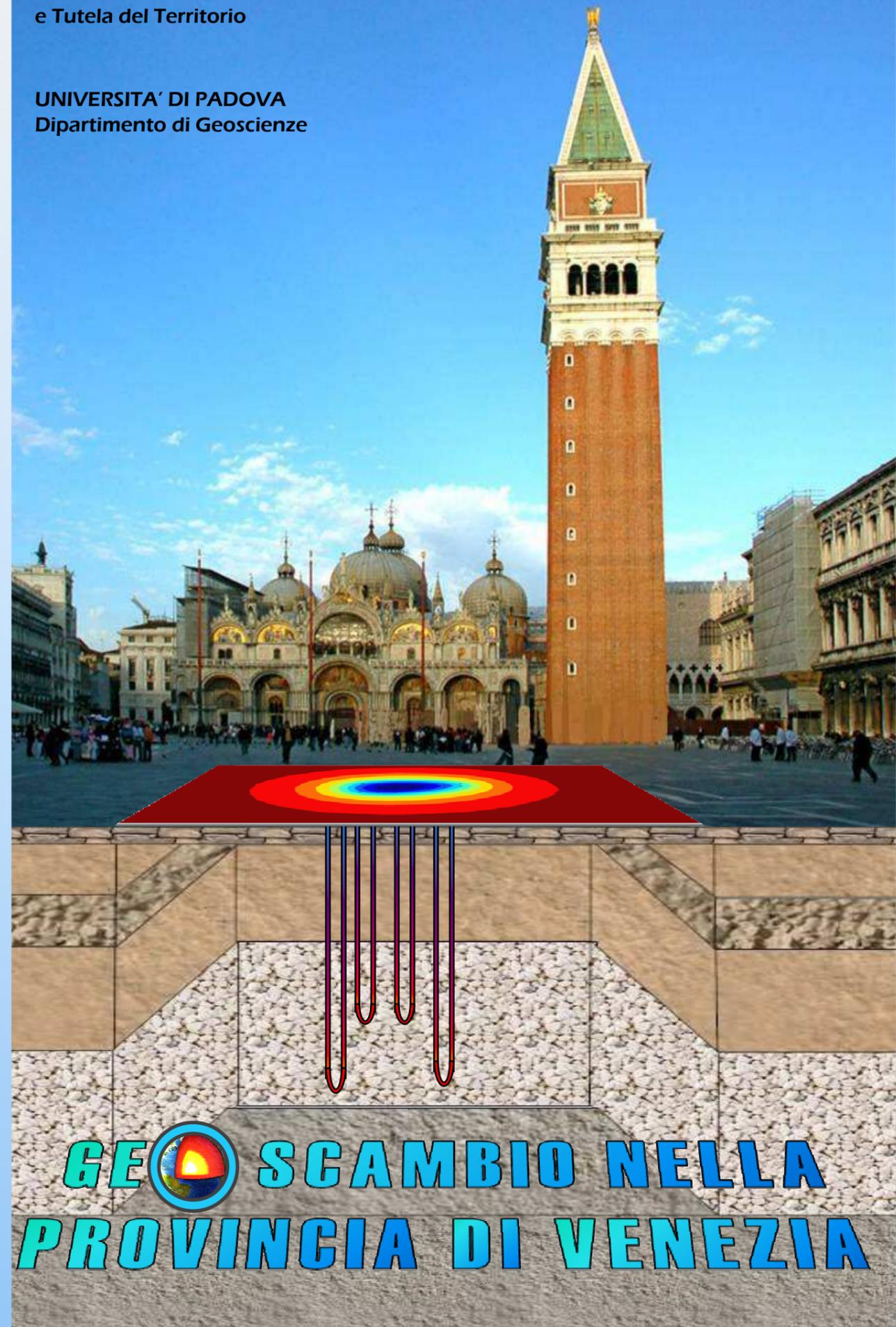




PROVINCIA DI VENEZIA
Servizio Difesa del Suolo
e Tutela del Territorio



UNIVERSITA' DI PADOVA
Dipartimento di Geoscienze



Responsabile scientifico del progetto:

Galgaro Antonio

Realizzazioni cartografiche:

Destro Elisa

Responsabile tecnico:

Bassan Valentina

Provincia di Venezia
Servizio Geologico e Difesa del Suolo

Centro Servizi
Via Forte Marghera 191
30173 Venezia - Mestre

web site: <http://difesasuolo.provincia.venezia.it>

Università Di Padova Dipartimento di Geoscienze

Via Gradenigo 1
35137 Padova

web site: www.geoscienze.unipd.it



**GE SCAMBIO NELLA
PROVINCIA DI VENEZIA**

L'energia geotermica a bassa entalpia

Dal 16 febbraio 2005 il Protocollo di Kyoto impone ad ogni nazione firmataria di decrementare le proprie emissioni legate all'uso di combustibili fossili nel periodo 2008-2012, il che si traduce in una riduzione globale di gas serra pari al 5,2% rispetto ai livelli del 1990. Secondo l'accordo per la condivisione degli oneri tra gli stati europei membri (il Burden-sharing Agreement del 16 giugno 1998) all'Italia spetta il compito di riduzione del 6,5% rispetto all'anno 1990 e tuttavia nel periodo 1990-2002 le emissioni sono aumentate del 9%, portando, al 2002, ad una "distanza" pari al 15,5% dagli obiettivi di Kyoto.

Per adeguarsi a tali norme di salvaguardia ambientale appare quindi fondamentale contenere il più possibile le emissioni in atmosfera. Quest'ultimo obiettivo può essere avvicinato sia con politiche di risparmio energetico ma soprattutto con il miglioramento delle efficienze energetiche e l'adozione di fonti rinnovabili.

Un contributo importante può essere dato con l'adozione di sistemi di climatizzazione ad elevata efficienza e a forte vocazione rinnovabile, quali i sistemi geotermici a pompa di calore.

È indispensabile introdurre una prima precisazione sul significato di geotermia, che può indicare lo sfruttamento di un flusso termico derivante da fenomeni di carattere geologico o vulcanologico (sorgenti termali, soffioni...), utilizzabile per sola differenza di temperatura, oppure lo scambio di un flusso termico con il sottosuolo, inteso come 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. Il primo tipo di geotermia concerne principalmente la produzione di energia elettrica o le acque termali, mentre il secondo tipo riguarda la possibilità di climatizzare un edificio, sia in regime di riscaldamento che di raffreddamento.

Gli impianti geotermici per la climatizzazione si distinguono poi sulla base della modalità con cui avviene lo scambio termico con il sottosuolo:

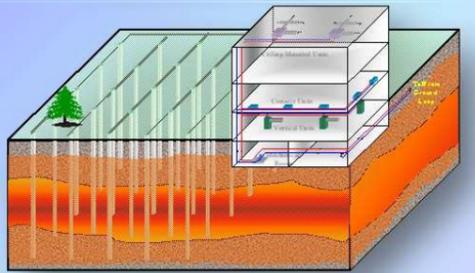
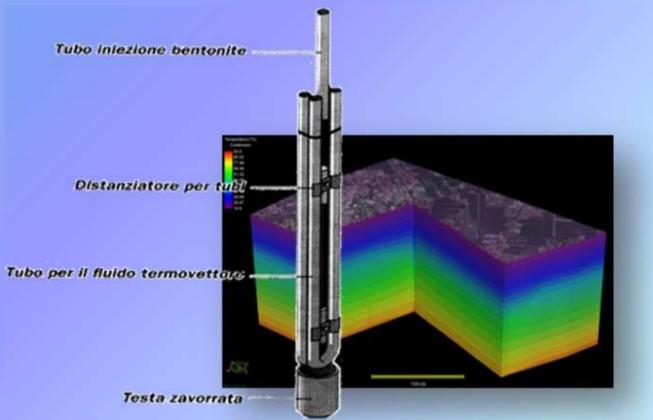
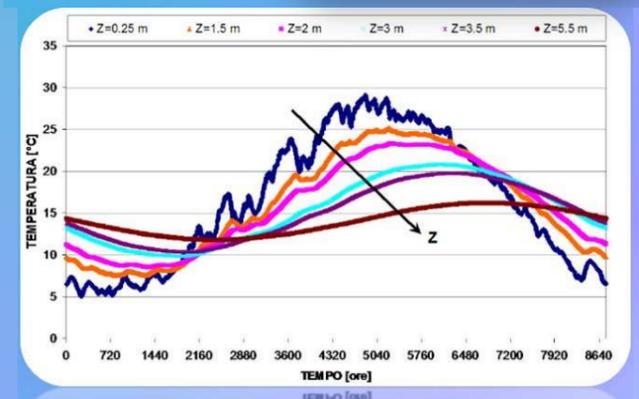
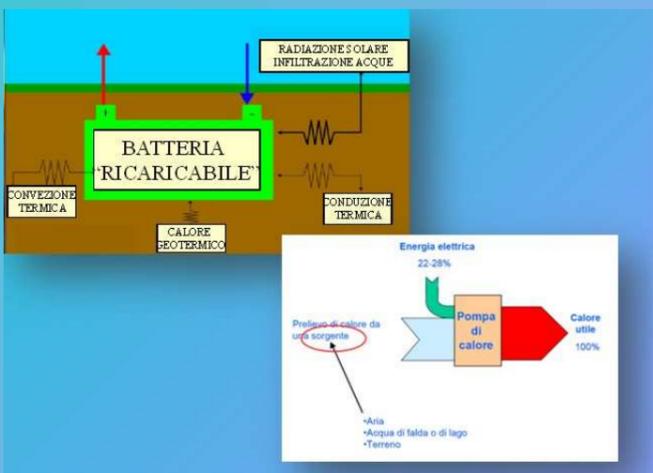
- 1- impianti accoppiati con il terreno attraverso un sistema di tubazioni a circuito chiuso al cui interno scorre il fluido termovettore;
 - 2- impianti che utilizzano l'acqua di falda come fluido termovettore, con o senza reimmissione nella falda stessa dopo l'uso;
 - 3- impianti che sfruttano l'acqua dei laghi e dei bacini come sorgente termica attraverso un circuito che può essere sia aperto che chiuso.
- I casi 2 e 3 richiedono una situazione idrogeologica particolare, legata al contesto specifico locale, e generalmente comportano maggiori vincoli legislativi dedicati alla protezione delle acque sotterranee.

Prendendo invece in considerazione la prima tipologia si osserva come, grazie alla sua elevata inerzia termica, già a moderata profondità il terreno risenta solo marginalmente delle fluttuazioni termiche giornaliere e stagionali, al punto che la sua temperatura si può considerare pressoché costante per tutto l'anno; l'ampiezza dell'escursione termica giornaliera si riduce ad un decimo a poche decine di cm di profondità, mentre quella dell'escursione termica stagionale si riduce dello stesso fattore a circa 6 m di profondità.

In termini più elementari si può osservare come, a partire da una certa profondità, il terreno risulta più caldo dell'aria esterna in inverno e più freddo durante i mesi estivi; dunque si rivela conveniente sfruttare questa circostanza, facendo in modo di fare confluire il caldo o il freddo all'interno dell'edificio, secondo le esigenze. Il livello termico a cui si trova il sottosuolo non è però sufficiente a garantire delle temperature adeguate al soddisfacimento del fabbisogno termico lato utenza, per cui è necessario un "aiuto": si può quindi semplicemente affermare che la funzione della pompa di calore geotermica è quella di "pompare" il caldo o il freddo dal sottosuolo all'abitazione, fornendo però un'integrazione al livello termico. Cioè la pompa di calore è un dispositivo che consente di innalzare il livello dell'energia termica prelevata da una sorgente la cui temperatura non ne consente un'utilizzo vantaggioso. È pertanto interessante considerare l'impianto geotermico sotto l'aspetto della sua particolare convenienza: si tratta infatti di un sistema semplice, ma efficace, in quanto sfrutta una risorsa ampiamente disponibile, ma altrimenti inutilizzata.

Operando in queste condizioni, la pompa di calore non risente delle oscillazioni termiche giornaliere, in quanto le variazioni di temperatura nel terreno sono attenuate e sfasate. Questo sfasamento, che dipende dalla profondità e dal tipo di terreno, può risultare anche dell'ordine di qualche mese, e la temperatura più bassa può aver luogo addirittura alla fine del periodo di riscaldamento.

L'accoppiamento della pompa di calore al terreno visto come sorgente termica esterna può essere realizzato mediante sonde geotermiche, ovvero tubazioni inserite nel terreno e percorse da un fluido termovettore (solitamente acqua) che non sono altro che un particolare tipo di scambiatore di calore.



La conducibilità termica è l'attitudine di una sostanza a trasmettere calore.

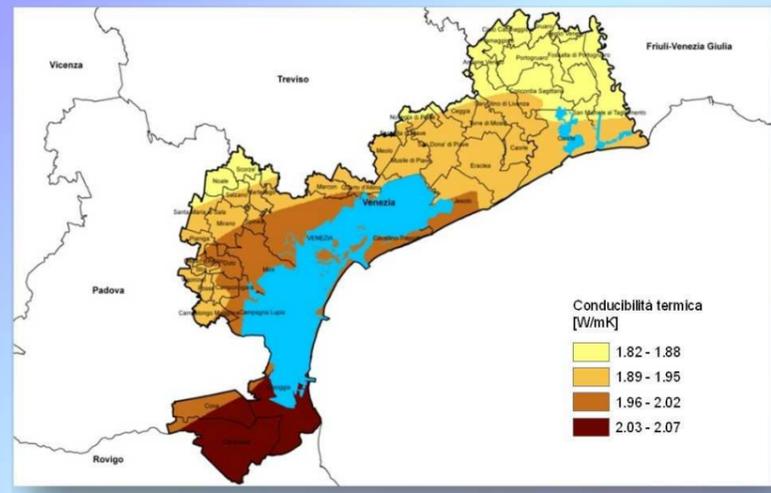
La valutazione di tale parametro consente di riconoscere l'attitudine del terreno a scambiare calore e costituisce un parametro progettuale fondamentale per il corretto dimensionamento degli scambiatori a terreno.

La conducibilità termica dei terreni è influenzata dalle condizioni geologiche e dal loro grado di umidità, ovvero dalla presenza dell'acqua nei pori che provvede a conferire continuità fisica al mezzo e migliora le generali proprietà termiche.

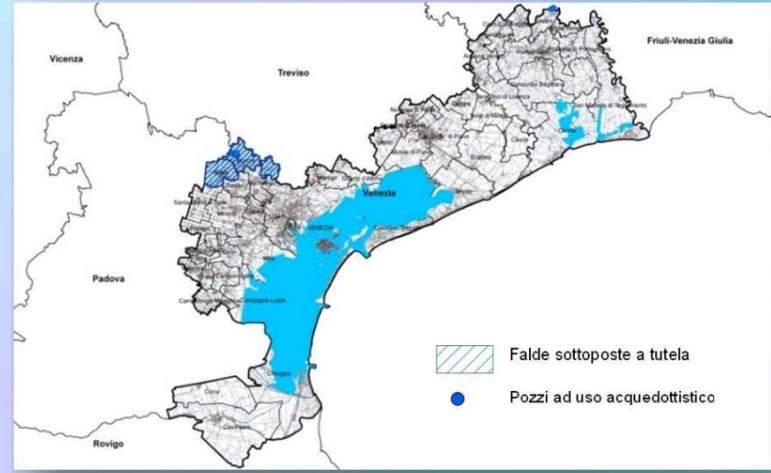
La cartografia riprodotta a seguire rappresenta la distribuzione dei valori di conducibilità media equivalente definita sulla base di valori medio-pesati, desunti da bibliografia internazionale comparata relativa ai punti di informazione stratigrafica disponibili e validati.

Il campo di variazione dei valori di conducibilità termica risulta piuttosto limitato in provincia di Venezia e compreso tra 1.82 e 2.07 W/mK.

La conducibilità termica



Le aree di tutela



La carta delle aree di tutela individua i settori interessati da livelli acquiferi pregiati. In tali zone l'impiego di sistemi di geoscambio deve essere verificato con la massima attenzione allo scopo di evitare l'interessamento delle falde produttive durante la fase di realizzazione di sonde geotermiche verticali e nel periodo di esercizio. Nell'ambito del territorio provinciale soltanto due comuni risultano sottoposti a tutela: Scorzè e Noale. Le falde in protezione si trovano tra 20 e 60 m e tra 280 e 380 m. Altri punti delicati sono costituiti dalle opere di captazione ad uso acquedottistico che richiedono particolari vincoli ed attenzioni nelle zone più prossime alle opere di prelievo.

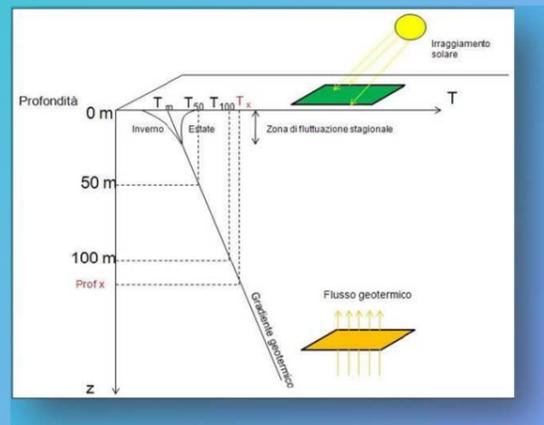
La temperatura del terreno superficiale è strettamente legata alla temperatura media annua dell'aria; il calore che ne deriva è direttamente dovuto all'energia solare assorbita dalla superficie. Nel sottosuolo più in profondità prevale il calore di origine endogena dominato dal flusso geotermico.

Il flusso geotermico è la quantità di calore che si sviluppa dall'interno del pianeta verso la superficie. Esso può essere rappresentato in modo semplificato dall'interazione di due proprietà termodinamiche: la conducibilità termica ed il gradiente geotermico nella seguente formula ridotta:

$$Q = \lambda \cdot dz/dT$$

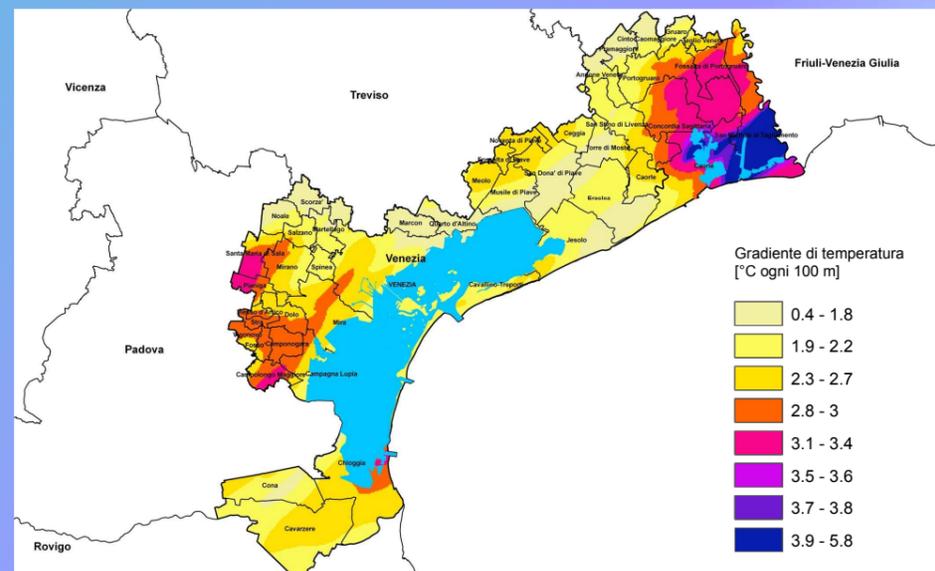
dove il gradiente geotermico rappresenta la variazione di temperatura all'incremento della profondità come è descritto dalla formula seguente:

$$\text{grad } T = dz/dT$$



Nella figura a seguire viene rappresentata la distribuzione dei valori calcolati del gradiente geotermico, determinati sulla base delle campagne di misura della temperatura delle acque sotterranee effettuate dalla Provincia su una rete di pozzi insistenti nel territorio di competenza. L'assetto risultante evidenzia sia il forte condizionamento geologico-strutturale sulla definizione dei domini geotermici, sia la necessità di estendere le campagne di indagine termica per definire in modo più rigoroso e dettagliato la geometria di tale proprietà termofisica del sottosuolo.

Il gradiente geotermico



PRESENTAZIONE

Viene presentata una prima valutazione della distribuzione delle capacità di scambio termico nel territorio della Provincia di Venezia, finalizzata all'utilizzo di sistemi di geoscambio.

Tale prodotto deriva dalla collaborazione tra la Provincia di Venezia Servizio Geologico e Difesa del Suolo e l'Università di Padova - Dipartimento di Geoscienze nell'ambito del progetto di ricerca "GEOSCAMBIO".

Tale analisi è stata condotta con lo scopo di fornire uno strumento utile alla pianificazione territoriale sull'impiego di metodi di climatizzazione parzialmente rinnovabili e ad alta efficienza energetica.

Inoltre l'utilizzo della cartografia tematica prodotta al fine di ottenere la mappatura di sintesi può costituire uno strumento utile alla progettazione impiantistica contenendo informazioni di carattere termico, idrogeologico e stratigrafico dedicate a tali fini.

Cartografia tematica

La costruzione della carta dell'idoneità al geoscambio deriva dalla valutazione delle grandezze fisiche che maggiormente influenzano il comportamento del terreno dal punto di vista termico.

I parametri considerati dallo studio vengono qui elencati per tipologia:

geologico: - litostratigrafia
- caratteristiche granulometrico-tessiture;

idrogeologico: - presenza dell'acqua (caratteristiche delle falde acquifere)

termodinamico: - conducibilità termica del terreno
- gradiente geotermico locale
- temperatura dell'aria

L'informazione **litostratigrafica** fornisce innanzitutto il contesto dell'ambiente geologico coinvolto e la conoscenza del tipo di materiale interessato. Le caratteristiche **granulometrico - tessiture** influenzano i diversi contributi ai processi di scambio termico sonda-terreno, e come tali vengono definite le caratteristiche di conducibilità termica derivate da una analisi comparativa dei valori bibliografici di riferimento riportati da diversi autori e organismi internazionali.

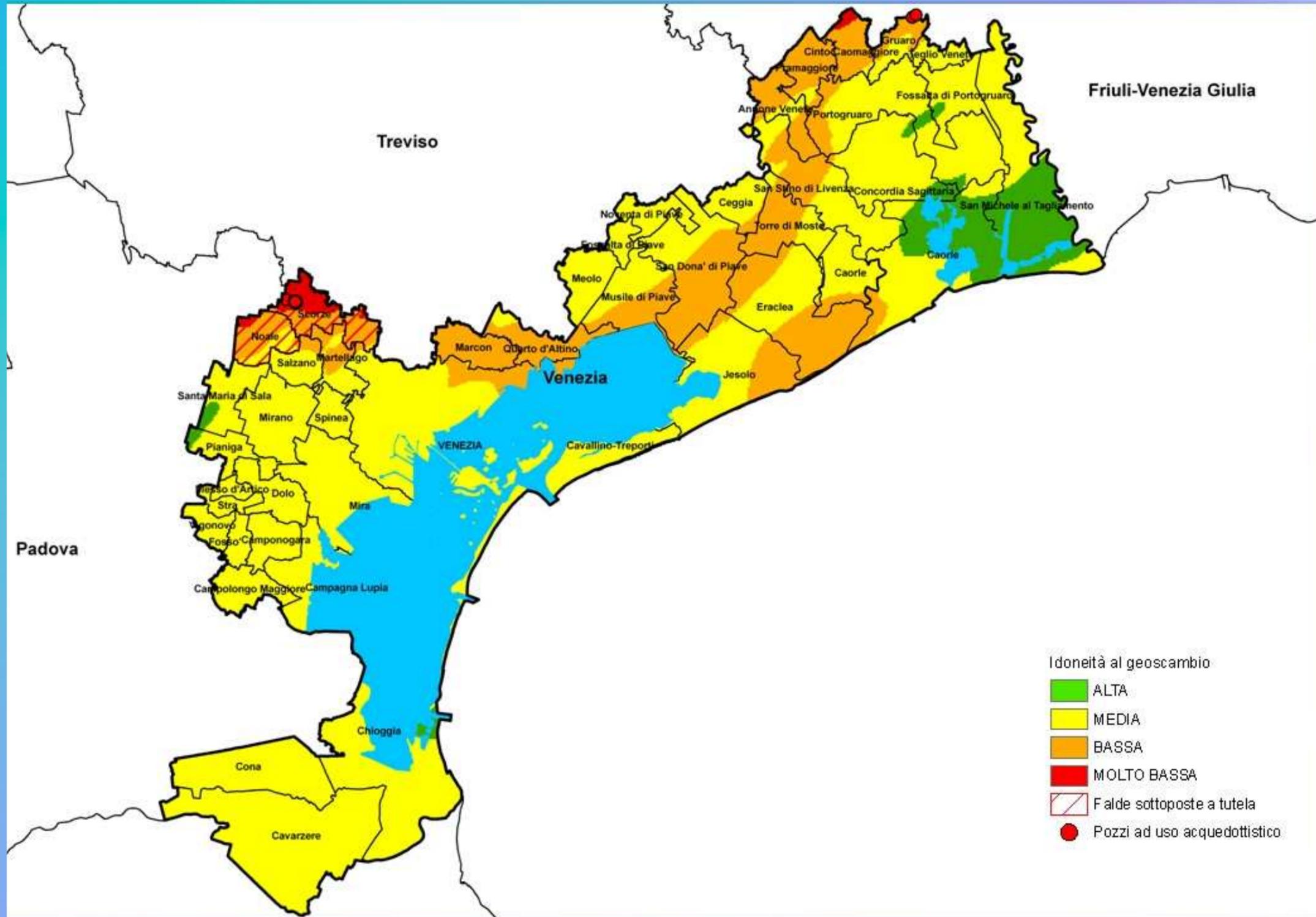
La distinzione fra materiale saturo ed insaturo, rivestendo una importanza relativa nel territorio provinciale in quanto caratterizzato da un assetto **idrogeologico** con falde acquifere generalmente superficiali, è stato analizzato, ma non considerato rilevante, ai fini della differenziazione delle capacità di scambio termico del sottosuolo per la redazione della carta di sintesi. È stata comunque considerata la presenza dell'acqua nell'accoppiamento dei valori di conducibilità termica ai diversi materiali costituenti le successioni stratigrafiche utilizzate. La presenza dell'acqua infatti influenza sensibilmente la conducibilità termica dei materiali porosi quali quelli alluvionali in quanto, occupandone i vuoti, conferisce continuità fisica al mezzo, sia perché l'acqua è dotata di buone proprietà termiche. La distinzione tra materiale saturo e insaturo consente quindi di differenziare le diverse risposte del terreno alle sollecitazioni termiche prodotte dagli scambiatori immersi nel sottosuolo.

I parametri termodinamici del sottosuolo non sono in relazione tra loro perché, mentre la **conducibilità termica** è un valore tipico per ogni tipo di materiale, la **temperatura nel sottosuolo** risulta in relazione diretta con la temperatura media annua dell'aria e con le caratteristiche del **gradiente geotermico** locale.

L'analisi di tali parametri, e della loro distribuzione, tramite un processo di catalogazione informatizzata in ambiente GIS, ha permesso la creazione di carte tematiche che a loro volta hanno consentito di ottenere un prodotto di sintesi costituito dalla carta dell'idoneità al geoscambio.

Va segnalato che sono stati considerati ed analizzati soltanto dati stratigrafici relativi a terebrazioni di profondità tipiche di sonde geotermiche verticali (circa 100 m).

Idoneità al Geoscambio



Si definisce idoneità al geoscambio l'attitudine relativa del terreno a scambiare calore a fini di climatizzazione degli edifici.

La carta di sintesi costituisce un prodotto di carattere qualitativo che si limita a differenziare zone a diversa idoneità allo scambio termico, e come tale può costituire uno strumento utile alle politiche di pianificazione territoriale a vari livelli, prevedendo eventuali politiche di sostegno o incentivanti nelle aree di maggiore attitudine o valutarne l'opportunità nelle aree di vincolo.

L'attitudine al geoscambio viene qui definita dalla seguente formula:

$$P = 0,6\lambda + dz/dT$$

P = attitudine al geoscambio
 λ = conducibilità termica
 dz/dT = gradiente di temperatura

Si osserva come la distribuzione delle caratteristiche di attitudine al geoscambio risenta sensibilmente dell'andamento del gradiente di temperatura. Risulta evidente la rilevanza geotermica dell'area portogruarese che esibisce i valori più elevati di idoneità in virtù della particolare condizione geotermica. Altre zone che dimostrano idoneità elevate possono essere ricondotte sia alla appartenenza a domini con elevati valori di conducibilità termica sia a settori interessati da situazioni geotermiche correlate allo sviluppo di *plume* originati in aree a monte. Il particolare peso nella definizione della cartografia di sintesi attribuito al fattore gradiente geotermico è stato definito sulla base di un'analisi di sensibilità dei parametri significativi, basata sulla valutazione dell'incidenza della loro variazione sulla dimensione del campo di geoscambio necessario a soddisfare il fabbisogno energetico annuale di un edificio tipo. La particolare distribuzione dei domini di idoneità può essere spiegata considerando lo squilibrio del carico invernale rispetto a quello estivo per le necessità energetiche di climatizzazione di edifici a destinazione residenziale, considerati nell'analisi di sensibilità, fatto che privilegia le situazioni termiche del sottosuolo a più elevato gradiente geotermico.