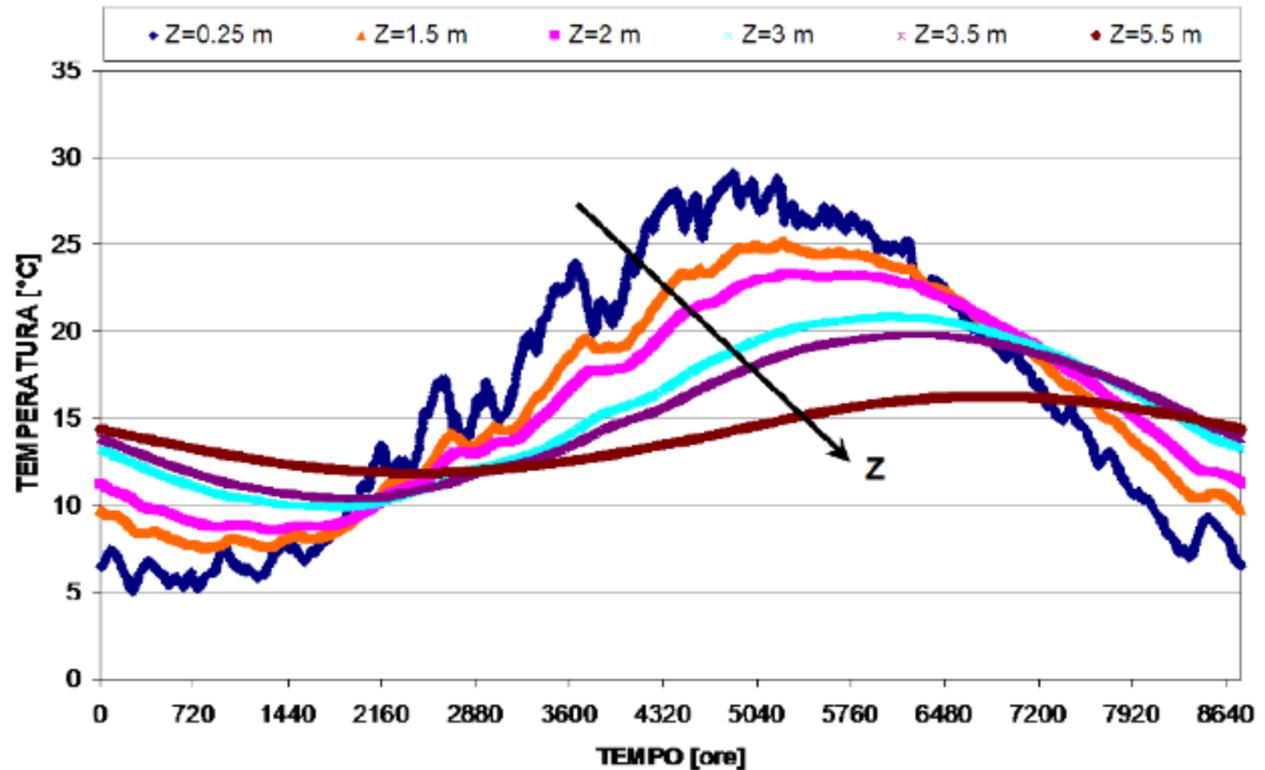
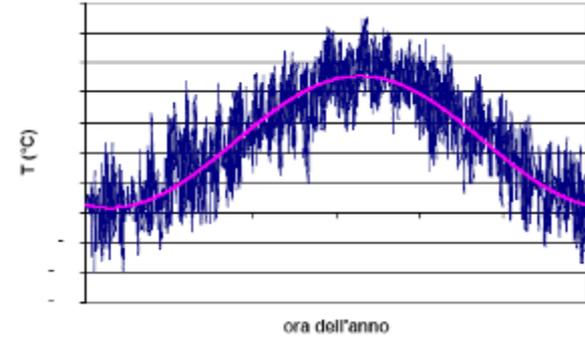


# IL SOTTOSUOLO „BATTERIA RICARICABILE“



Il **sottosuolo** è inteso come **una massa di grande capacità termica** e utilizzato come **sorgente in un ciclo termodinamico** dal quale estrarre calore durante la stagione invernale ed al quale cederne durante quella estiva utile **per il riscaldamento e climatizzazione di edifici**

# IL SOTTOSUOLO „BATTERIA RICARICABILE“

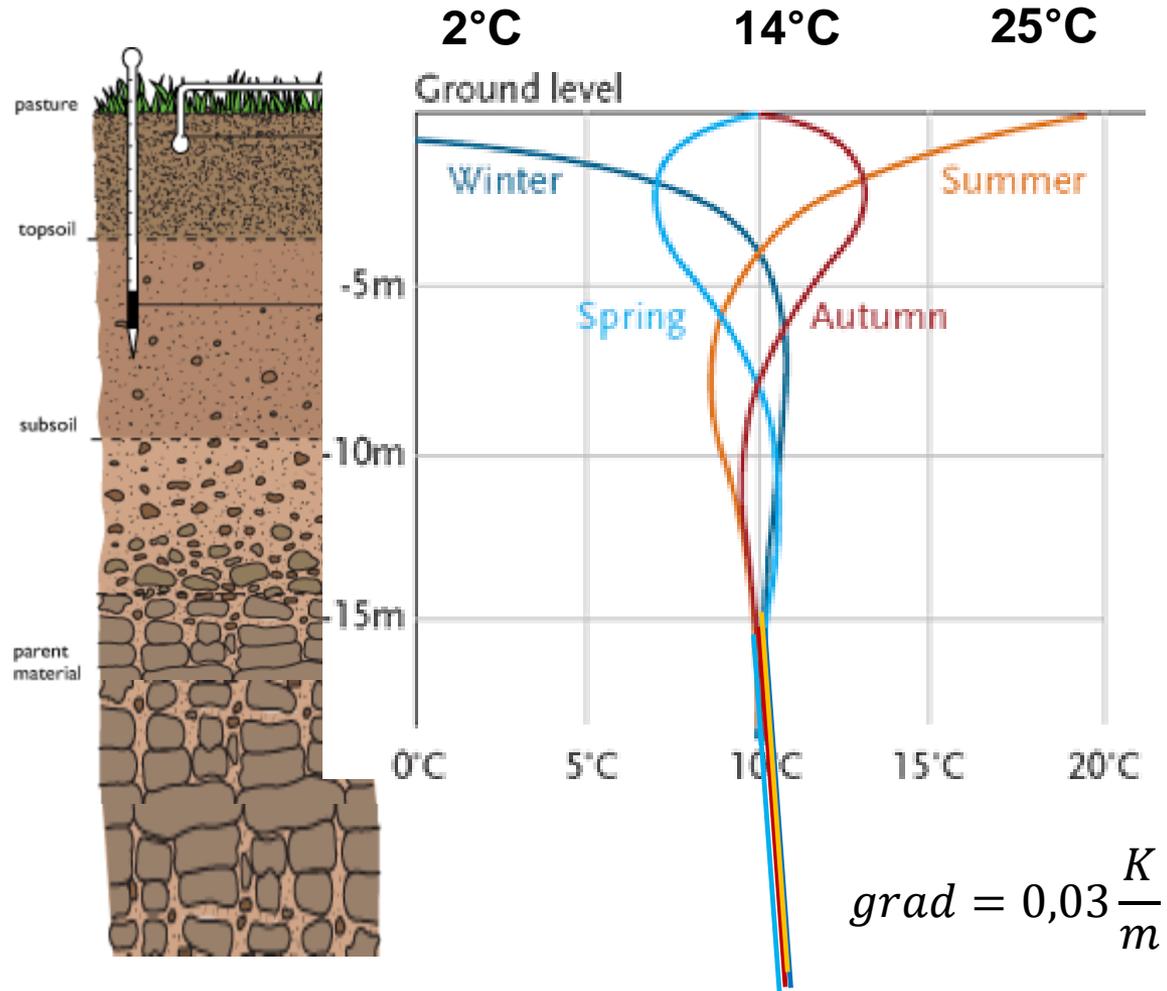


In assenza di anomalia termica, **la T del terreno si può considerare pressoché costante tutto l'anno** ( $\approx T$  media annua dell'aria nella località considerata). **L'ampiezza dell'escursione termica giornaliera** si riduce a un decimo a poche decine di centimetri di profondità, mentre quella **dell'escursione termica stagionale** si riduce dello stesso fattore a circa 6 metri di profondità

# andamento delle temperature nel terreno

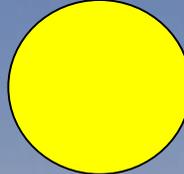
Sino alle profondità raggiungibili con le moderne tecniche di perforazione, il gradiente geotermico medio è  $2,5^{\circ}\text{-}3^{\circ}\text{C}$  ogni 100 m  
→ in vaste regioni il gradiente geotermico si discosta sensibilmente da quello medio, assumendo valori inferiori o anche maggiori di 10 volte aree di *anomalia* termica

(es. zona Colli Euganei il flusso geotermico arriva a  $600\text{mW}/\text{m}^2 = 0,6\text{W}/\text{m}^2$ )



$$\text{heat flux} \left[ \frac{W}{m^2} \right] = \text{grad} \times \lambda$$

Photo by Dave Banks



**Energia Solare**

Da alcune decine a qualche centinaia di  $W/m^2$



**Zona superficiale risente dell'onda termica in aria**

**Capacità termica volumetrica= 1 to 2.5  $MJ/m^3/K$**

**Conduktività termica= 1 to 4  $W/m/K$**

**Al di sotto di circa 6-10 m, il sottosuolo assume valori di temperatura pari alla  $T$  media annua dell'aria**

**Flusso geotermico. Alcune decine di  $mW/m^2$**

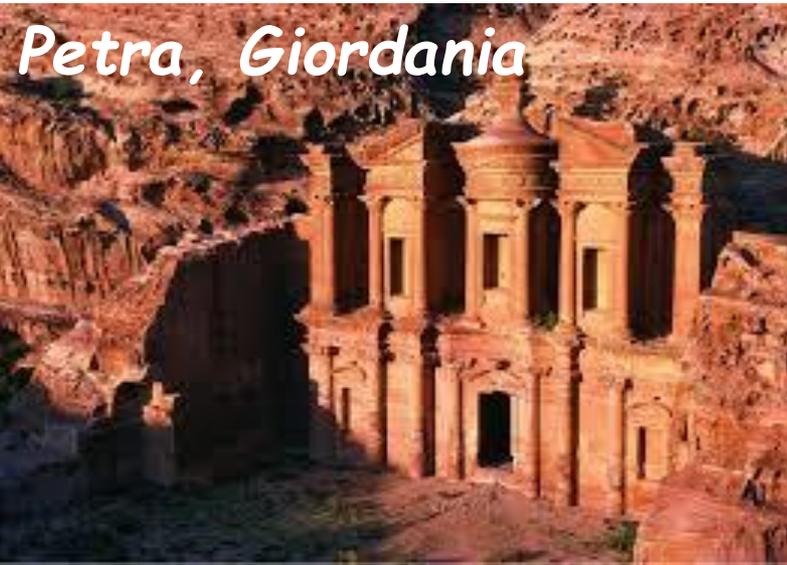


# Gli esempi del passato e di oggi



# CITTÀ SOTTERRANEE

➤ **NEL PASSATO** (anche siti patrimonio mondiale dell'UNESCO)



# CITTÀ SOTTERRANEE

➤ **ATTUALE e NEL PASSATO**



Che tipo di roccia?



*Matera*



- insediamento neolitico preistorico
- la città antica, "I Sassi", è patrimonio dell'UNESCO dal 1993
- T costante durante l'anno

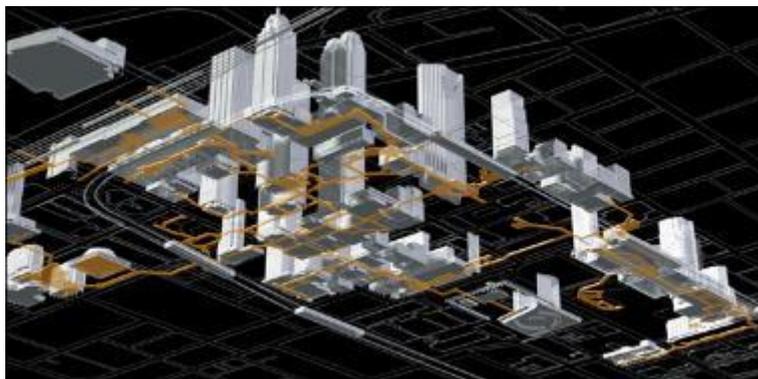
# CITTÀ SOTTERRANEE

## ➤ ATTUALI - ambienti estremi

Toronto



Montreal



- climi molto freddi
- complesso commerciale sotterraneo
- non solo i servizi di trasporto pubblico



# CITTÀ SOTTERRANEE

## ➤ CITTÀ DI FANTASIA O REALI?



Hobbit Hole, Lord of the Rings



*by D. Banks*

Capanna tradizionale Selkup, Narim, Siberia



Tatooine, Star wars



Tataouine, Tunisia

# PERCHÈ VIVERE SOTTOTERRA?

## vantaggi delle case sotterranee:

- resistenza alle intemperie (T caldo e freddo)
- spazio di vita tranquillo
- presenza discreta nel paesaggio circostante,
- temperatura interna pressoché costante a causa delle proprietà isolanti naturali del terreno circostante
- efficienza energetica
- compatibilità ambientale
- materiali naturali

## svantaggi

- possibilità di allagamento
- possibili cadute o scivolamenti di roccia
- illuminazione interna insufficiente
- creazione di crateri, doline
- fessure negli edifici
- ricambio di aria

# Villa Aeolia (VI): un esempio di sistema geotermico naturale (1560)

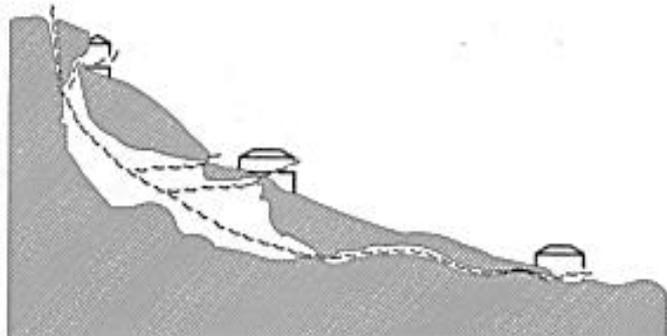
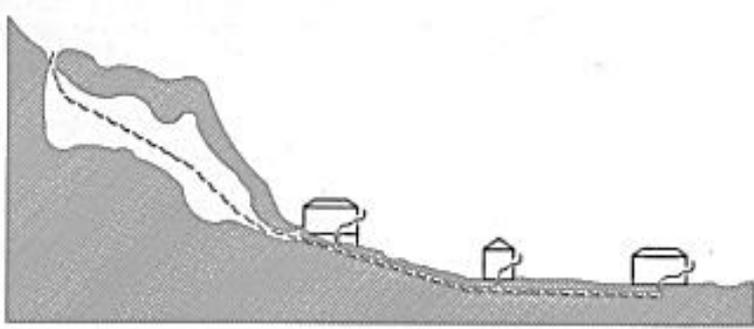
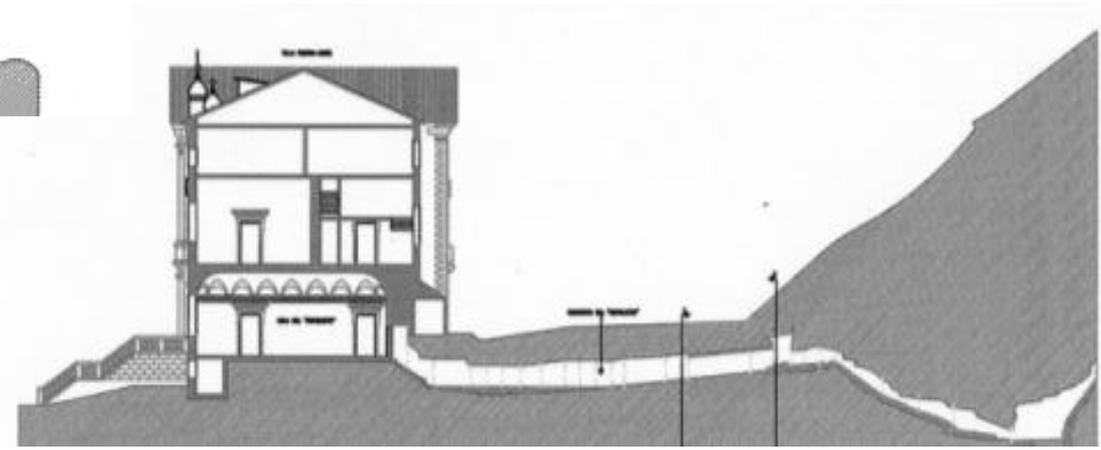


Fig. 6 - Villa Aeolia, facciata principale.

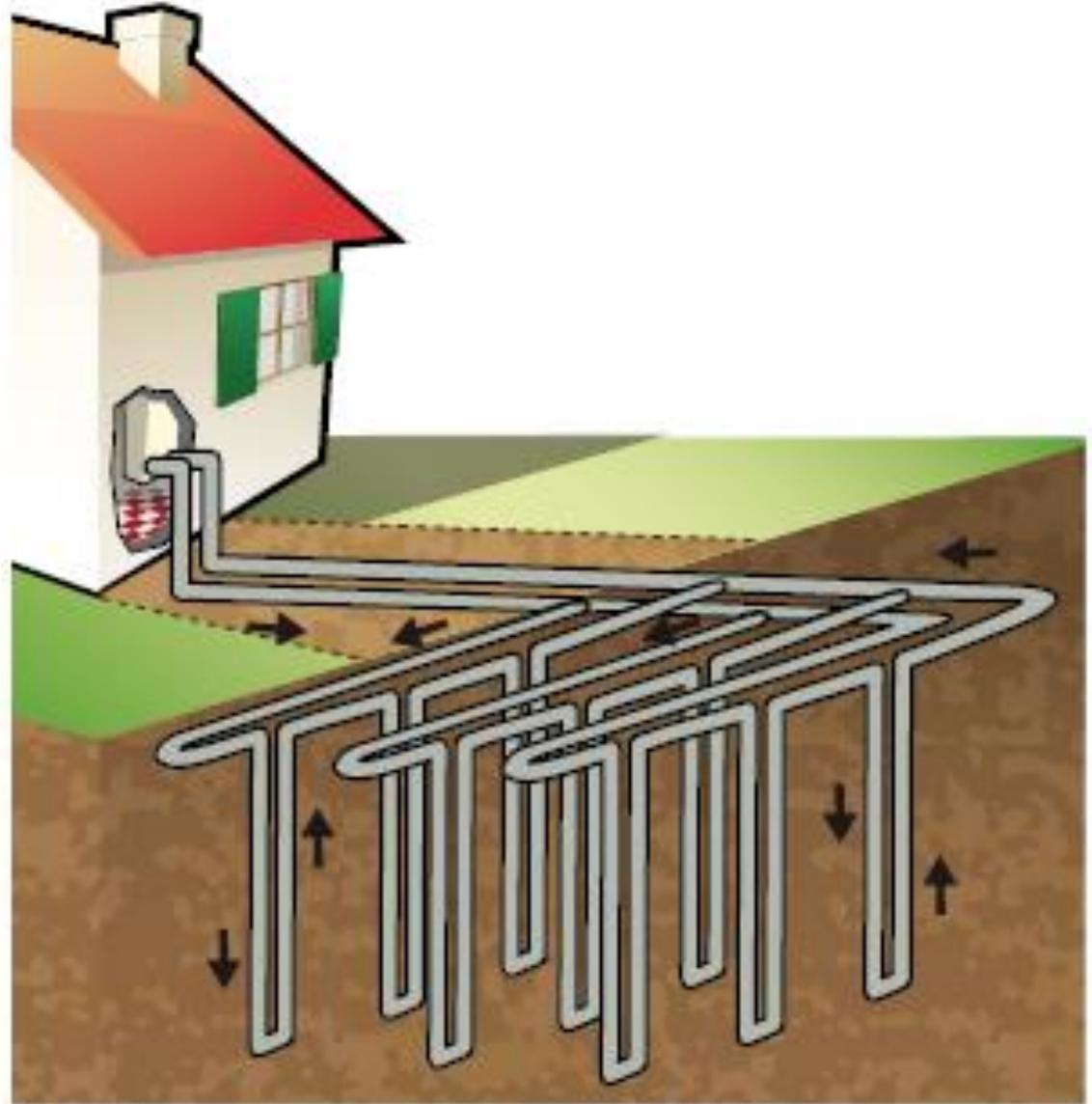


# IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO

lo scambio termico con il terreno è realizzato tramite le cosiddette sonde geotermiche in cui circola un fluido termovettore (acqua o altro).

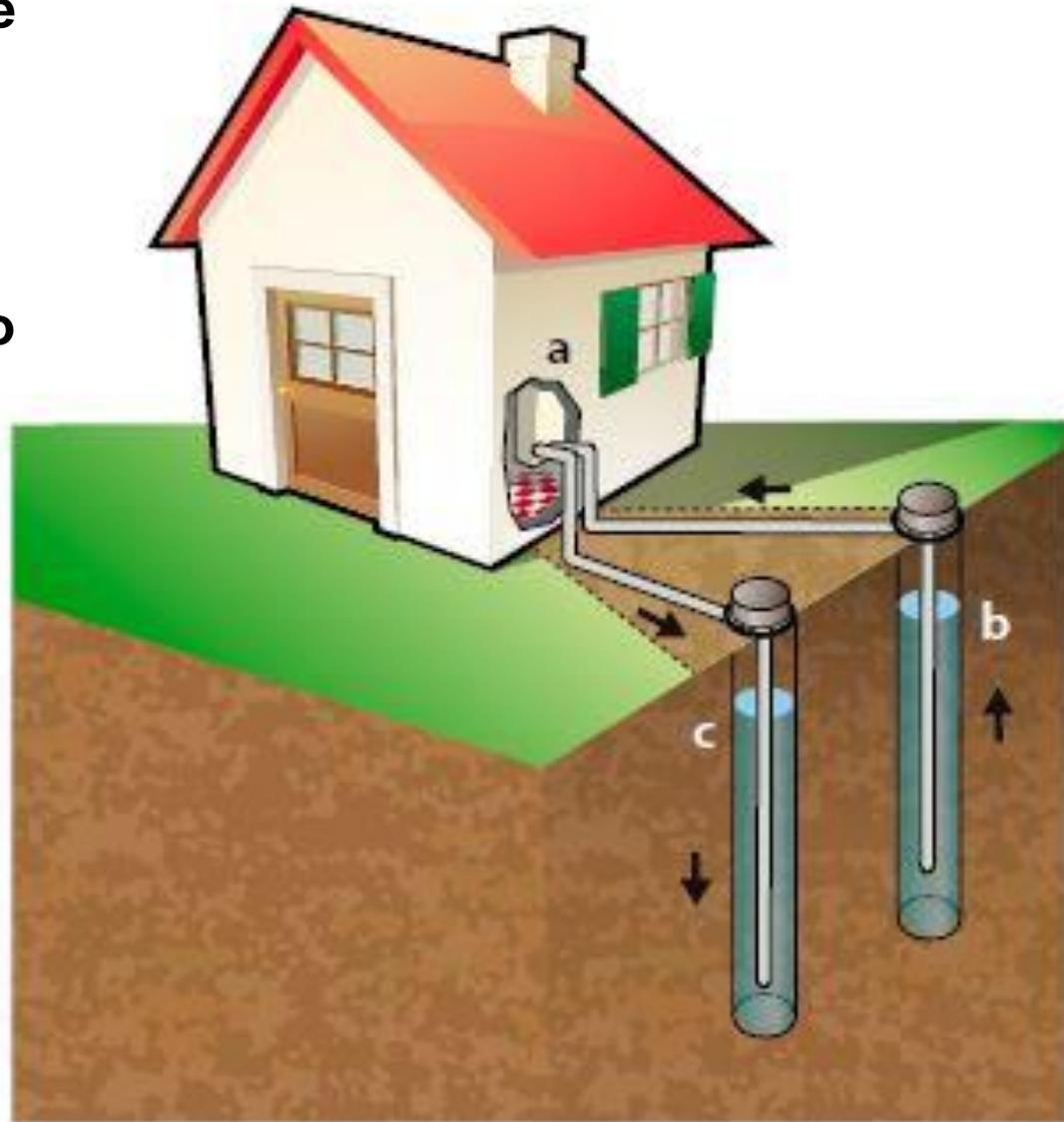
Le sonde geotermiche sono di diversi tipi, suddivisibili in tre categorie: **sonde orizzontali, sonde verticali e geostrutture**

Schema di un sistema a ciclo chiuso con **sonde verticali**



# IMPIANTI A CIRCUITO APERTO

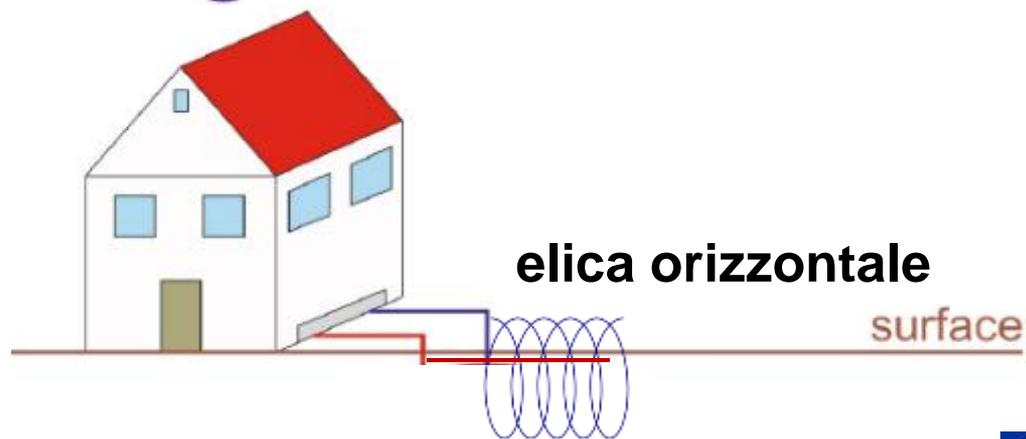
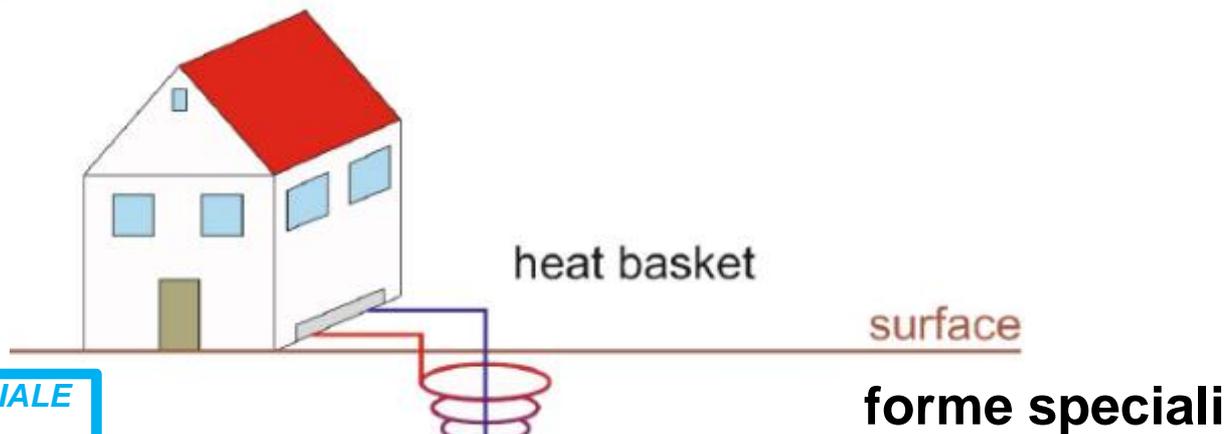
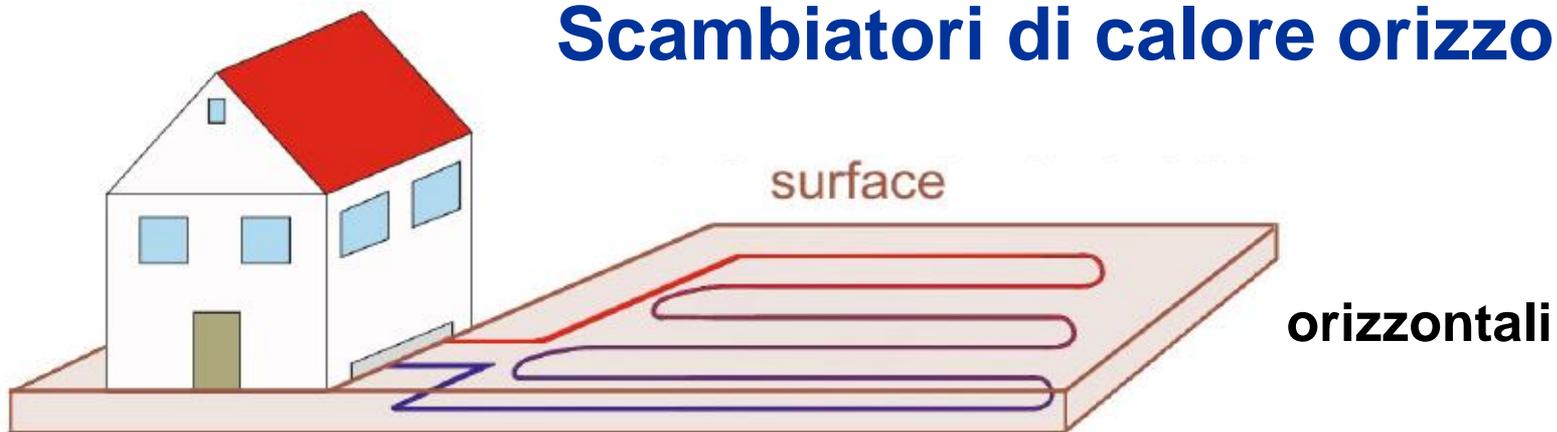
estraggono direttamente acqua da una falda o da un corpo d'acqua superficiale (lago, fiume ecc.) da cui viene prelevato o ceduto calore tramite uno scambiatore.



Schema di un sistema di scambio aperto dotato di :

- (a) scambiatore di calore;
- (b) pozzo di prelievo
- (c) pozzo di re-immissione dei fluidi.

# Scambiatori di calore orizzontali



**ENERGIA GEOTERMICA SUPERFICIALE**

**open loop system**

2 wells      water body

**closed loop system**

horizontal      geothermal piles

This block contains a summary of geothermal energy systems. It features a blue border and the title 'ENERGIA GEOTERMICA SUPERFICIALE'. It illustrates two types of systems: 'open loop system' with two wells and a water body, and 'closed loop system' with horizontal pipes and geothermal piles. A small logo is visible in the bottom left corner.



# Geostrutture energetiche

Le **geostrutture sono opere sotterranee** realizzate in situazioni dove è **necessario aumentare la capacità portante del terreno** (ad esempio pali, pareti, solette, o fondazioni a pozzo).

Nella maggioranza dei casi **non superano i 40 m di profondità.**

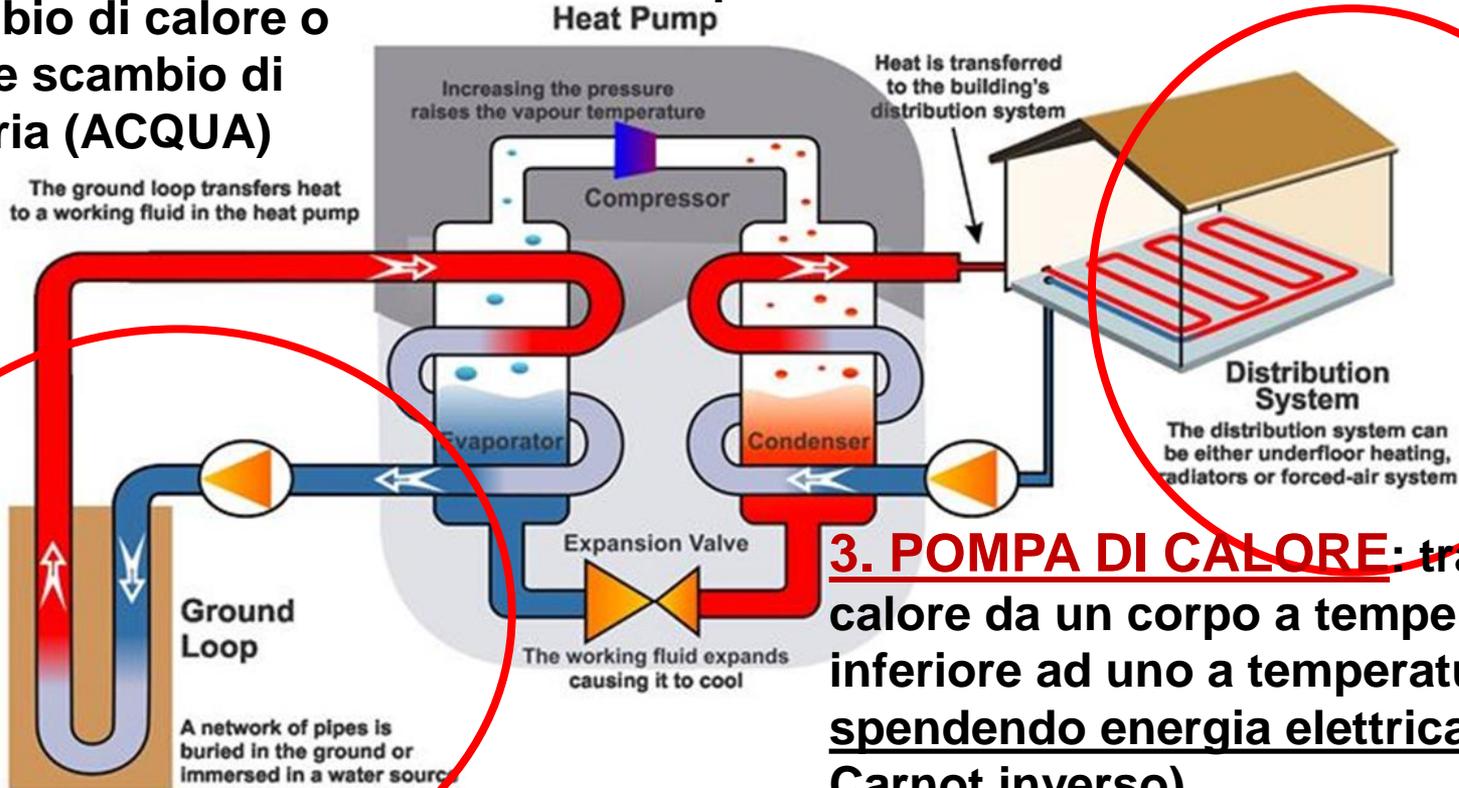
Vengono **equipaggiate con degli scambiatori di calore** durante la loro installazione.



# Geotermia a bassa entalpia/ gli elementi base

## 1. SCAMBIATORE DI CALORE A TERRA

può esserci solo scambio di calore o anche scambio di materia (ACQUA)



## 2. UN IMPIANTO INTERNO ALL'EDIFICIO DI DISTRIBUZIONE DI CALORE E FRESCURA:

- terminali di impianto a bassa temperatura (acqua a 40°C) e grande superficie di scambio
- importante isolamento termico edificio

3. POMPA DI CALORE: trasferisce calore da un corpo a temperatura inferiore ad uno a temperatura superiore spendendo energia elettrica (ciclo di Carnot inverso)

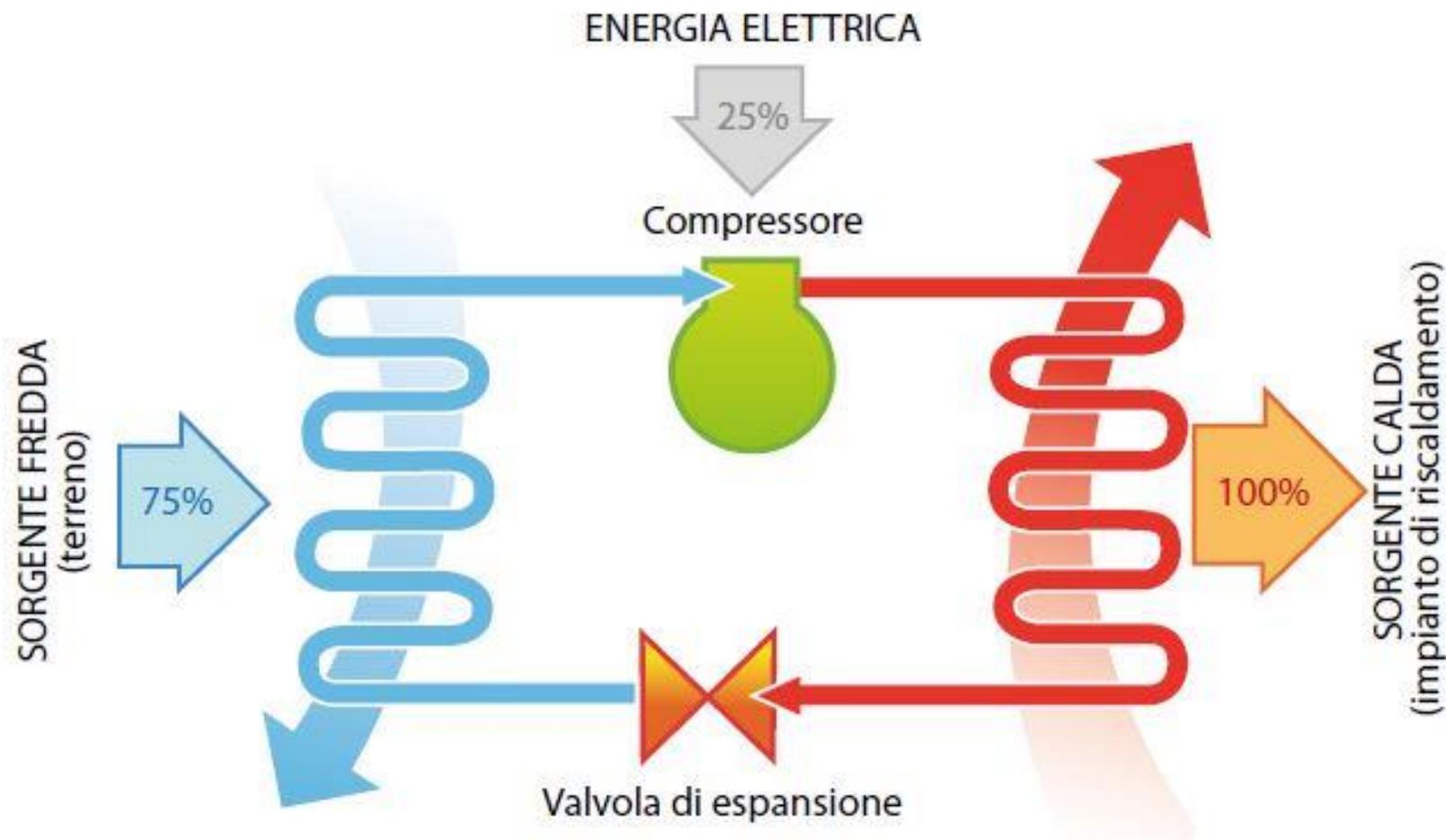
→ di 4 kWh di calore necessario all'edificio, 3 kWh vengono dal terreno e solo 1 viene speso di energia elettrica)

# **Geotermia a bassa entalpia/ gli elementi base**

## **UN SISTEMA DI GEOSCAMBIO:**

- **scambia calore con il terreno sia d'inverno che d'estate → un unico impianto per soddisfare tutte le esigenze di climatizzazione (riscaldamento + raffrescamento + produzione di ACS)**
- **sfrutta l'inerzia termica del terreno (sempre alla medesima temperatura per tutto l'anno) → scambio termico vantaggioso → sistema di climatizzazione che consuma meno energia primaria dei sistemi tradizionali**
  - risparmio energetico
  - diminuzione dei picchi di consumo energetico estivo
- **utilizza una risorsa (il calore della Terra)**
  - inesauribile (→ ENERGIA SOSTENIBILE)**
  - ubiquitaria (→ non come il solare, l'eolico o l'energia geotermica)**
- **può sostituire i sistemi tradizionali di riscaldamento a combustibili fossili**
  - diminuzione impiego combustibili fossili**
  - diminuzione delle emissioni di polveri sottili**
- **può sostituire i sistemi tradizionali di raffrescamento (chiller)**
  - diminuzione impatto estetico e acustico**
  - offre una soluzione in particolari condizioni architettoniche**

# Schema impiantistico di una pompa di calore geotermica



La **pompa di calore** offre il grande vantaggio di fornire energia in modo efficiente: infatti, per produrre il 100% dell'energia per il riscaldamento è necessario **consumarne** solo il **25% (elettricità)**, mentre il restante **75% viene ricavato dal terreno**.

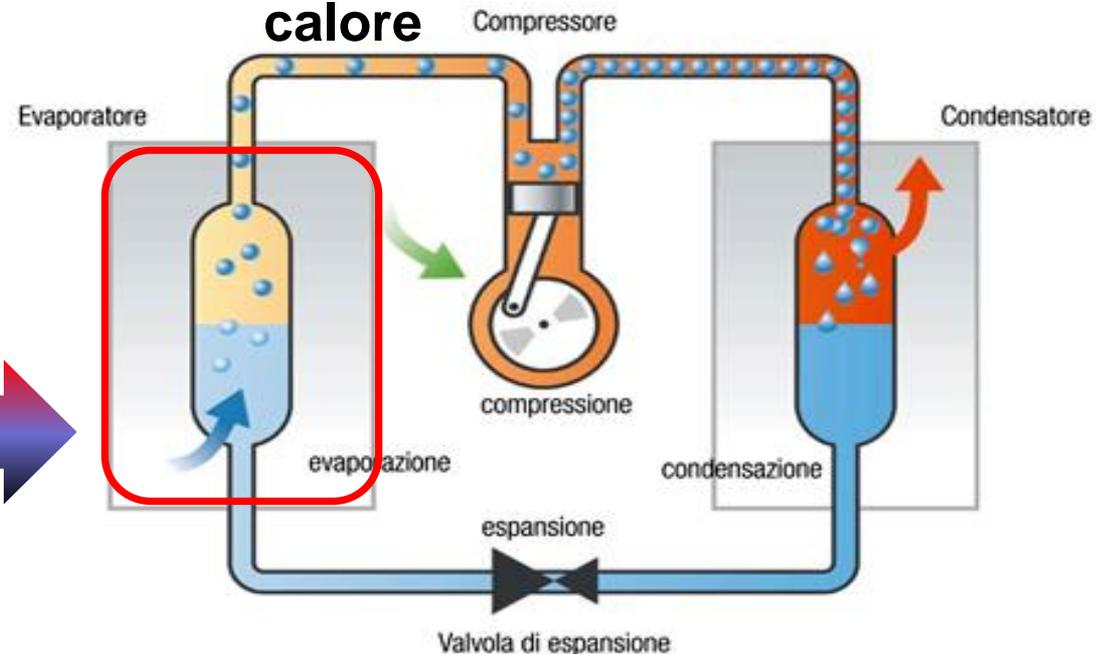
# la POMPA DI CALORE

BASATA SUL CICLO DI CARNOT INVERSO

*scambi di calore tra 3 circuiti attraverso passaggi di fase del fluido refrigerante*

**2. EVAPORATORE:**  
permette lo scambio di calore tra il fluido interno alla sonda e il *fluido interno al circuito pompa di calore (REFRIGERANTE)* → il liquido refrigerante si scalda ed evapora

**3. COMPRESSORE:** spendendo energia elettrica viene aumentata la pressione del refrigerante → il fluido accumula calore

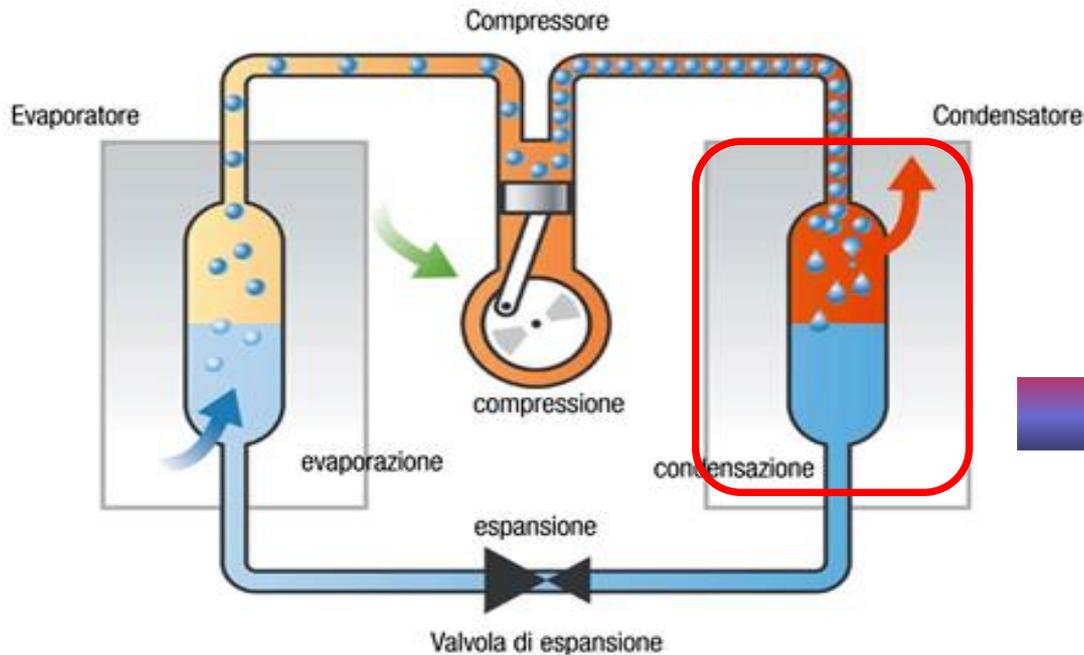


**1. il fluido termovettore si riscalda, grazie allo scambio termico nel sottosuolo**

# POMPA DI CALORE

-BASATA SUL CICLO DI CARNOT INVERSO

*scambi di calore tra 3 circuiti attraverso passaggi di fase del fluido refrigerante*



**4. CONDENSATORE:** il refrigerante cede calore al terzo circuito (quello interno all'edificio) → condensa

**5. VALVOLA DI ESPANSIONE:** il refrigerante espande (cioè aumenta il suo volume) → abbassa la pressione. Il ciclo può ricominciare

# POMPA DI CALORE

→ scelta (*tipo di refrigerante* → *condizioni di temperatura e pressione ottimali x il ciclo termico*) in funzione delle caratteristiche delle condizioni climatiche, dell'involucro edilizio, del tipo di impianto e di sorgente termica.

$$COP = \frac{\text{energia (termica) PRODOTTA all'ambiente}}{\text{energia (elettrica) consumata}}$$

**COEFFICIENT OF PERFORMANCE  
(RISCALDAMENTO)**

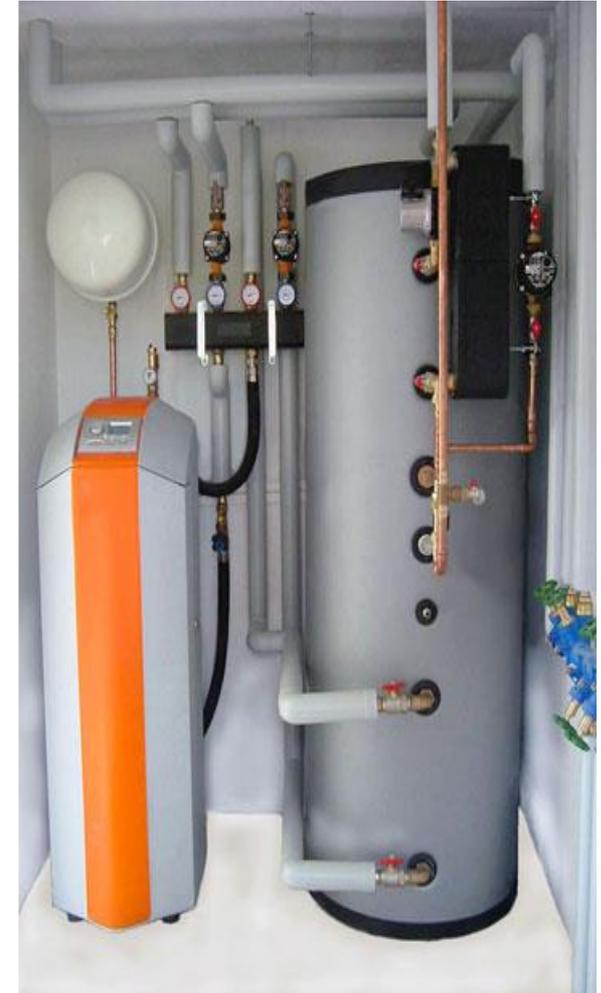
di solito:

- 3.0 per pompe di calore aria-acqua,
- 4.0 per pompe di calore a sonda geotermica,
- 4.5 per pompe di calore acqua-acqua.

$$EER = \frac{\text{energia (termica) DI RAFFREDDAMENTO}}{\text{energia (elettrica) consumata}}$$

**ENERGY EFFICIENCY RATIO**

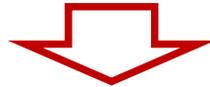
misura l'efficienza di raffreddamento di una pompa di calore





# processo di PROGETTAZIONE di un impianto di geoscambio

- 1) caratterizzazione dell'utenza
- 2) caratterizzazione geologica e idrogeologica del sito (il terreno è invariante)
- 3) verifica della fattibilità tecnica
- 4) individuazione dei vincoli normativi, ambientali e tecnici



## **definizione delle condizioni locali di scambio termico**

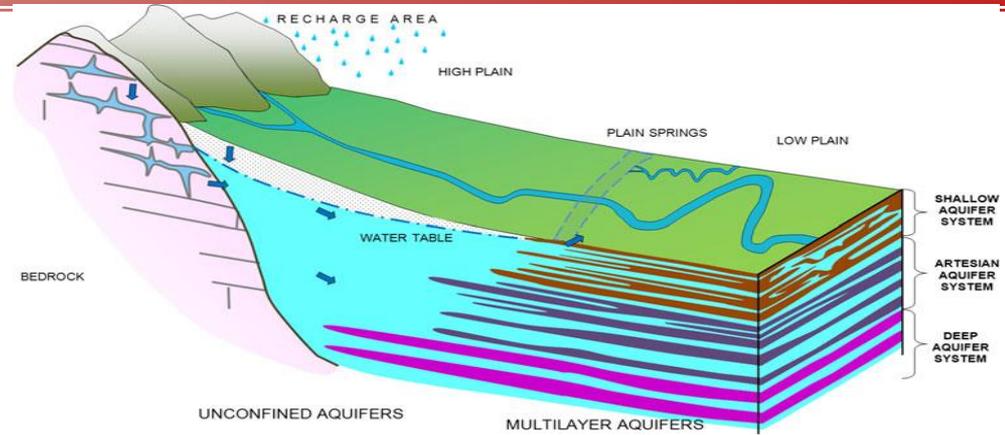
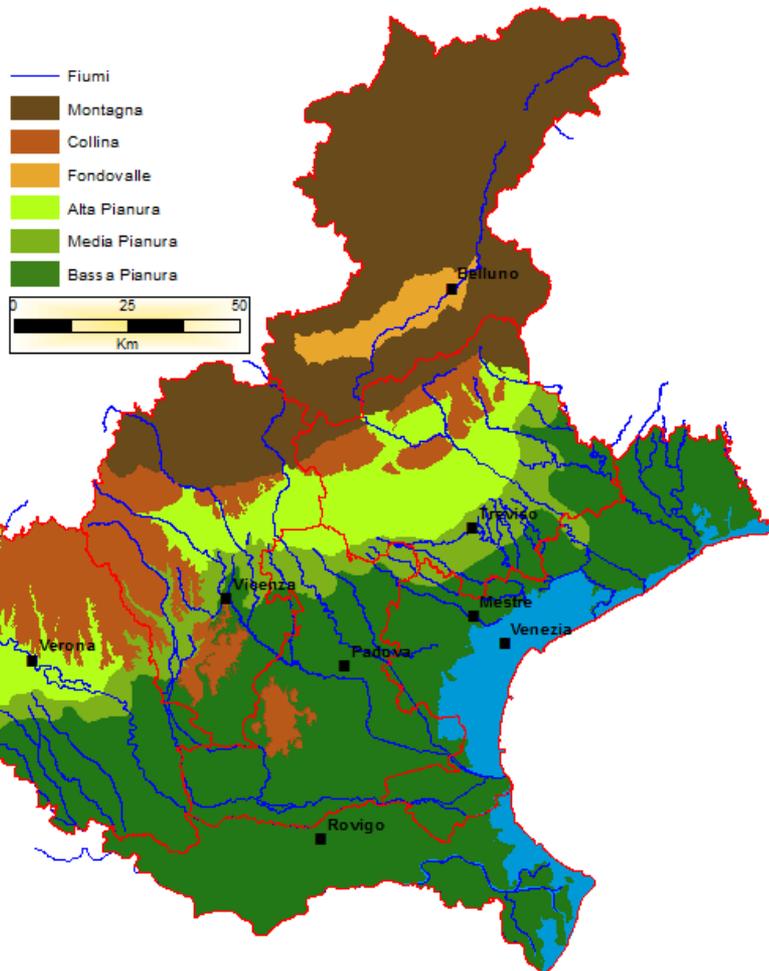
→ scelta del tipo di impianto più efficiente (punto di vista economico e energetico)

→ scelta delle condizioni di esercizio del sistema e dimensionamento:

- lunghezza totale degli scambiatori o dimensionamento pozzi e numero/disposizione planimetrica degli scambiatori
- fluido termovettore da utilizzare
- dimensionamento circuiti orizzontali
- dimensionamento pompa di calore
- progettazione del circuito di distribuzione interno alla casa
- presenza o meno di impianti ausiliari e metodi di gestione degli impianti

# ad ogni territorio il suo sistema di geoscambio - Il VENETO

**alta pianura:** forte soggiacenza della falda libera → sistemi a circuito aperto tecnicamente difficoltosi e molto onerosi



**Media pianura:** scambio termico a circuito aperto molto conveniente MA presenza di risalite spontanee di acquiferi “risorgive” → aree tutelate: limitando le portate di prelievo e opportune prescrizioni nella restituzione

**Bassa Pianura:** condizioni idrogeologiche di acquiferi in pressione e di medio-bassa permeabilità → difficoltosa la restituzione nello stesso acquifero di prelievo (possibile solo restituzione superficiale, dipendente dalle condizioni di superficie → meglio circuito chiuso

# 4) aspetti ambientali di un sistema di geoscambio

Circuito chiuso    Circuito aperto    Circuito aperto superficiale

Versamento liquidi refrigeranti nel sottosuolo

✗

Interconnessione falde a diversa profondità

✗

✗

Inquinamento falde dalla superficie

✗

✗

Instabilità del sottosuolo

✗

✗

Inquinamento termico

✗

✗

✗

fenomeni chimico-fisici e biologici (proliferazione batterica legata alla  $T_{opt}$ )

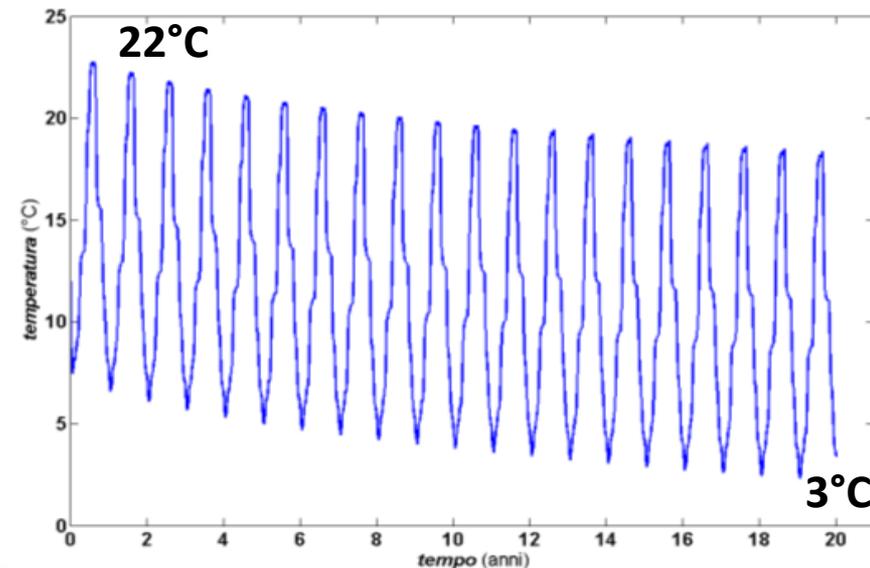


importante valutazione campo termico indotto nel terreno (FEFLOW)

possibili fenomeni di raffreddamento progressivo del terreno

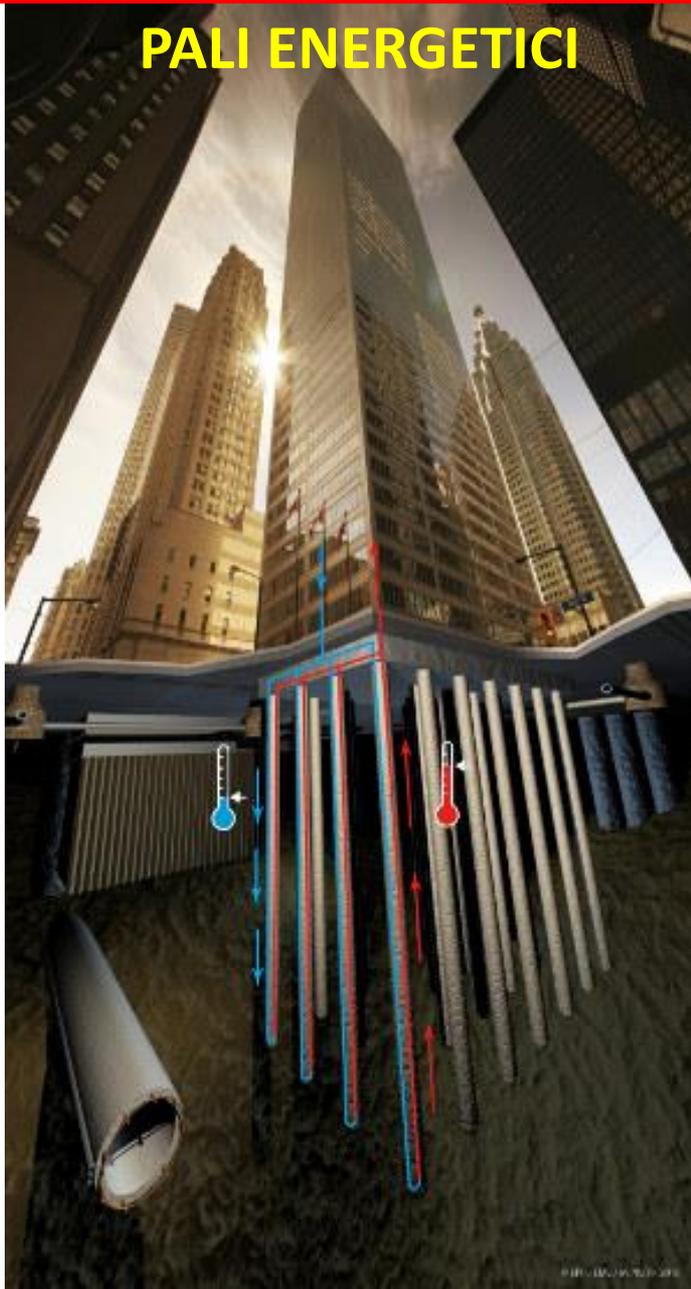
→ riduzione dell'efficienza energetica

→ possibili fenomeni di congelamento indotto nel terreno



# BASSA ENTALPIA «non convenzionale»

## PALI ENERGETICI



Università Roma 3 - Roma



# Micropali energetici

Ambito di studi ancora quasi interamente inesplorato, dotato di grande potenzialità e crescenti interessi economici

Diametro del palo minore

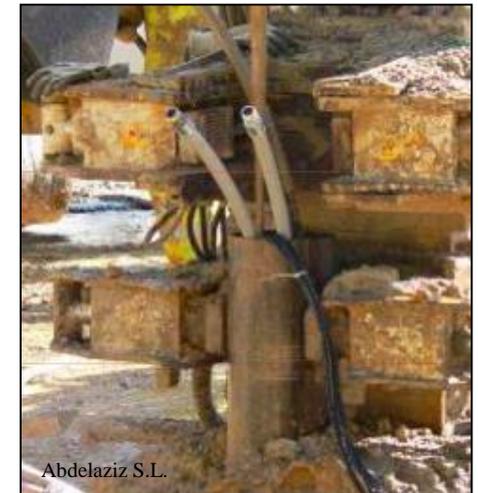
Tubo in acciaio funge da armatura

Usate sia come strutture di fondazione, sia per consolidare il terreno/roccia

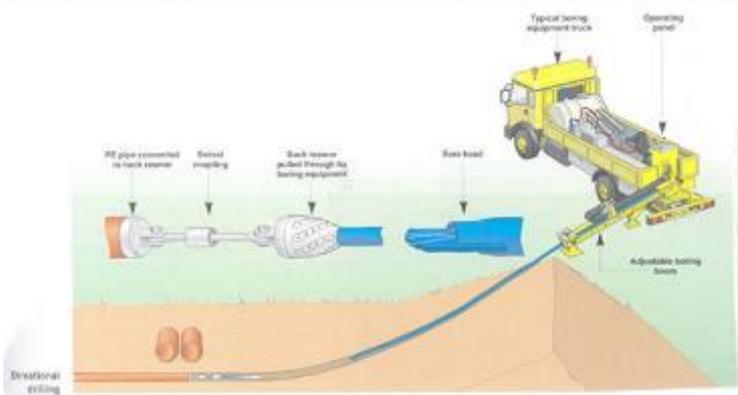
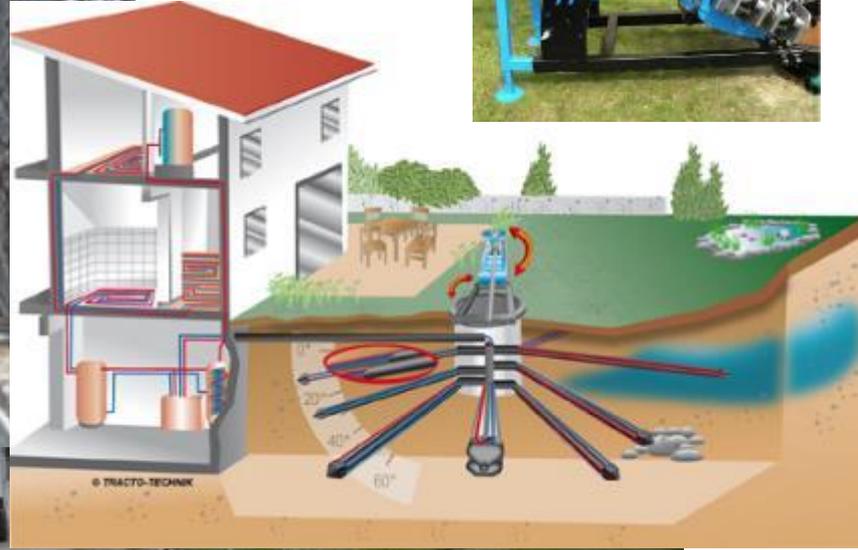
Il ridotto strato di cemento riduce la resistenza termica del palo

**Necessità d'approfondire lo studio di:**

- **Prestazioni termiche**
- **Effetti meccanici sulle strutture**
- **Materiali di cementazione**



# NUOVE TECNICHE DI PERFORAZIONE DIREZIONALE

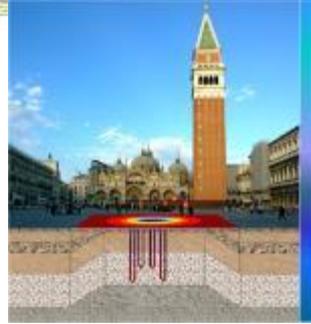
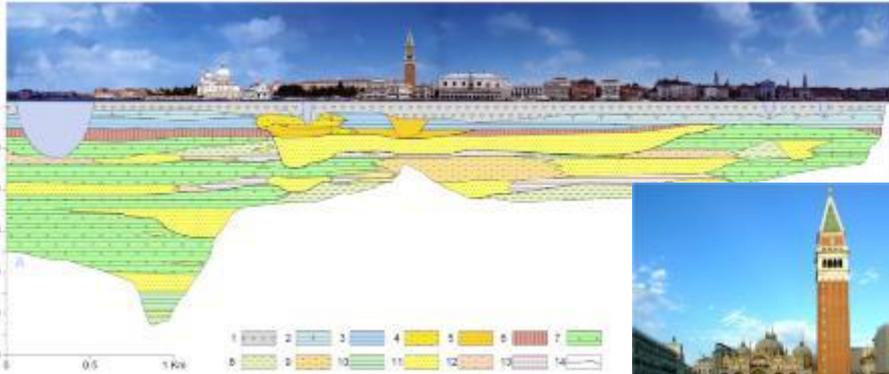


# ***SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO CHIUSO***

- ✓ costi piuttosto elevati
- ✓ necessità di spazi adeguati
- ✓ efficienza modulata dalle condizioni di utilizzo
- ✓ le **risorse superficiali** sono facilmente **accertabili e ubiquitarie**
- ✓ assenza del rischio minerario
- ✓ assenza di rischio di subsidenza
- ✓ chimismo acque sotterranee in genere non problematico
- ✓ **procedure autorizzative semplici**

# SISTEMI DI SCAMBIO TERMICO IN AREA URBANA

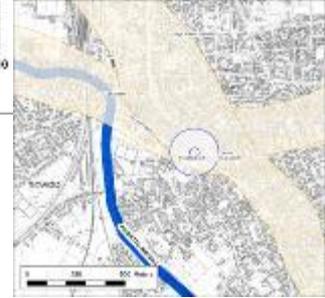
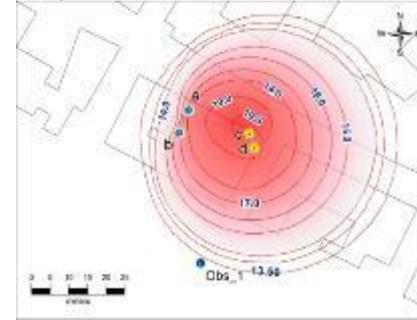
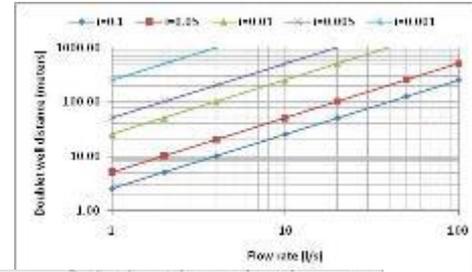
## Venezia



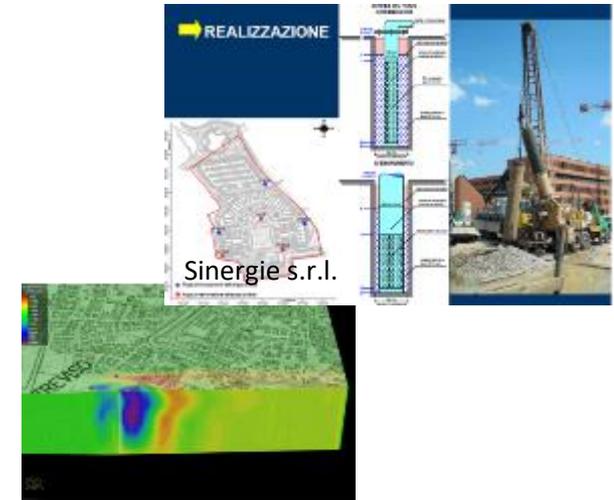
## Vicenza



## Rovigo



## Treviso



## Acqua di galleria

Effetto di drenaggio di un massiccio roccioso

Riscaldamento di edifici tramite una pompa di calore

Temperatura fino a 30 °C



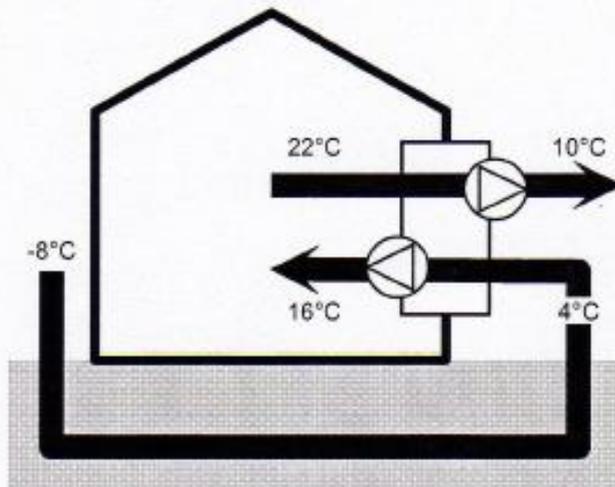
Istallazione in Ticino: Mappo-Morettina, San Gottardo, ecc.

Potenziale importante con Alptransit

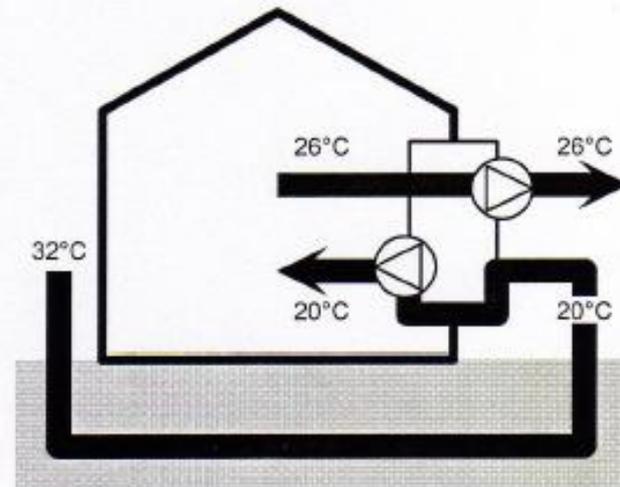
# SCAMBIATORI ARIA-TERRENO



*Ventilation avec puit canadien et récupérateur sur air vici*

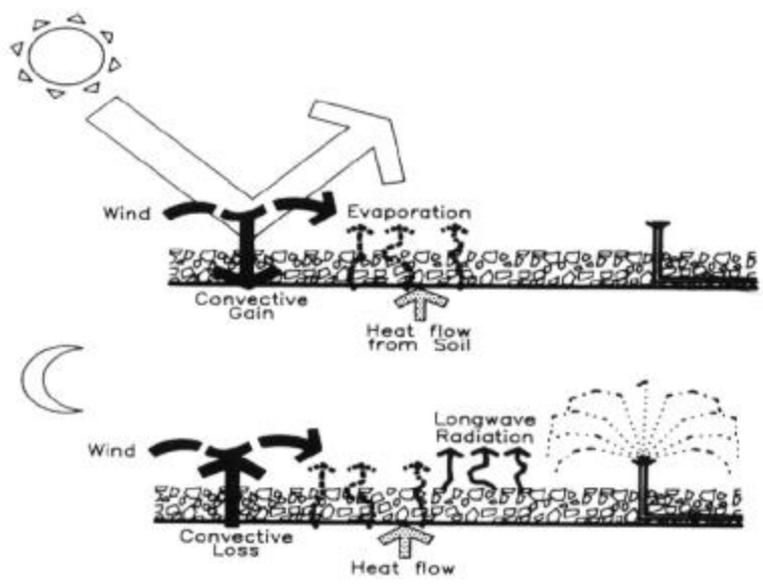


Inverno: preriscaldamento aria ventilazione

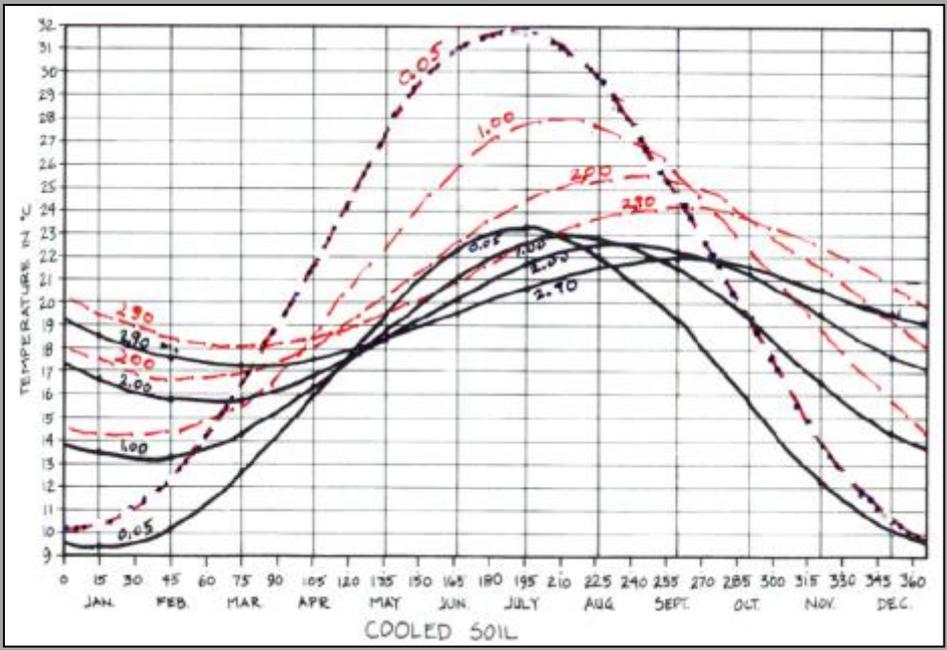


Estate: raffrescamento

# GEOSCAMBIO IN ZONE ARIDE



A layer of gravel blocks solar radiation away from the soil surface and reduces convective exchange.



# SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE IDROTERMICA A VENEZIA

**IDROTERMIA** = sfruttamento delle **acque superficiali** (lagunari, lacustri, marine, fluviali) **come sorgente termica per la climatizzazione degli edifici**, accoppiati ad impianti a pompa di calore, **in funzionamento sia estivo che invernale.**

**Esempi nazionali:** Ancona (Mole Vanvitelliana), Genova (Acquario e Accademia Navale)

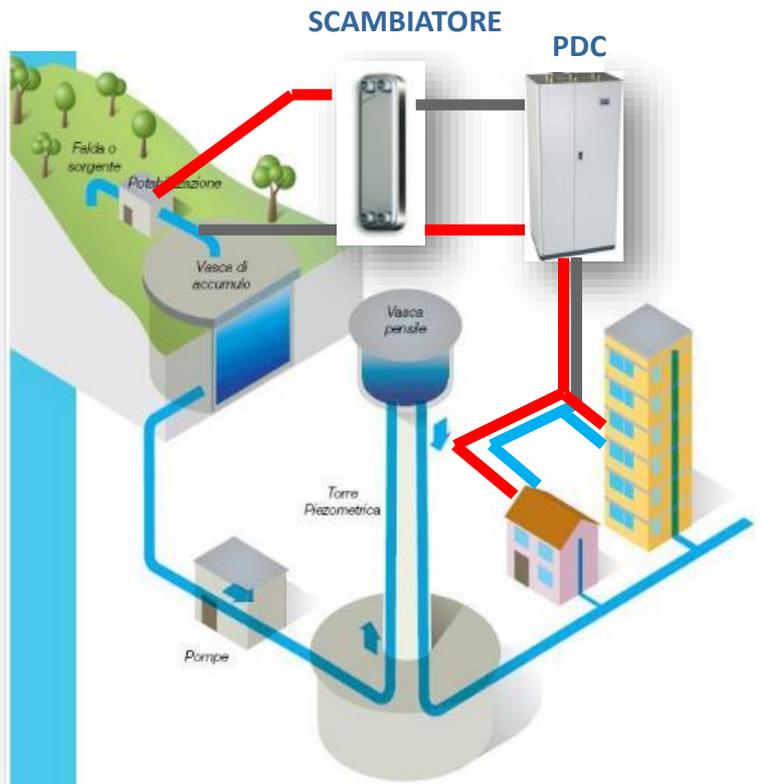
**Esempi internazionali** di impianti di grossa taglia a servizio di interi quartieri: Oslo (cittadella universitaria), Stoccolma, Helsinki, Zurigo, Parigi (quartiere ex Renault), Atene (aeroporto), Cina (Xinghai), Hong Kong





# POSSIBILI SORGENTI FREDDI PER POMPE DI CALORE ACQUA-ACQUA

- CORSI D'ACQUA SUPERFICIALI (FIUMI , ROGGE, ETC.)
- LAGHI E BACINI IDRICI
- ACQUA DI MARE
- ACQUE GEOTERMICHE
  
- ACQUA DI ALIMENTAZIONE DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA POTABILE COMUNALE
- ACQUA IN USCITA DA IMPIANTI DI DEPURAZIONE
- ACQUE LURIDE DA SISTEMI FOGNARI CITTADINI
  
- ACQUA DI CIRCUITO LAVAGGIO FUMI DI FORNI INCENERITORI
- ACQUA DI CIRCUITI DI TORRE DI RAFFREDDAMENTO
- ACQUA DI CIRCUITI DI RAFFREDDAMENTO DI CENTRALI ELETTRICHE (COGENERATIVE E NON)



Accumulatore di stratificazione

Pontos AquaCycle



Scambiatore di calore nel primo stadio del Pontos AquaCycle

**hansgrohe**

# 'Underground Thermal Energy Storage'

## Sistemi di stoccaggio dell'energia termica nel sottosuolo

il sottosuolo può essere utilizzato come un serbatoio per lo stoccaggio del calore o del freddo

THERMAL ENERGY STORAGE

è possibile **stoccare e utilizzare in un momento successivo il calore (o il freddo)** prodotto sia da sorgenti rinnovabili (sole, energia geotermica ecc.) sia da scarto di altri processi (combustibili fossili, residuo rispetto all'uso primario).

### SENSIBILE

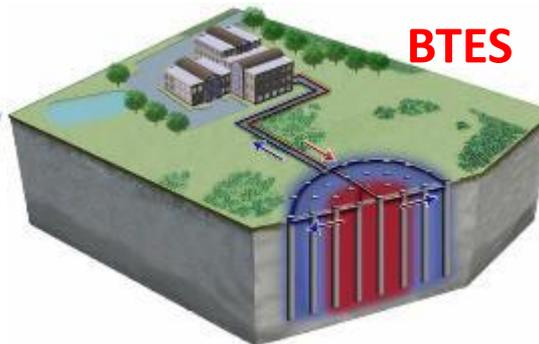
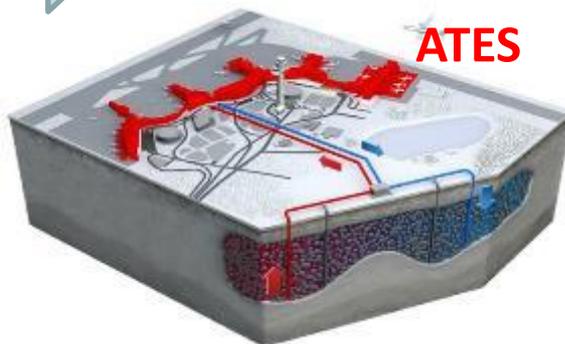
(acqua, terreno, cemento, ecc)  
es: UTES - Underground Thermal Energy Storage

### LATENTE

(sali inorganici, paraffine, ecc) <sup>PCM</sup>  
es: ice-storage, pannelli PMC

### TERMOCHIMICO

(reazioni chimiche)  
es: silica gel + acqua



# Esempi applicativi





## **SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE IDROTERMICA CON USO DI ACQUE LAGUNARI NELLA CITTA' DI VENEZIA**





## **SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE IDROTERMICA CON USO DI ACQUE LAGUNARI NELLA CITTA' DI VENEZIA**

**Competenze Levi Cases in campo energetico:**

- **Analisi e progettazione sistemi energetici innovativi e rinnovabili**
- **Smart grid**
- **Politiche energetiche e di gestione**
- **Chimico-biologiche**
- **Ambientali, geotermiche ed idrauliche**
- **Legislativo-normative, statistiche**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE FONDAZIONE LEVI CASES**



# SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE IDROTERMICA A VENEZIA



In particolare, a Venezia:

- presenza **ubiquitaria** dell'acqua superficiale di laguna, rinnovabile due volte al giorno
  - centro urbano ad alta densità edificatoria
  - inserito in contesto di elevato **valore ambientale**
  - edifici di elevato **pregio storico-artistico**
- soluzioni particolari per la climatizzazione
- tipologie edilizie molto energivore: grandi alberghi/spazi espositivi/uffici pubblici

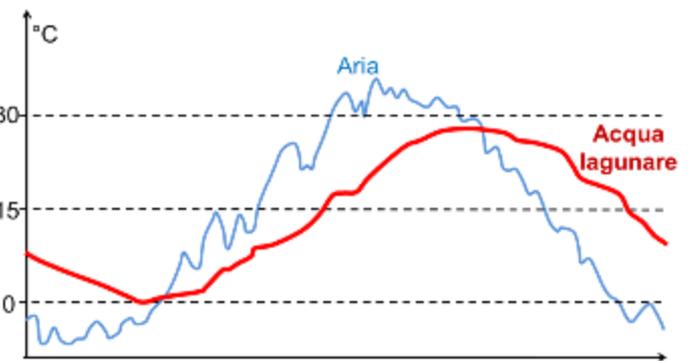
utilizzo delle acque superficiali come sorgente per la climatizzazione

IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO

IMPIANTI A CIRCUITO APERTO

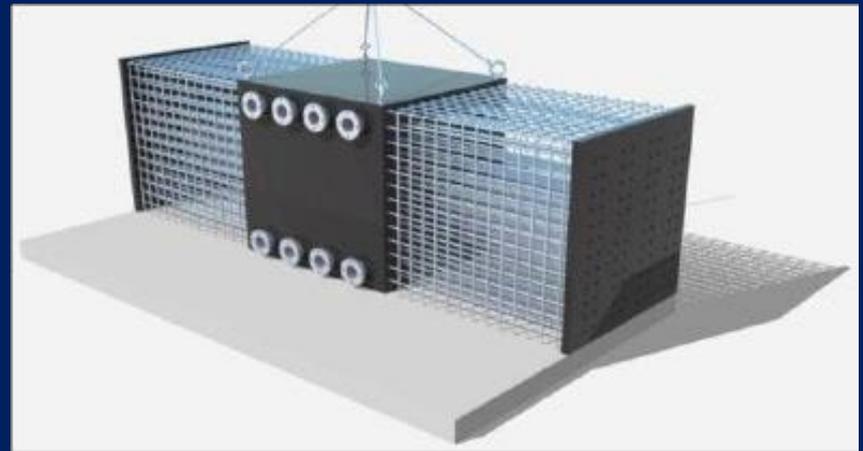
- sfasamento e smorzamento dell'onda termica
- il moto di marea favorisce la diluizione termica

VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA ARIA-LAGUNA



Tempo (anno)

# IMPIANTI A CIRCUITO CHIUSO



# IMPIANTI IDROTERMICI IN FUNZIONE



Cà Pesaro



Arsenale



Ca' corner della Regina

Palazzo Grassi

Palazzo Ducale

Fondazione Guggenheim

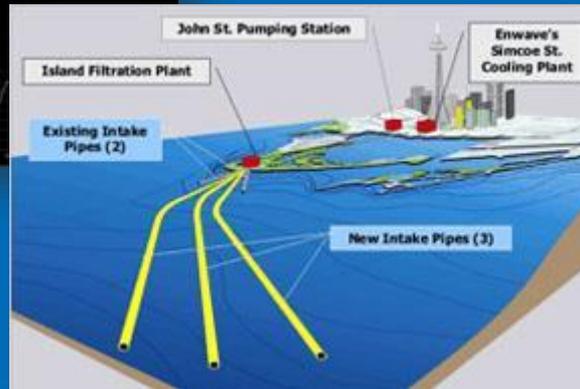
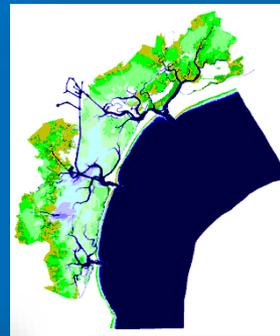


Molino Stucky



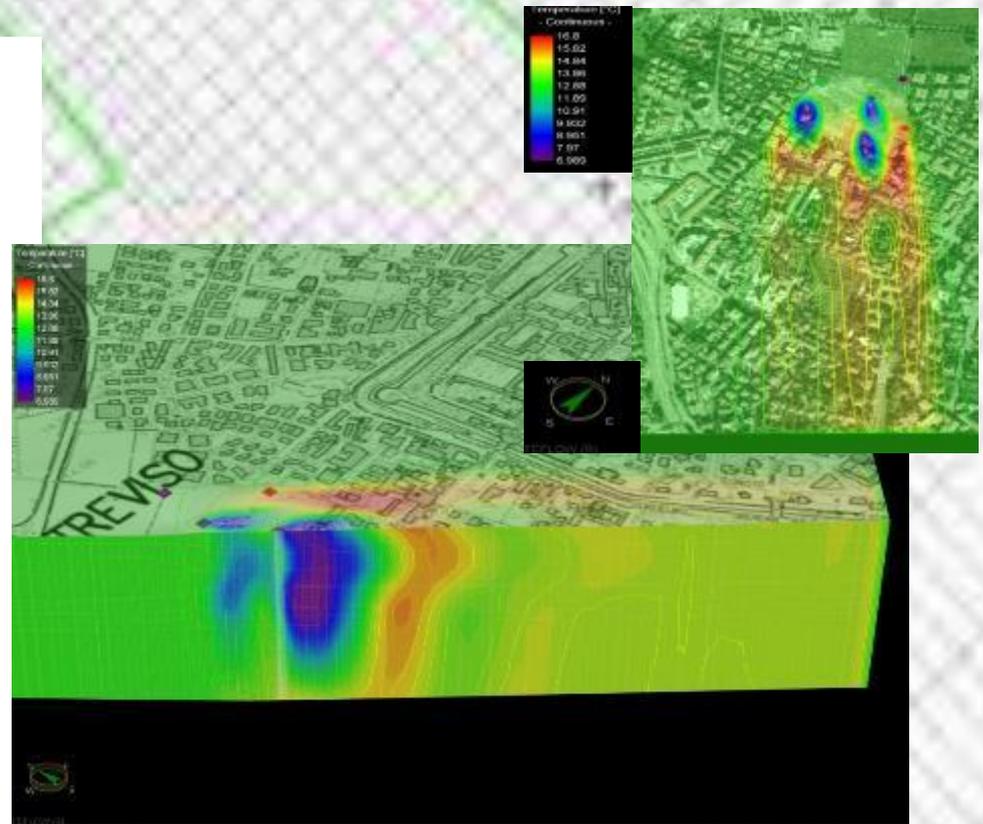
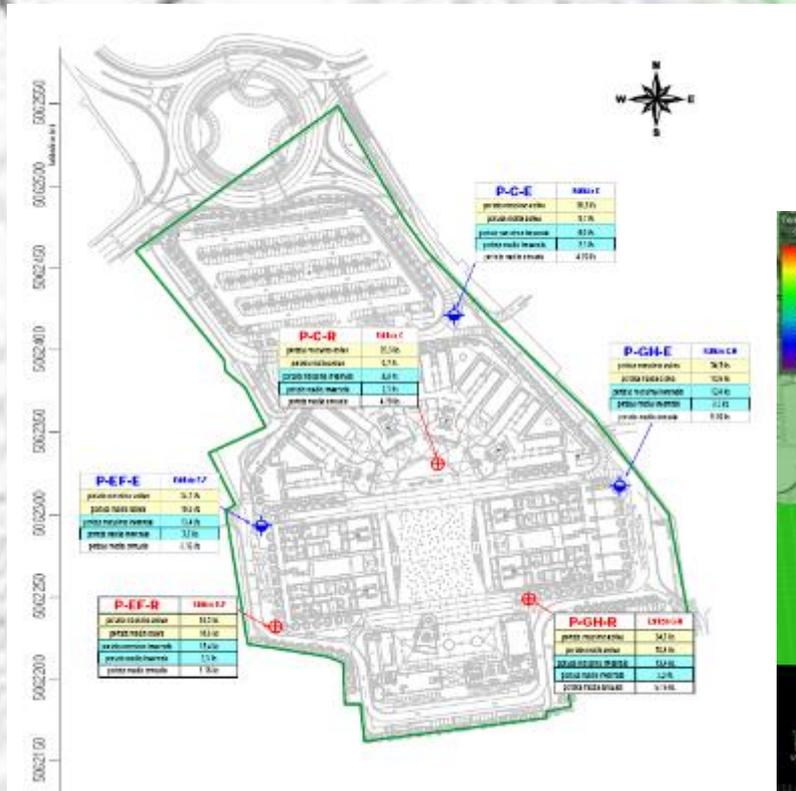
# ATTIVITA'

- a) *Analisi normativa*
- b) *Censimento impianti esistenti*
- c) *Valutazione sostenibilità dell'impatto termico nell'ambiente acquatico*
- d) *Analisi vantaggi energetici economici ed ambientali (abbattimento emissioni)*
- e) *Valutazione di possibili implementazioni /ottimizzazioni (smart grid)*
- f) *Analisi delle future potenzialità della soluzione idrotermica (edifici pubblici)*
- g) *Predisposizione di linee guida, normativa dedicata*





# Modello termico ed idrodinamico Impianto geotermico con acqua di falda Centro direzionale – commerciale APPIANI (Treviso)



# IMPIANTO DI RISCALDAMENTO DEL NUOVO COMPLESSO “PALAZZO LOMBARDIA” DELLA REGIONE LOMBARDIA CON POMPE DI CALORE A VITE AD ACQUA DI FALDA



# **IMPIANTO DI RISCALDAMENTO DEL NUOVO COMPLESSO “PALAZZO LOMBARDIA” DELLA REGIONE LOMBARDIA CON POMPE DI CALORE A VITE AD ACQUA DI FALDA**

<b>Pozzi di prelievo</b>	8
<b>Profondità pozzi</b>	50 m
<b>Portata acqua di falda</b>	8 x 40 l/s = 320 l/s
<b>Temperatura acqua di falda ingresso / uscita</b>	15 / 6 °C
<b>Scarico acqua di falda</b>	in roggia superficiale
<b>Numero pompe di calore</b>	3
<b>Tipologia pompe di calore</b>	con compressore a vite
<b>Potenza termica pompe di calore ceduta a sorgente calda</b>	3 x 2.150 kW
<b>Copertura del fabbisogno termico invernale del complesso con pompe di calore</b>	100%
<b>Funzionamento estivo delle pompe di calore come ciclo frigorifero per produzione acqua gelida</b>	

# **SISTEMI GEOTERMICI A CIRCUITO APERTO**

- ✓ **GENERALMENTE ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA, BASSO RISCHIO MINERARIO**
- ✓ **COSTI LIMITATI PER IMPIANTI DI CARATURA SIGNIFICATIVA**
- ✓ **PRESENZA (PROFONDITÀ, QUANTITÀ E QUALITÀ) **NON UBIQUITARIA****
- ✓ **POSSIBILE SOTTRAZIONE DI SOLIDO CON INTASAMENTO IN RESTITUZIONE E PROBLEMI ALLE POMPE, SUBSIDENZA;**
- ✓ **POSSIBILE CHIMISMO PROBLEMATICO PER CIRCUITO IDRAULICO E FILTRI**
- ✓ **POSSIBILE IMPATTO IDRODINAMICO CON POZZI LIMITROFI, SPECIE A FRONTE DI PRELIEVI E SCARICHI DI RILEVANTE ENTITÀ O IN NUMERO ELEVATO**
- ✓ **IN CONTESTI IDROGEOLOGICI PARTICOLARI **DIFFICOLTÀ DI RESTITUZIONE** NEL CORPO IDRICO ORIGINARIO**
- ✓ **ALTERAZIONI NELLA DINAMICA DELLE FALDE, SPECIE A FRONTE DI PRELIEVI E SCARICHI DI RILEVANTE ENTITÀ O IN NUMERO ELEVATO.**

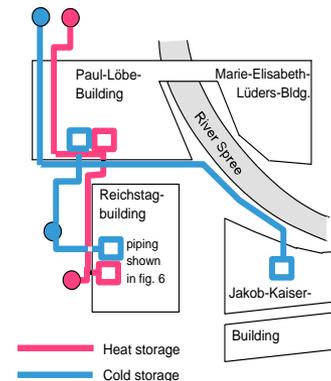
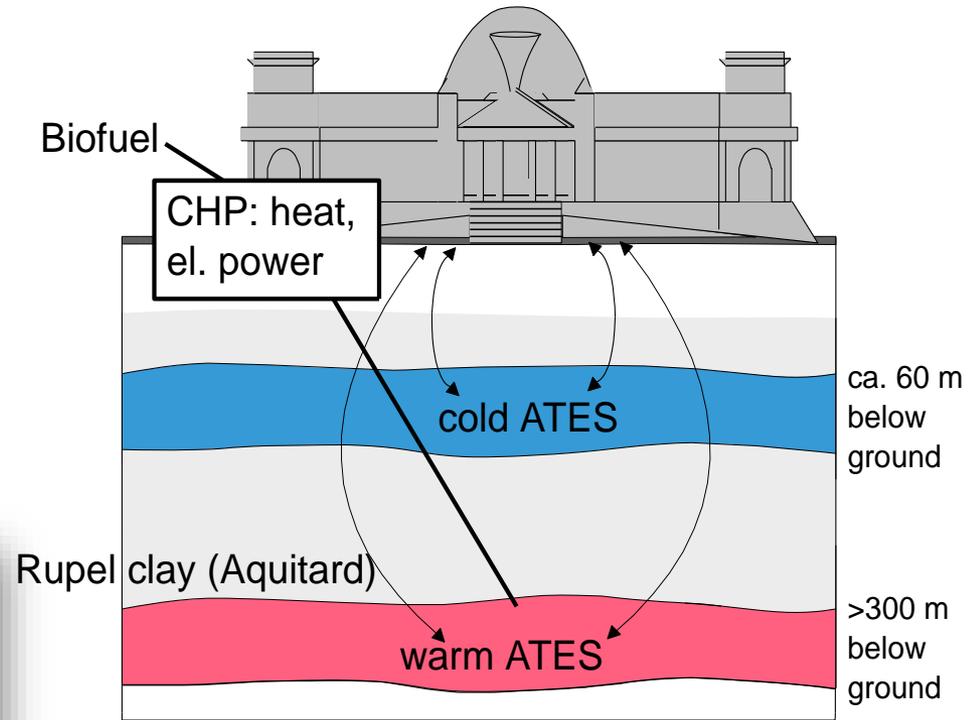
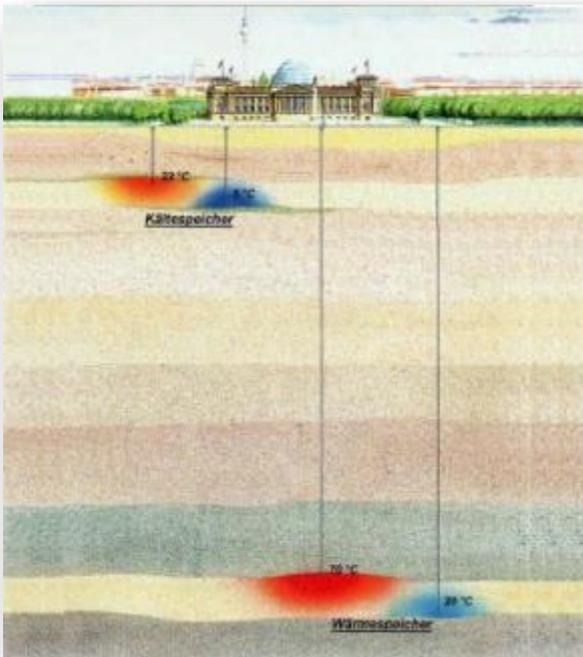
# SISTEMI DI TELERISCALDAMENTO DA 73 MWt E TELERAFFREDDAMENTO DA 23 MWf

## A SERVIZIO DEL QUARTIERE DI BOULOGNE-BILLANCOURT



# SISTEMA GEOTERMICO AD ACCUMULO TERMICO (ATES)

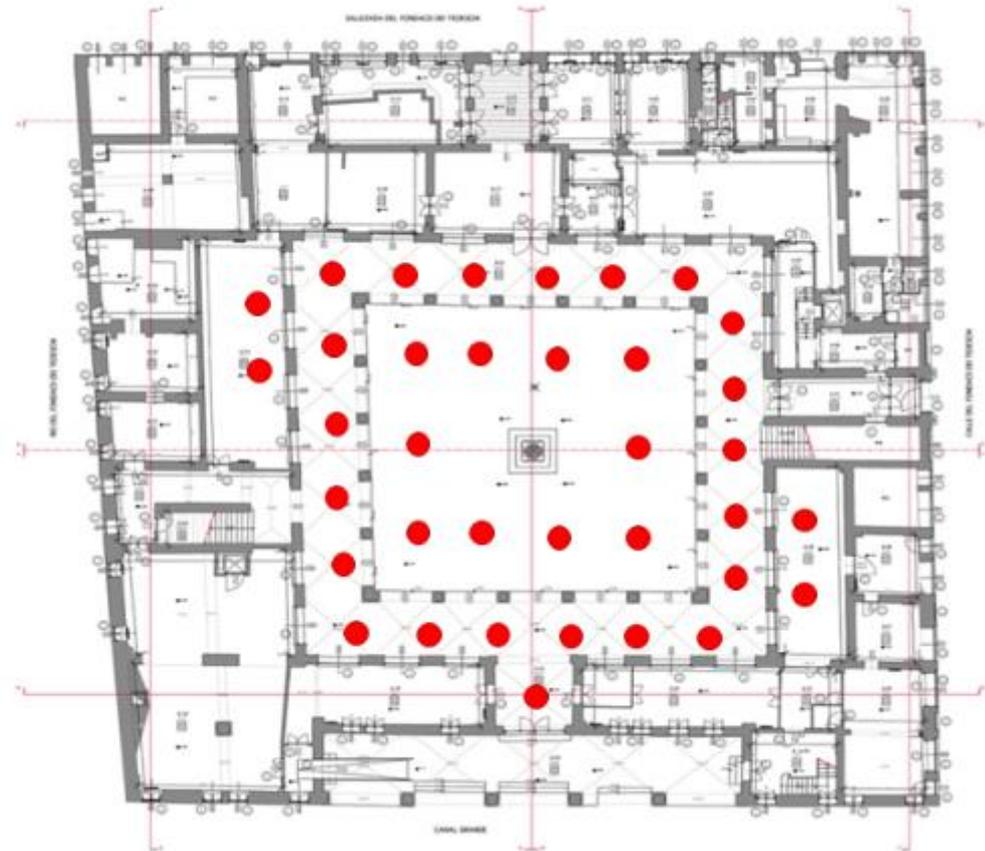
## PARLAMENTO TEDESCO - BERLINO



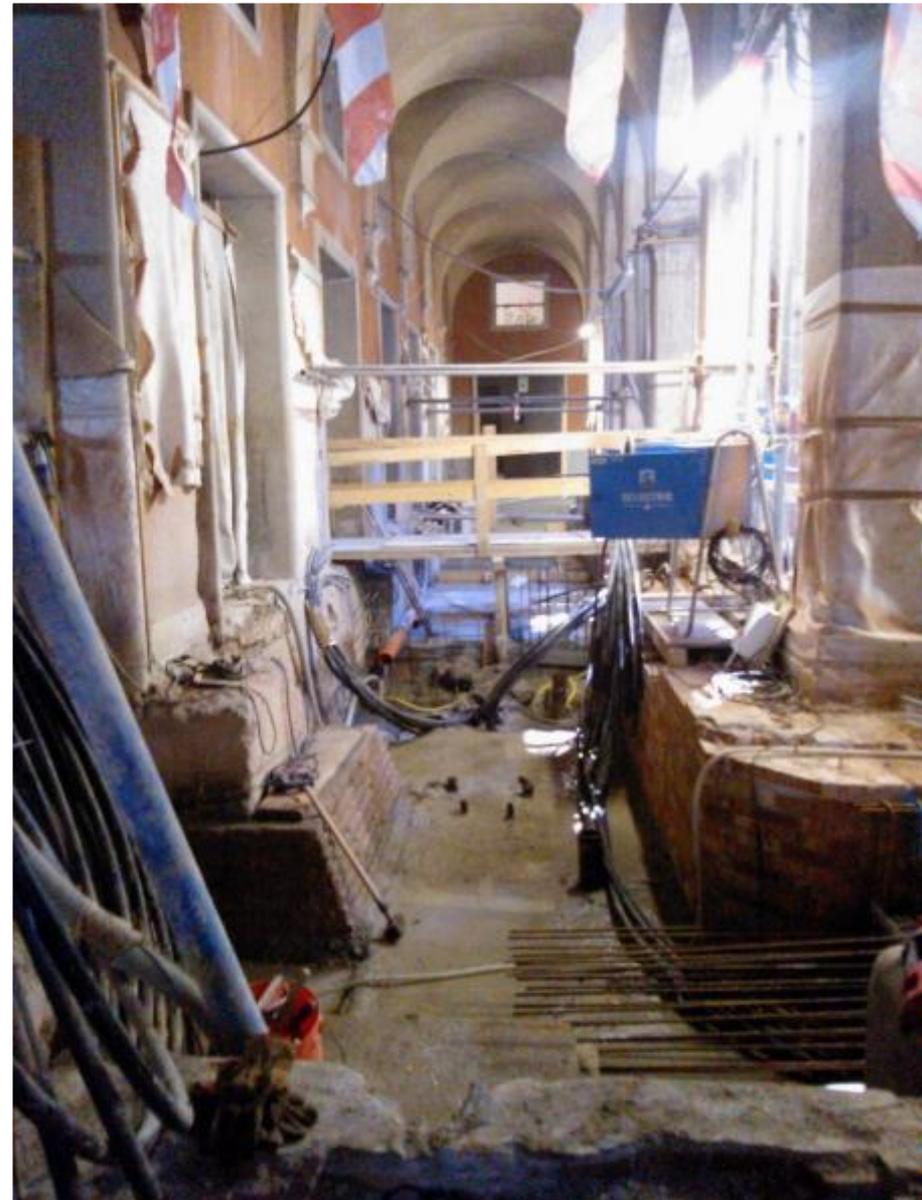
# esempio – fondaco dei tedeschi a Venezia (BHE)

potenza riscaldamento: 364,8 KW  
potenza raffreddamento: 298,2 KW

46 sonde  
doppia U  
100m



# esempio – fondaco dei tedeschi a Venezia



# esempio – fondaco dei tedeschi a Venezia

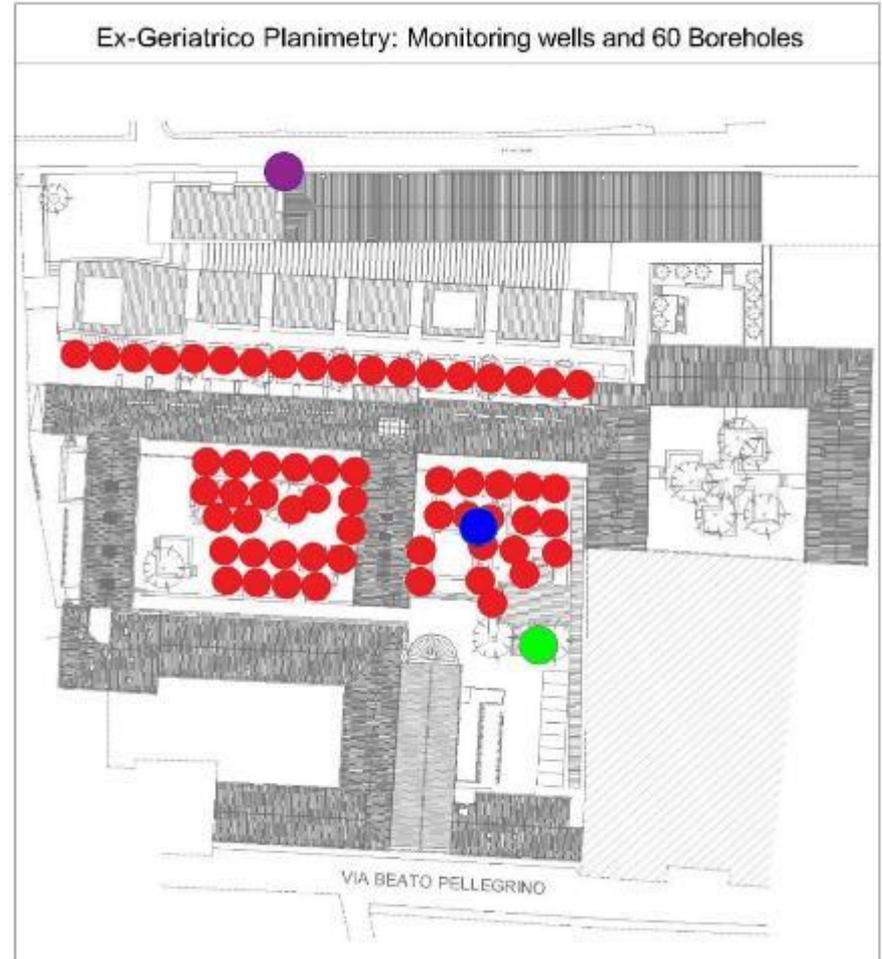
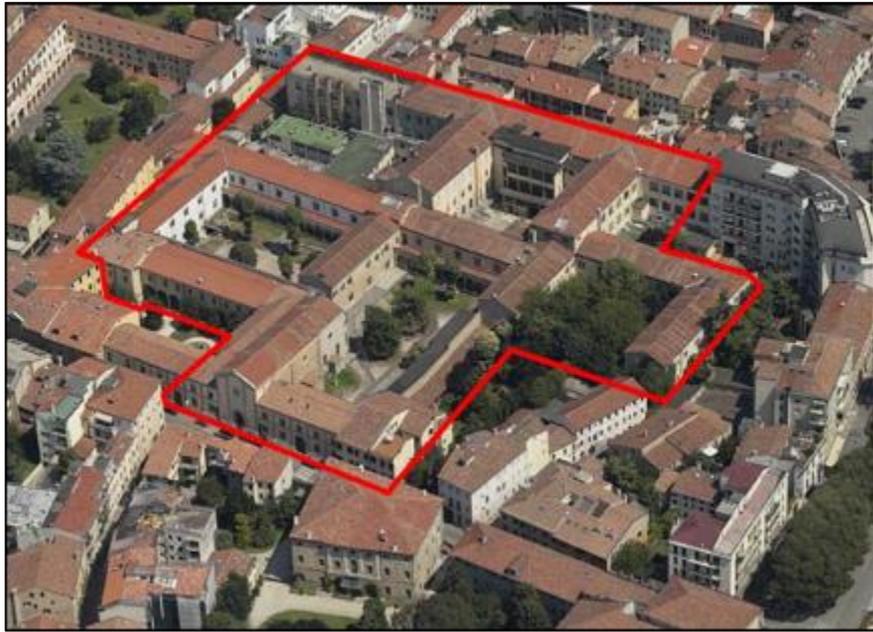


# esempio – fondaco dei tedeschi a Venezia



# esempio monitoraggio temperature sottosuolo

## Nuovo polo umanistico Università di Padova



- impianto geotermico 60 sonde 120m
- 2 PdC reversibili (192.6 / 168.4 kWt)
- impianti ausiliari
- impianto di riscaldamento/raffrescamento a pannelli radianti (60 W/m<sup>2</sup>)

# E VERTICALI



# SONDE GEOTERMICHE VERTICALI (BHE)



# Ikea store - Rimini



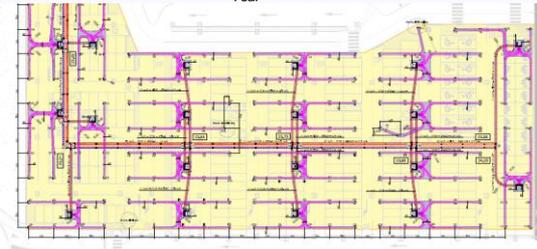
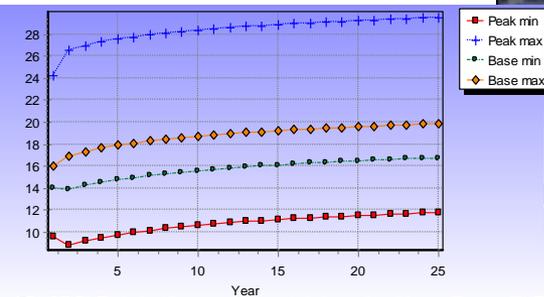
- Campo di geoscambio costituito da 183 sonde verticali di 125 m di lunghezza.



Installazione di una sonda geotermica RALXEO

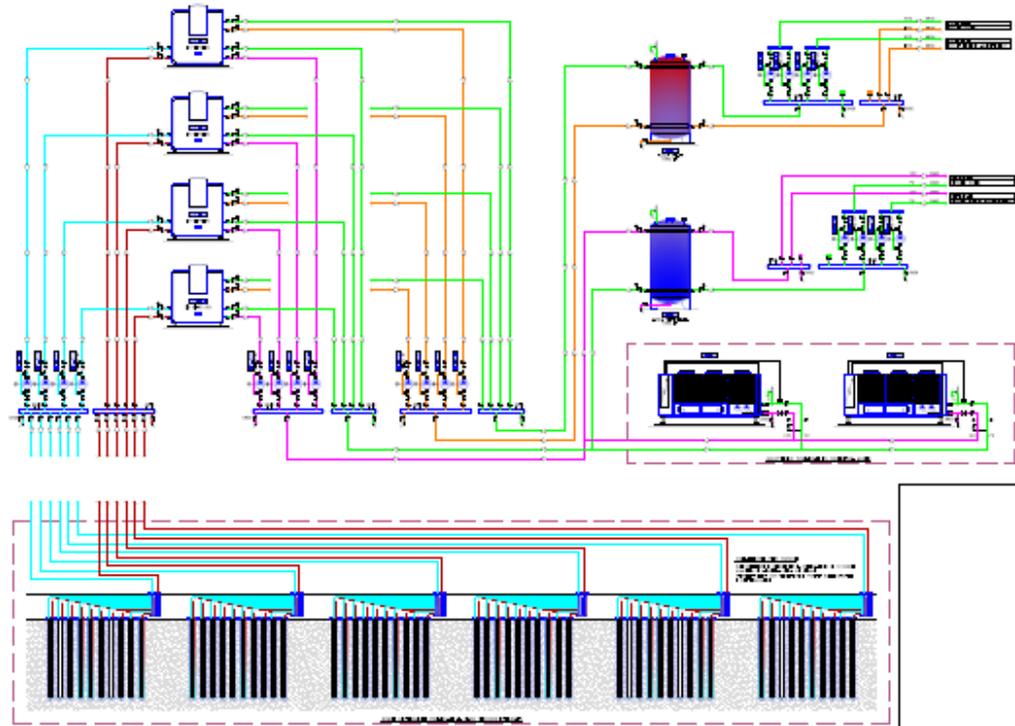


Eneren s.r.l.



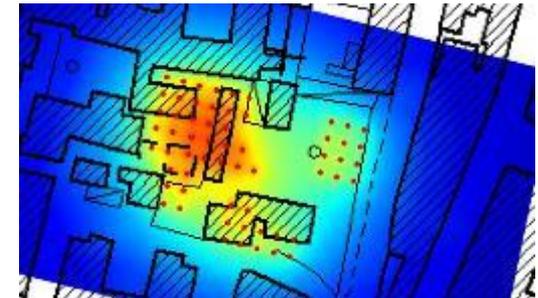
# Museo del Novecento M9 (Mestre – VE)

60 sonde verticali 100 m  
Potenza 500 kW  
Accumulo termico di massa

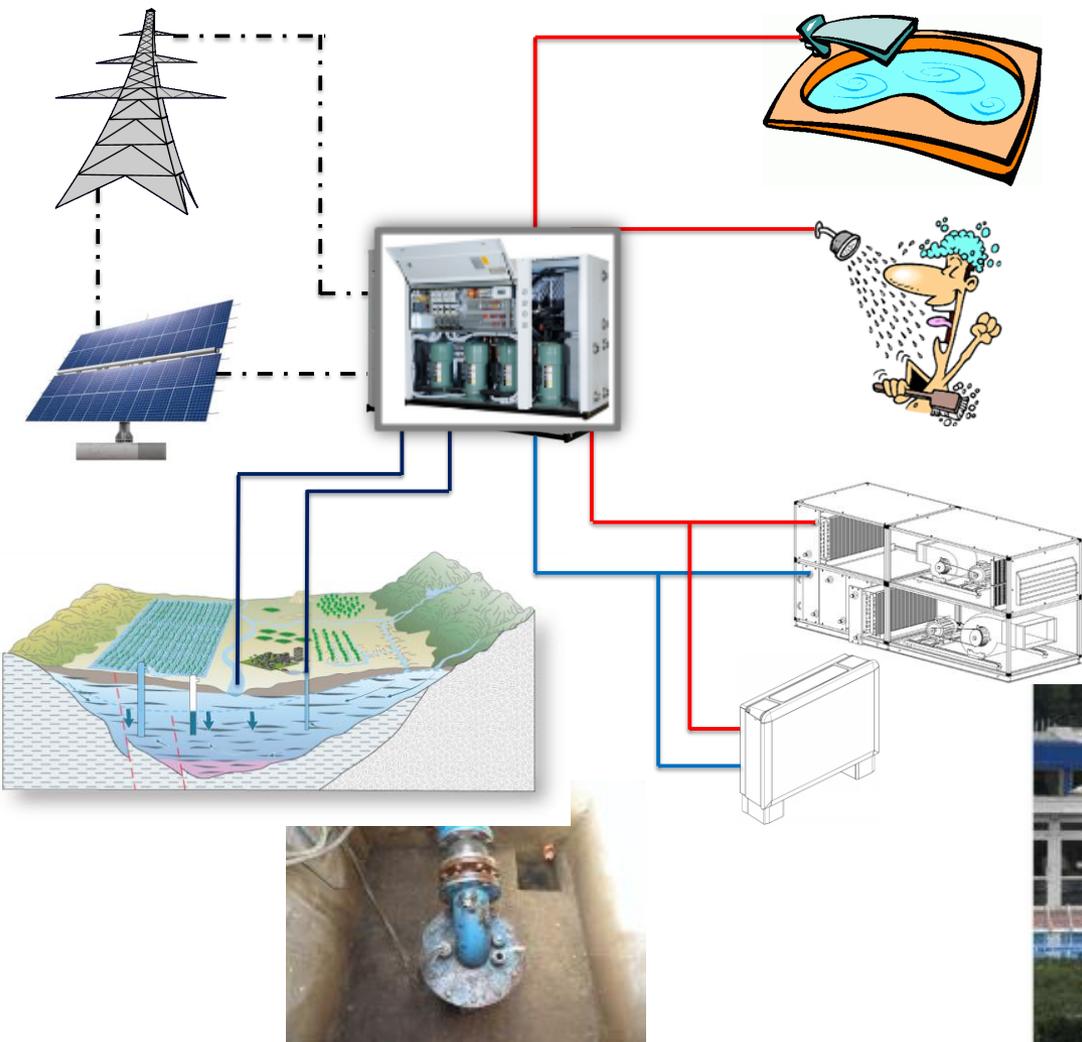


M9  
Nuovo polo culturale e Museo del  
Novecento di Venezia - Mestre

polymnia Venezia



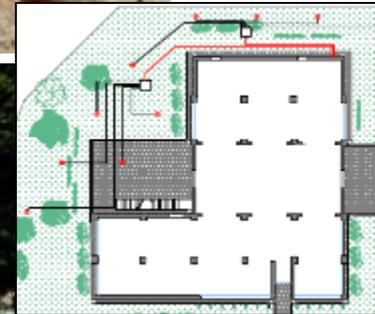
# Riqualificazione energetica impianti natatori (TV)



L'aria viene movimentata da ventilatori ad elevata efficienza che utilizzano motori elettrici sincroni a magneti permanenti e ad inverter: si tratta della stessa tecnologia, sofisticata ma efficiente, che viene impiegata nelle automobili ibride.

# Scuole ed Asili

## Es. Scuola Materna (PD) e Sala anziani-riunioni (PD)



Vantaggi:

- **Scarsa manutenzione**
- **Nessun** rischio di **scoppio o incendio** (riduzione tariffe assicurative)
- **Riscaldamento a pavimento** a bassa temperatura (alta efficienza-bassi costi esercizio-idoneità alla destinazione d'uso)
- **Nessuna emissione locale di CO<sub>2</sub>**

## Casa di Cura e Casa di Riposo (Monastier – TV)



Sistema geotermico ibrido  
96 sonde, prof. 100 m  
Potenza Impianto 1.2 MW



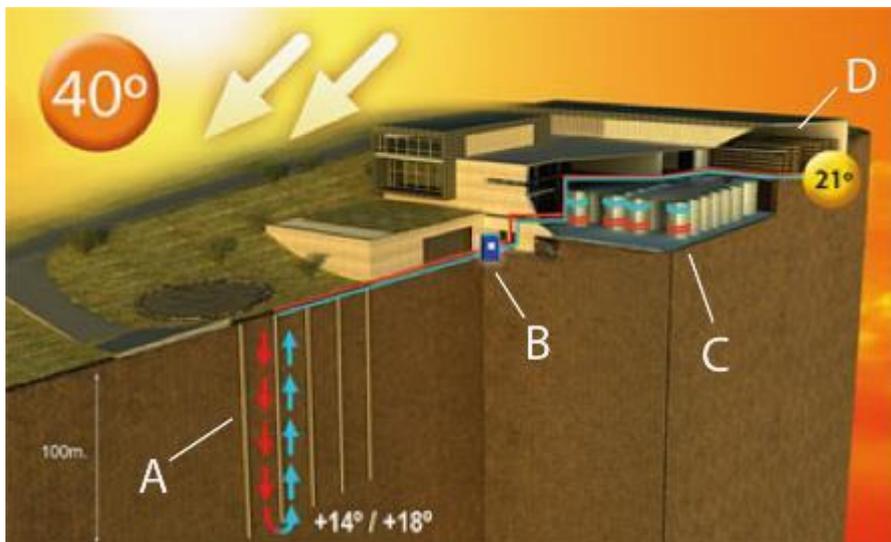
# La Cantina Regalia de Ollauri (La Rioja, Spagna)



Oltre all'azzeramento delle emissioni di CO<sub>2</sub> e al risparmio in bolletta (fino all'80%), uno dei principali vantaggi dell'utilizzo della geotermia è quello legato al ritorno di immagine.



.....la prima al mondo ad utilizzare l'energia geotermica per il processo enologico



Fonte D. Montanari, CNR IGG Progetto Vigor

# Esempio di sistema di geoscambio in edificio storico VILLA PISANI (Strà – VE)

**IL GAZZETTINO**  
 Periodico - Primavera 2014

**L'arte veneziana in mostra a Villa Pisani**  
 La pinacoteca dell'Obiettivo dialoga con le opere di giovani artisti contemporanei. Oggi l'apertore

**Silvano Bressanin**

**VILLA**

Per la pinacoteca nella sua lunga storia, il Museo di Villa Pisani ha una classifica per far un resoconto dell'evoluzione del museo, attraverso l'installazione di un sistema per il riscaldamento dell'aria. L'intervento è finalizzato alla possibile conversione di un'area di opere preziose, coperte in occasione della mostra "Obiettivo Venezia. Visione contemporanea" allestita provvisoriamente qui e che aprirà il museo questa mattina. Fin al gennaio 2015.

Anche il giardino (nella foto, con la fontana Scuderie) che è il più bello d'Italia, è stato ripulito e sempre di recente dagli 8000 piante da un sistema irriguo che è stato installato. Inoltre, i vasi sono stati ripuliti per la prima volta, dopo quasi trecento anni, dalla fessura ghiacciata che si trova sotto la monumentale edicola della fontana, ed è stato fatto il "sistema" di "sostegno" delle opere, mentre da parte del governo della Venezia, il Museo di Villa Pisani, dove una mostra di artisti contemporanei di Venezia, ed è stato fatto un grande intervento di restauro del giardino, per far sì che il giardino di Villa Pisani sia un giardino di artisti contemporanei.

Il giardino di Villa Pisani, con la fontana Scuderie, che è il più bello d'Italia, è stato ripulito e sempre di recente dagli 8000 piante da un sistema irriguo che è stato installato. Inoltre, i vasi sono stati ripuliti per la prima volta, dopo quasi trecento anni, dalla fessura ghiacciata che si trova sotto la monumentale edicola della fontana, ed è stato fatto il "sistema" di "sostegno" delle opere, mentre da parte del governo della Venezia, il Museo di Villa Pisani, dove una mostra di artisti contemporanei di Venezia, ed è stato fatto un grande intervento di restauro del giardino, per far sì che il giardino di Villa Pisani sia un giardino di artisti contemporanei.

Il giardino di Villa Pisani, con la fontana Scuderie, che è il più bello d'Italia, è stato ripulito e sempre di recente dagli 8000 piante da un sistema irriguo che è stato installato. Inoltre, i vasi sono stati ripuliti per la prima volta, dopo quasi trecento anni, dalla fessura ghiacciata che si trova sotto la monumentale edicola della fontana, ed è stato fatto il "sistema" di "sostegno" delle opere, mentre da parte del governo della Venezia, il Museo di Villa Pisani, dove una mostra di artisti contemporanei di Venezia, ed è stato fatto un grande intervento di restauro del giardino, per far sì che il giardino di Villa Pisani sia un giardino di artisti contemporanei.



Il bacino utilizzato per lo scambiatore



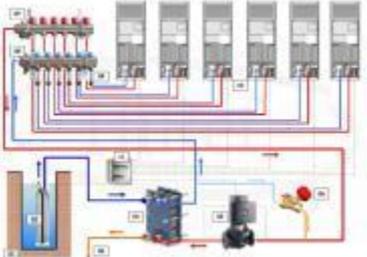
Una stanza tecnica dove sono alloggiati i componenti del sistema



I nuovi ambienti, ricavati dai locali in cantieraggio



Sopra: l'ingresso alla mostra, sotto: la sala da sala di alimentazione delle macchine.

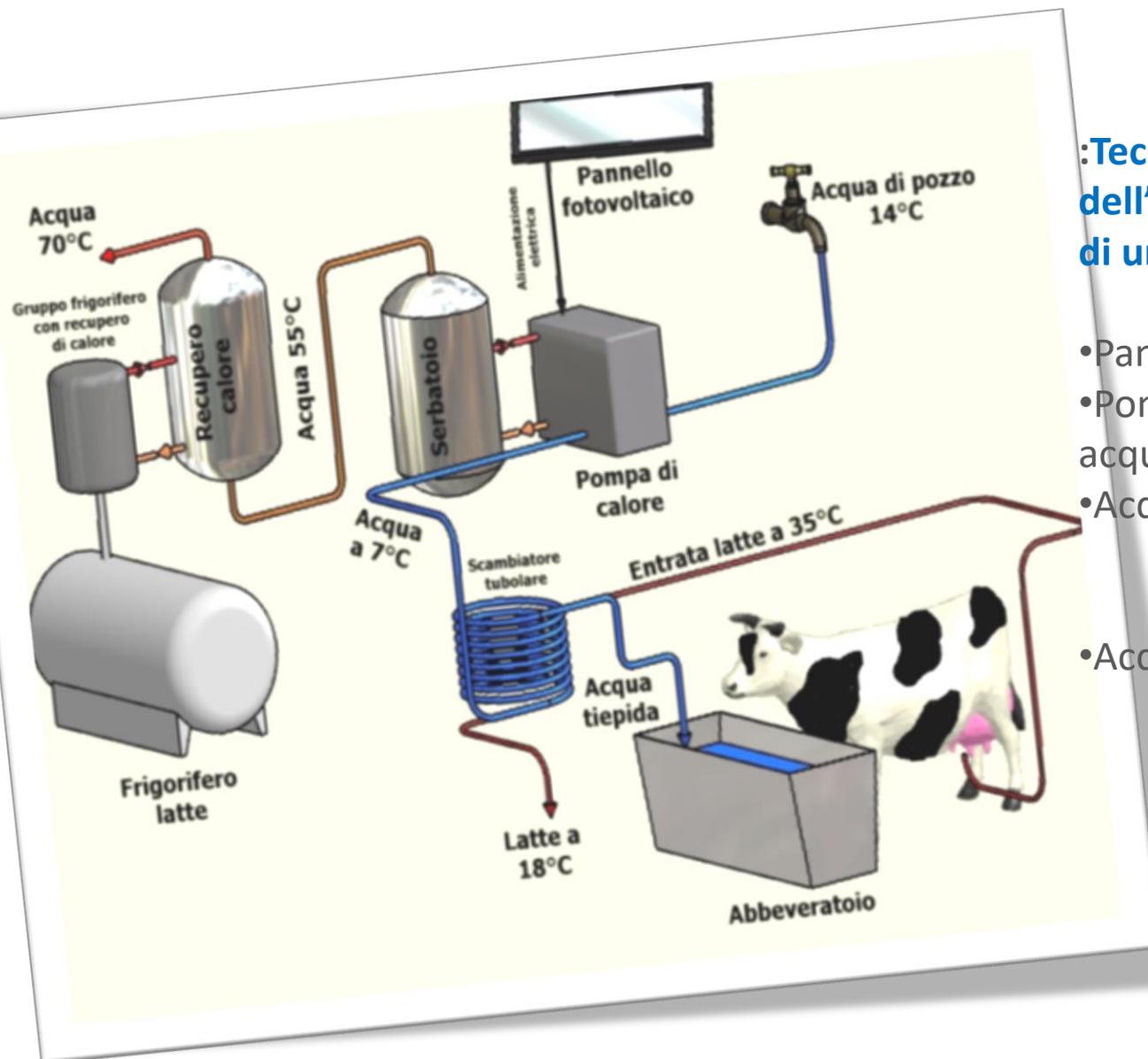


1. Bacino per lo scambiatore del calore di compensazione.
2. Semplicità semplice semplice.
3. Distribuzione separata di riscaldamento.
4. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
5. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
6. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
7. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
8. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
9. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
10. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.
11. Spazio ampio ricavato dal calore di compensazione.



# Progetto mucca pezzata

Primo premio fiera "Vegetalia Agroenergie 2010"

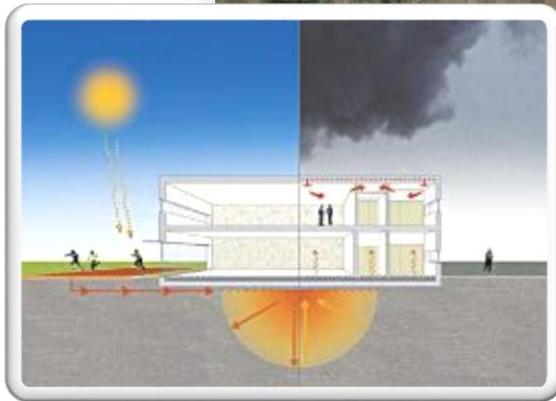


**:Tecnologia a servizio dell'ottimizzazione dei consumi di un impianto di mungitura**

- Pannelli fotovoltaici
- Pompa di calore geotermica ad acqua di falda
- Acqua calda per:
  - Utenze
  - Abbeveratoi
- Acqua fredda in recupero per:
  - raffreddamento latte

# Sistema geotermico-elioassistito per la climatizzazione della sede del Parco Nazionale del Gargano

Monte Sant'Angelo (Foggia)



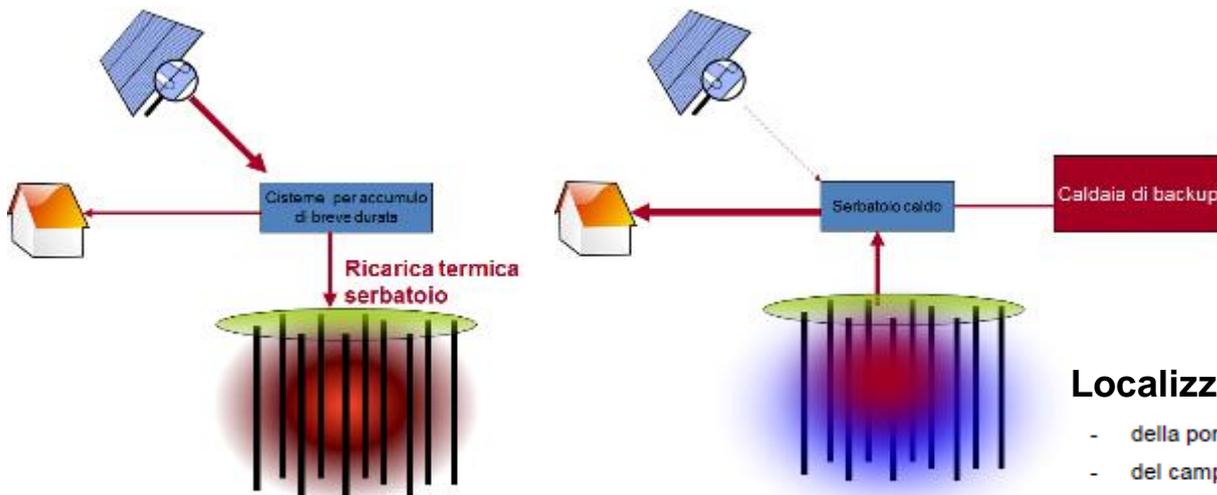
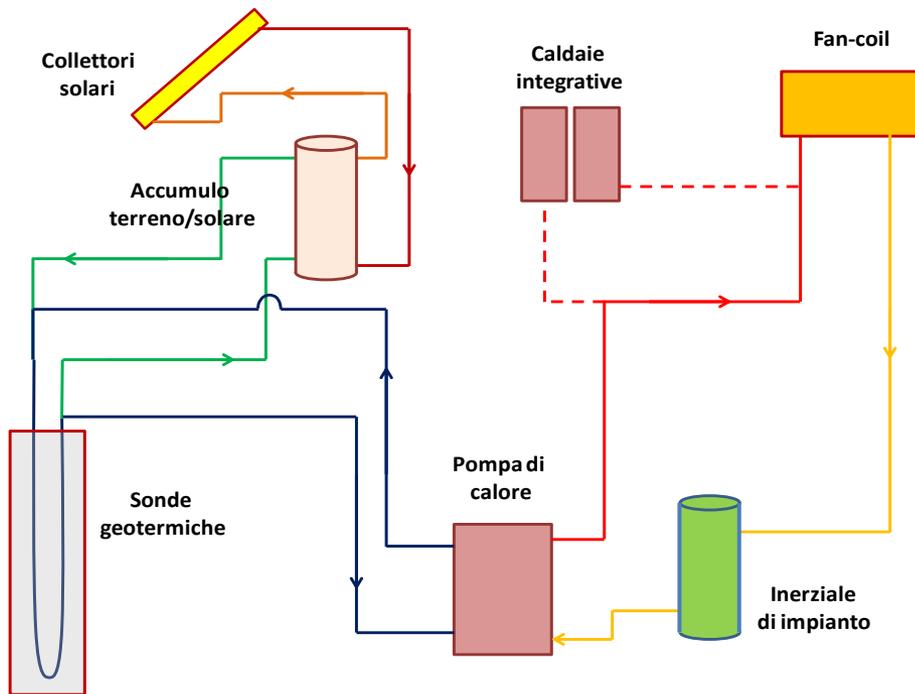
**Antonio Galgaro**  
Università di Padova  
Dipartimento di Geoscienze  
Email: [antonio.galgaro@unipd.it](mailto:antonio.galgaro@unipd.it)



**Consiglio Nazionale delle  
Ricerche**  
**Istituto Geoscienze e  
Georisorse**  
**Istituto Ricerca sulle Acque**  
Dipartimento Terra e



# STATO DI PROGETTO



## Localizzazione del sistema geotermico-solare

- della pompa di calore geotermica reversibile: potenza nominale 40 kW
- del campo di sonde geotermiche: n°9 sonde verticali di profondità 110 m
- del campo solare termico in copertura: superficie di apertura 54 mq
- della caldaia: caldaie esistenti di potenza termica complessiva 90 kW

# UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE IMPROVING EFFICIENCY THROUGH SEASONAL HEAT STORAGE



Il solare, la biomassa o il calore di scarto sono spesso insufficienti per soddisfare la domanda di calore invernale.

Una delle sei tecnologie future per soddisfare il consumo energetico mondiale: l'accumulo di energia termica nel sottosuolo (IEA/OECD-Energy Roadmap 2030)





## Caratteristiche del sistema:

- ✓ **ELEVATA CAPACITÀ DI IMMAGAZZINAMENTO** (ELEVATA DENSITÀ ENERGETICA DI STOCCAGGIO)
- ✓ **CAPACITÀ OTTIMALE DI TRASFERIMENTO TERMICO** TRA IL FLUIDO TERMOVETTORE ED IL MATERIALE DEL BACINO DI STOCCAGGIO
- ✓ **STABILITÀ MECCANICA E CHIMICA DEL MATERIALE** CHE OSPITA LO STOCCAGGIO TERMICO
- ✓ **UTILIZZO DI FLUIDI TERMOVETTORI COMPATIBILI** CON L'AMBIENTE
- ✓ **COMPLETA REVERSIBILITÀ DI CARICA-SCARICA** CON NUMERO DI CICLI ILLIMITATO
- ✓ **BASSE PERDITE TERMICHE**
- ✓ **CONTROLLO SEMPLICE**

## Analisi di idoneità geologico-ambientale:

- **TEMPERATURA MEDIA ANNUA ARIA E GRADI GIORNO**
- **RADIAZIONE SOLARE MENSILE E ANNUA**
- **DISTRIBUZIONE DELLE ROCCE E DEI SEDIMENTI**
- **CONDUTTIVITA' TERMICA DELLE ROCCE**
- **CAPACITA' TERMICA DELLE ROCCE**
- **PRESENZA FALDA ACQUIFERA E CARATTERISTICHE DI MOBILITA'**

## Processo di valutazione energetico-economica:

- **INDIVIDUAZIONE DEGLI EDIFICI DESTINATARI**
- **IDONEITÀ O INTERVENTI DI ADEGUAMENTO**
- **VALUTAZIONE DEI FABBISOGNI ENERGETICI**
- **MODELLAZIONE TRANSYS-FEFLOW DELLA CAPACITÀ DI STOCCAGGIO ED UTILIZZO**
- **VALUTAZIONE COSTI-BENEFICI - PAYBACK DI INTERVENTO**

# SCONGELAMENTO SUPERFICI STRADALI

## SYSTEM COMPONENTS

### HEAT GENERATION OPTIONS – SOLAR ABSORBERS ON INFRASTRUCTURE PROJECTS

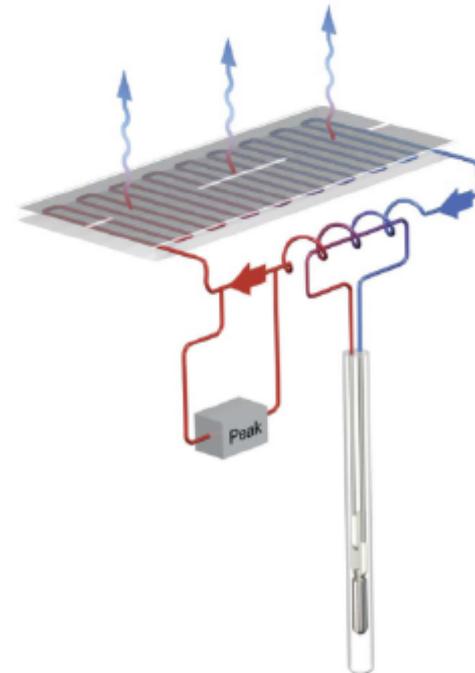
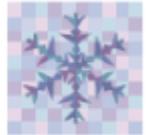
In **summer**, the traffic area acts as a solar thermal collector and the heat can be stored in the ground via PEXa probes.

In **winter**, heat is extracted from the ground via probes and transferred to the road surface



- Cools road surface
- Extends surface lifespan

free from ice or free from snow  
50 Btu/hr/ft² or up to 95 Btu/hr/ft²



# SCONGELAMENTO SUPERFICI STRADALI

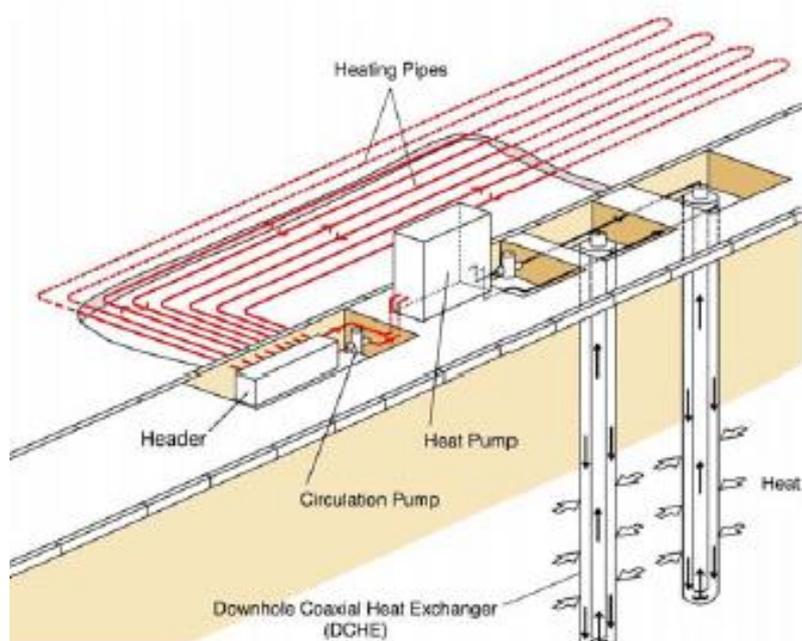


Fig. 1 Conceptual drawing of the Gaia Snow-Melting System.

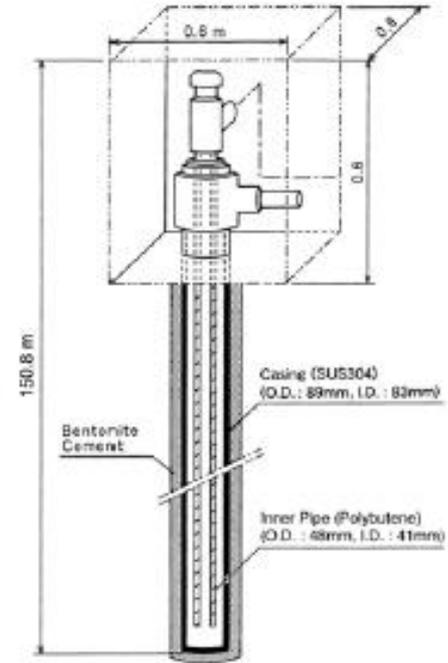


Fig. 2 Structure of the DCHE.



Fig. 3 Snow-melting condition at the upper section of the road on Feb. 13, 1996.



Fig. 4 Snow-melting condition at the lower section of the road on Feb. 13, 1996.

# ACCUMULO ENERGIA SOLARE

## CASE STUDIES

### SOLAR ABSORBER – SUFFOLK, UK

#### System description

- Sixth Form College – new construction
- 215,000 ft<sup>2</sup> usable area for 2,200 students

#### Heat sources:

- 16,800 ft<sup>2</sup> bus stop used as a **solar absorber**

#### Heat storage:

- 18 x 330 ft probes as **underground geothermal energy storage**



# COLLETTORI SOLARI

## CASE STUDIES

### SOLAR COLLECTORS – CRAILSHEIM, GERMANY

#### System description

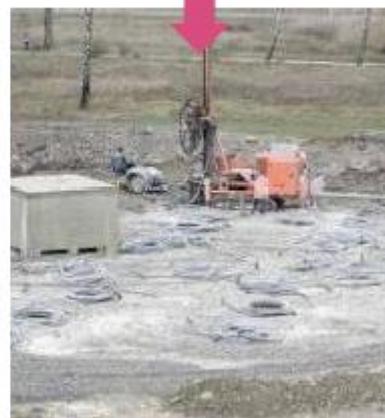
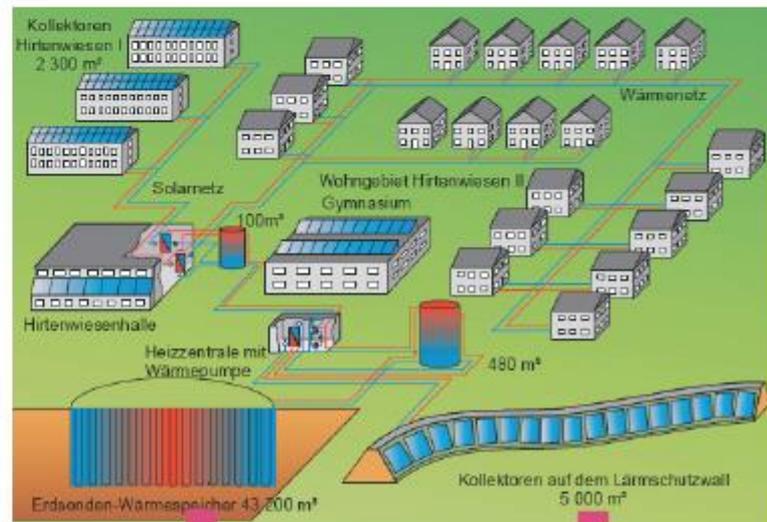
- 260 houses, 1 school, and 1 sports hall
- 4,100 MWh/yr (14 billion Btu/yr) with network
- temperatures flow/return 150/95°F

#### Heat sources:

- 79,000 ft<sup>2</sup> solar collectors with 5.1MW (17.4 million Btu/hr) peak output
- 750 kW heat pump (2.6 million Btu/hr)
- Supplementary heating through district heating network

#### Heat storage:

- 3,500 ft<sup>3</sup> high temperature peak load storage (hot water)
- 17,000 ft<sup>3</sup> buffer storage (hot water)
- 1.5 million ft<sup>3</sup> borehole thermal energy storage (80 PEXa probes)



# COLLETTORI SOLARI

## CASE STUDIES

### SOLAR COLLECTORS – BRAIDSTRUP, DENMARK

#### System description

- 6MW system (3,800 MWh/yr) for 1400 homes (20.5 million Btu/hr, 13 billion Btu/yr)

#### Heat sources:

- 183,000 ft<sup>2</sup> solar collectors (~3 football fields)

#### Heat storage:

- 48 PEXa probes at 150 ft deep and 250,000 ft<sup>3</sup> buffer tank



# COLLETTORI SOLARI

## CASE STUDIES

### SOLAR COLLECTORS – OKOTOKS, CANADA

#### System description

- 52 house community “Drakes Landing”

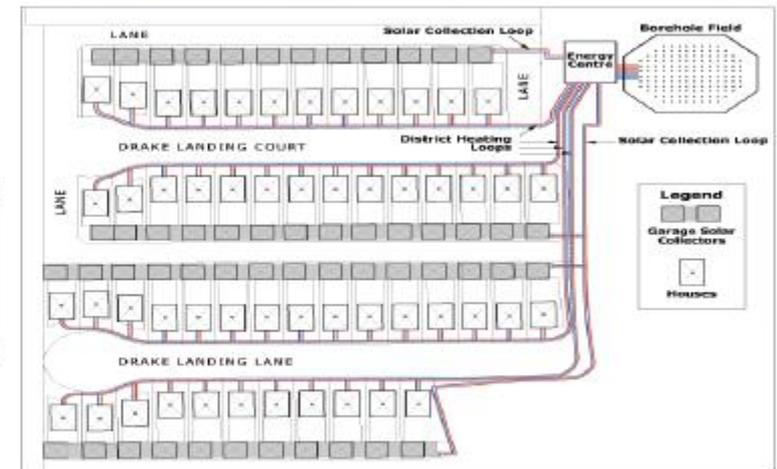
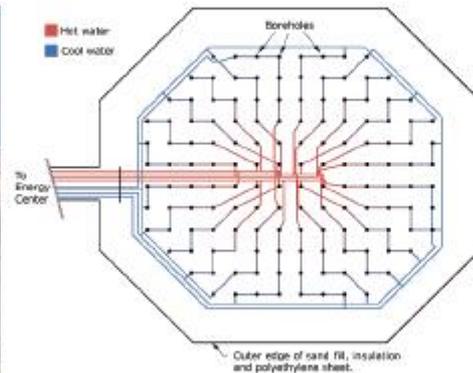
#### Heat sources:

- 800 solar thermal collectors (ca. 25,000 ft<sup>2</sup> area)

#### Heat storage:

- Borehole thermal energy storage of 144 PEXa probes at 115 ft depth

- Max. design temperature of borehole field: 175°F



# COLLETTORI SOLARI

## CASE STUDIES

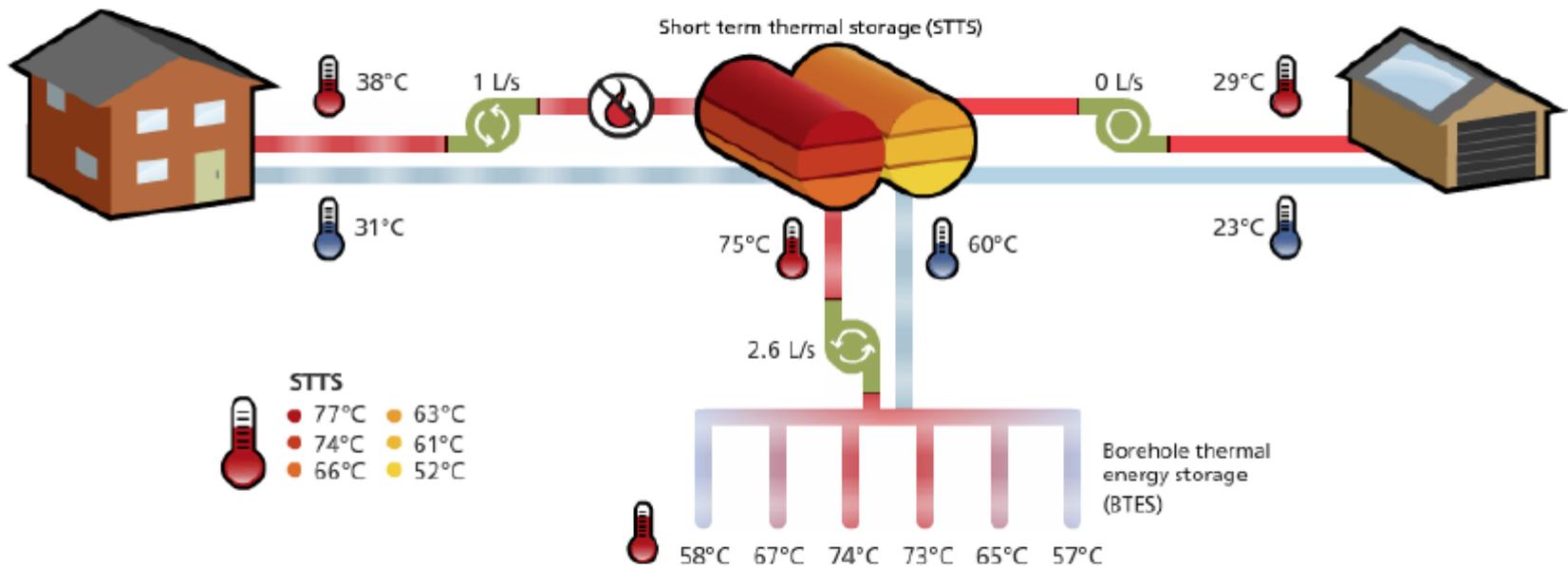
SOLAR COLLECTORS – OKOTOKS, CANADA

LIVE DATA AT [WWW.DLSC.CA](http://WWW.DLSC.CA)

Current Conditions

September 28, 2011

6:50



Outdoor Temperature  
6°C



Incident Solar  
0 W/m<sup>2</sup>



Solar Energy Collected  
0 kW



Solar Fraction  
100%



Space Heating Load  
22 kW

# Sistema di accumulo in serbatoio isolato

Munich: Realization of tank thermal energy storage



# Sistema di accumulo termico in un'area di scavo con ghiaia satura

Gravel-water pit in Steinfurt, 1 500 m<sup>3</sup>, 1999



Pfiel and Koch (2000, Pfiel, M. and Koch, H. (2000, *Solar Energy* 69:461-467,



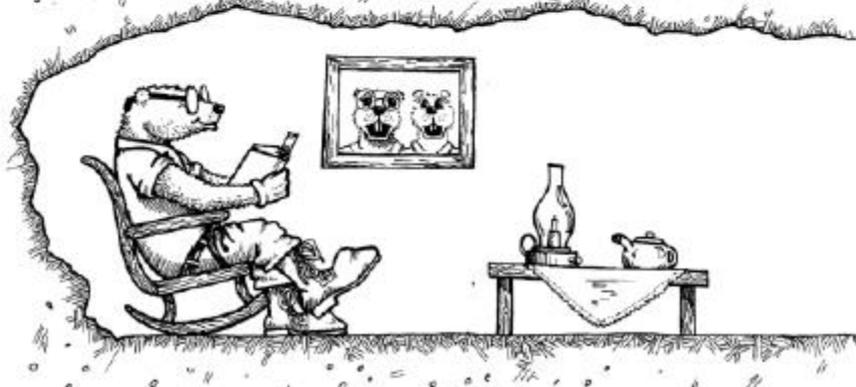
Lungo la strada.....

## MOTIVAZIONI PER UN PREVEDIBILE SVILUPPO DI SISTEMI DI TELERISCALDAMENTO GEOTERMICI

- **AMPIA DISPONIBILITÀ SUL TERRITORIO NAZIONALE** DI SITUAZIONI GEOLOGICHE FAVOREVOLI
- TENDENZA A UN CONSISTENTE SVILUPPO DEL TELERISCALDAMENTO PER LA NECESSITÀ DI **FIDELIZZAZIONE DEL CLIENTE FINALE**
- DISPONIBILITÀ DI **POMPE DI CALORE** CHE POSSONO EROGARE ACQUA CALDA ALLA TEMPERATURA DI 90° C
- TREND DI CRESCITA DEL **PREZZO DELL'ENERGIA ELETTRICA** INFERIORE A QUELLO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI
- **CONTRIBUTO A FONDO PERDUTO** (CREDITO D'IMPOSTA) PER SISTEMI DI TELERISCALDAMENTO GEOTERMICI PARI A 0,0258 EURO/kWh<sub>t</sub> IN CONTO ESERCIZIO E 20,66 EURO/kWh<sub>t</sub> IN CONTO CAPITALE (SOLO PER ZONE CLIMATICHE E ED F)



**In estate ed in inverno, nel sottosuolo la temperatura costante consente di mantenere temperature confortevoli**



**Non è necessario vivere nel sottosuolo,  
ma scambiare calore con la superficie!!!!**