



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



ACQUA BENE COMUNE



Gli usi dell'acqua possono essere ripartiti nelle seguenti macrocategorie:

- **Uso ambientale**
- **uso potabile (pubblico e privato)**
- Uso civile e domestico
- uso irriguo
- uso industriale
- **uso energetico (idroelettrico / geotermico)**
- uso estetico-ricreativo (balneazione/alieutica/turismo)

Il vigente quadro normativo :

definisce prioritaria la tutela della vita acquatica ("uso ambientale"), alla quale deve essere destinata una quota dei deflussi minimi vitali (**Dmv**), **che deriva anche dai flussi di alimentazione da falde e dalle falde di sub-alveo**, cioè la portata minima necessaria a garantire comunque la salvaguardia delle strutture naturali dei corsi d'acqua e la presenza delle biocenosi tipiche corrispondenti alle condizioni naturali.

individua tra gli obiettivi da perseguire la **tutela della qualità e dell'equilibrio quantitativo** del ciclo idrico nonché la protezione dell'ambiente e degli ecosistemi connessi ai corpi idrici.

richiede inoltre di individuare adeguati **strumenti organizzativi di pianificazione per l'integrazione dei diversi piani**, di bacino, di gestione del servizio idrico integrato e dei Piani di tutela delle acque locali.

Il titolo III (artt. 91-99) della parte III del D.Lgs. 152/2006 sancisce la Tutela dei corpi idrici. L'art. 94 in particolare ha confermato la disciplina delle Aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano: Zone di tutela assoluta – rispetto e protezione.

Tipologie di geoscambiatore

Collettori orizzontali



Scambiatori composti da tubazioni poste in aree appositamente dedicate (meglio se non pavimentate) a 1-2 metri in sbancamenti o trincee. Bassa efficienza soprattutto in estate

Acqua di falda ("Open loop")



Sistemi costituiti da uno o più pozzi di presa e (generalmente) uno di reimmissione in falda. Sistemi molto efficienti e competitivi soprattutto in impianti di grandi dimensioni

Pali energetici o geostrutture



Sistemi costituiti da circuiti chiusi immersi all'interno di strutture di fondazione (pali/diaframmi ecc...). Generalmente molto economici e convenienti, nel caso di tali fondazioni

Sonde geotermiche verticali



Sistemi costituiti da circuiti chiusi (uno o due per foro) inseriti all'interno di perforazioni profonde da 80 a 150 metri. Sistema molto efficiente, ma molto costoso. Fattibile ovunque con poche limitazioni



Dott. Geol. Gabriele Cesari – Patti, 15 03 2015

I sistemi a ciclo chiuso incidono sulle caratteristiche qualitative delle acque sotterranee

I sistemi a ciclo aperto incidono sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee

From Fourier to Darcy, from Carslaw to Theis: the analogies between the subsurface behaviour of water and heat

Da Fourier a Darcy, da Carslaw a Theis: le analogie del comportamento delle acque e del calore nel sottosuolo

Tor J. Drake

Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater (2012) - AS05013: 009 - 018

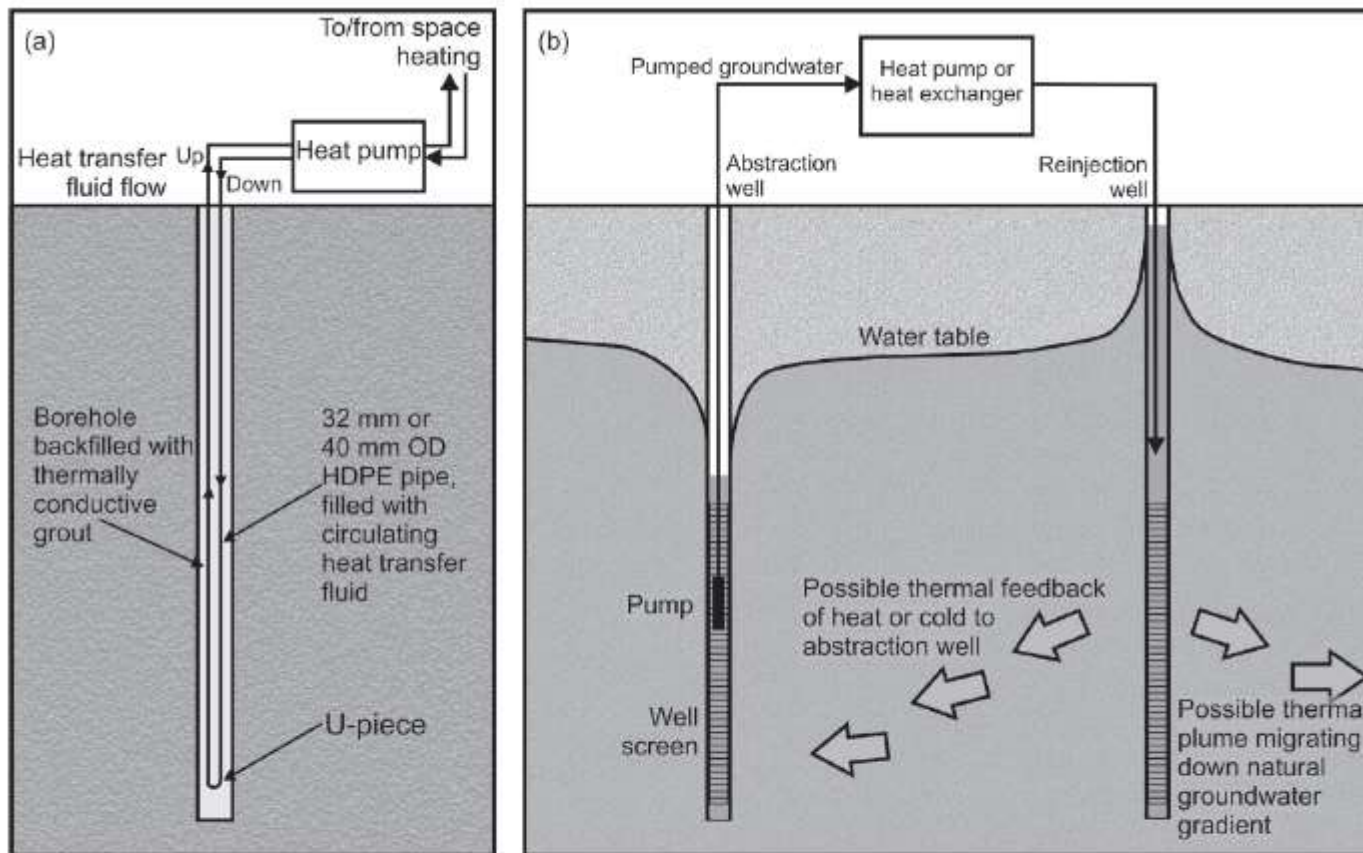
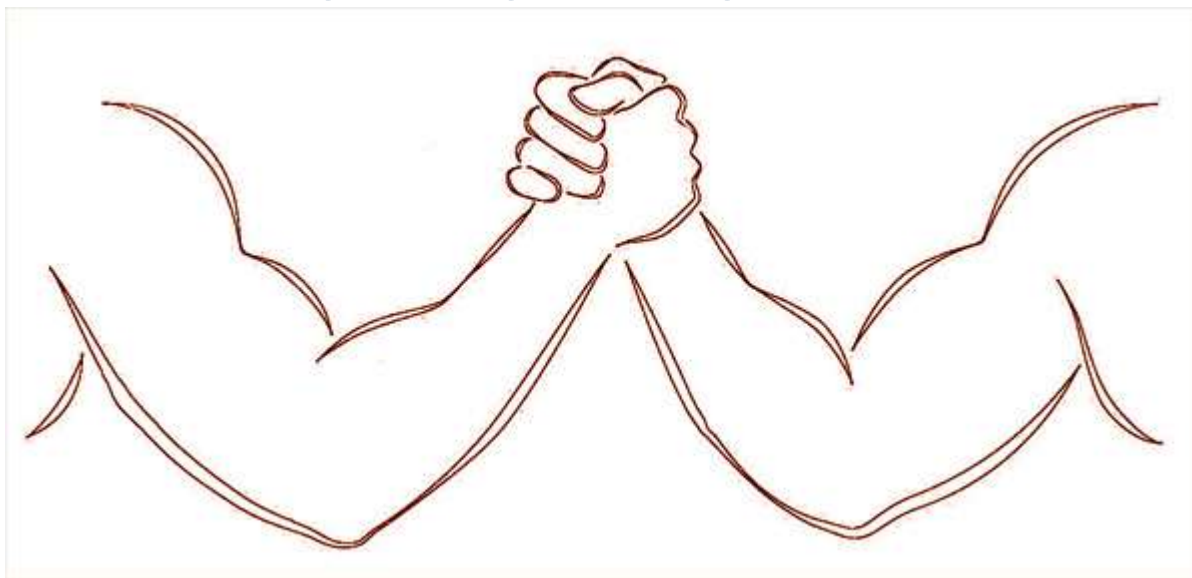


Fig. 4 - Schematic diagrams of (a) a closed-loop borehole heat exchanger ground source heat pump system and (b) a well-doublet open-loop ground source heating or cooling system. HDPE = high density polyethylene, OD = outside diameter.

Fig. 4 - Diagrammi schematici di (a) un impianto a pompa di calore geotermica con scambiatore a circuito chiuso e (b) un impianto a due pozzi a circuito aperto, per riscaldamento o raffreddamento. HDPE = polietilene ad alta densità, OD = diametro esterno.

Idrogeologia vs geotermia



Scontro e sinergia ?

Analogues

Fouriers Law (1822)

(Heat conduction)

$$H = -\lambda A \frac{dT}{dx}$$

Darcy's Law (1856)

(Groundwater flow)

$$Q = -KA \frac{dh}{dx}$$

Fick's Law (1855)

(Chemical diffusion of a solute)

$$F = -DA \frac{dC}{dx}$$

Ohm's Law (1827)

(Electric current)

$$I = -\sigma A \frac{dV}{dx}$$



David Banks – Erice 2012

From Fourier to Darcy, from Carslaw to Theis; the analogies between the subsurface behaviour of water and heat

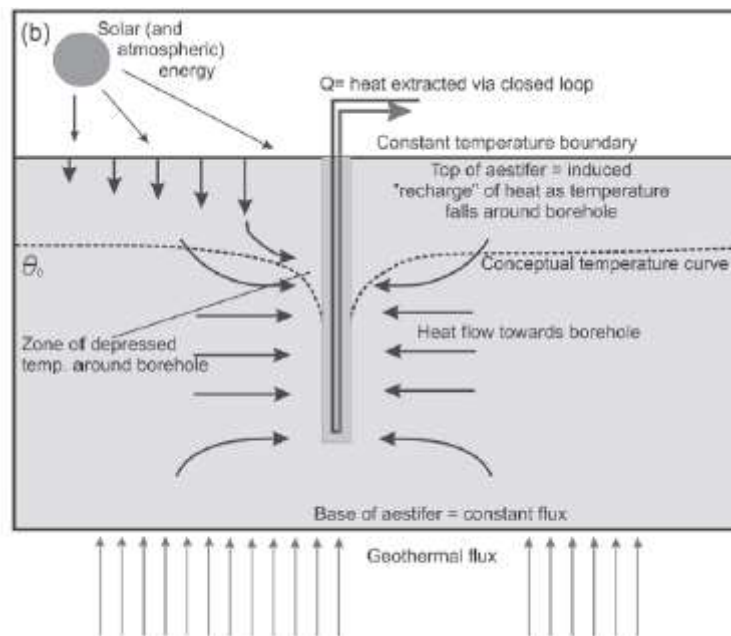
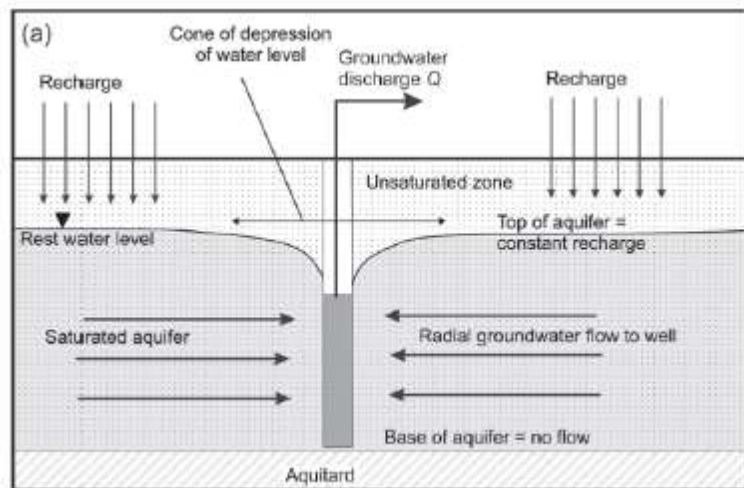
Da Fourier a Darcy, da Carslaw a Theis: le analogie del comportamento delle acque e del calore nel sottosuolo

Tom J. Banks

Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater (2012) - ASO5013: 009 - 018

Fig. 7 - Comparison of conceptual models, with upper and lower boundary conditions, for (a) a well in an unconfined aquifer and (b) a closed loop borehole heat exchanger in a typical aestifer. θ_0 is the undisturbed "rest" temperature in the aestifer. Slightly modified after Banks (2012) (© John Wiley & Sons, Chichester 2012).

Fig. 7 - Confronto di modelli concettuali, con condizioni al contorno superiori ed inferiori, per (a) un pozzo in un acquifero non confinato e (b) uno scambiatore di calore a circuito chiuso in una tipica roccia conduttiva. θ_0 è la temperatura indisturbata "a riposo" nella roccia conduttiva. Leggermente modificato da Banks (2012) (© John Wiley & Sons, Chichester 2012).



La termogeologia, una nuova branca dell'idrogeologia?

Matteo Cultrera

Tab.1 – Analogie derivanti dal confronto tra il mondo della geotermia e quello dell'idrogeologia


(modif. da Banks, 2007)	Idrogeologia	Geotermia
Oggetto dello studio	Flusso acque sotterranee	Flusso calore sotterraneo
Principali equazioni	Legge di Darcy $Q = -KA \, dx/dh$	Legge di Fourier $Q = -\lambda A \, dx/dh$
Flusso	$Q = \text{groundwater flow (m}^3/\text{s)}$	$Q = \text{heat flow = (J/s)}$
Conducibilità	$K = \text{conducibilità idraulica (m/s)}$	$\lambda = \text{conducibilità termica (W/m/K)}$
Energia potenziale	$h = \text{potenziale idraulico (m)}$	$\Phi = \text{temperatura (K)}$
Immagazzinamento	$S = \text{coefficiente di immagazzinamento}$	$S_{VC} = \text{Capacità volumetrica del calore (J/m}^3/\text{K)}$
Unità geologica di riferimento	Aquifer (Lat: aqua)	Aestifer (Lat. aestus)
Misura di efficienza del pozzo	Perdita di pozzo (C)	Resistenza termica della sonda (Rb)
Trasporto advettivo	Trasporto dei contaminanti	Trasporto del calore

Acque Sotterranee - *Italian Journal of Groundwater* (2012) - ASr01003: 073 - 074

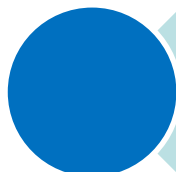
In conclusione, come l'idrogeologia è la scienza legata allo sfruttamento delle acque sotterranee, così la termogeologia è quella scienza connessa allo sfruttamento del calore geotermico.

È necessario ricordare che per affrontare opportunamente gli aspetti ambientali e progettuali connessi con lo scambio geotermico non è possibile riferirsi ad un unico tecnico specialista.

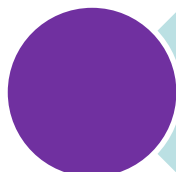
Nel caso specifico, non è pensabile sviluppare un adeguato sistema di geoscambio se accanto al termogeologo non sono presenti anche altre figure professionali come il termotecnico, il progettista, il programmatore, il geologo competente delle indagini in situ, il geofisico e molte altre figure professionali, che possono essere differenti a seconda del caso di specie.




La normativa garantisce agli usi “vitali” dell’acqua una priorità assoluta sia in termini di utilizzo sia di tutela



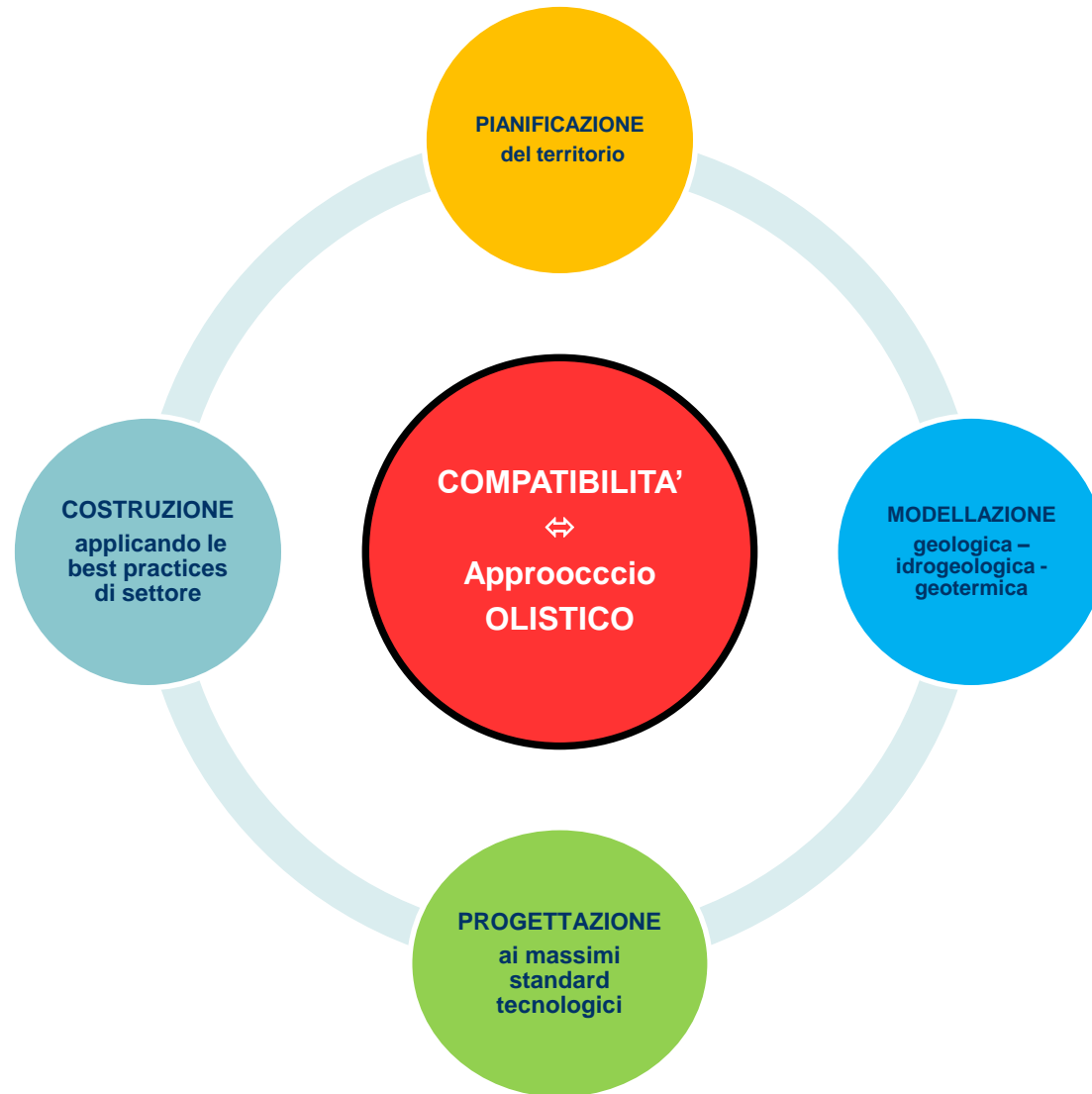
Idrogeologia e geotermia sono “parenti stretti” e possono essere trattate unitariamente garantendo sviluppo e tutela in un corretto equilibrio



Trattandosi di sistemi complessi è necessaria la formazione di una specifica professionalizzazione negli operatori del settore



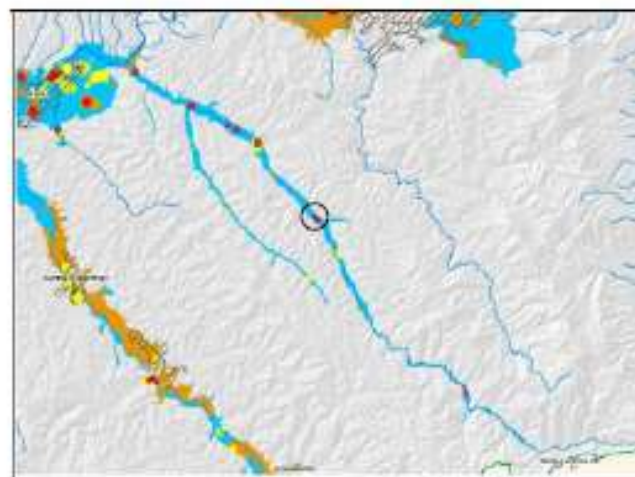
Le conoscenze di base ed il monitoraggio necessari allo sviluppo di un progetto geotermico costituiscono un investimento e non un costo



PIANIFICAZIONE

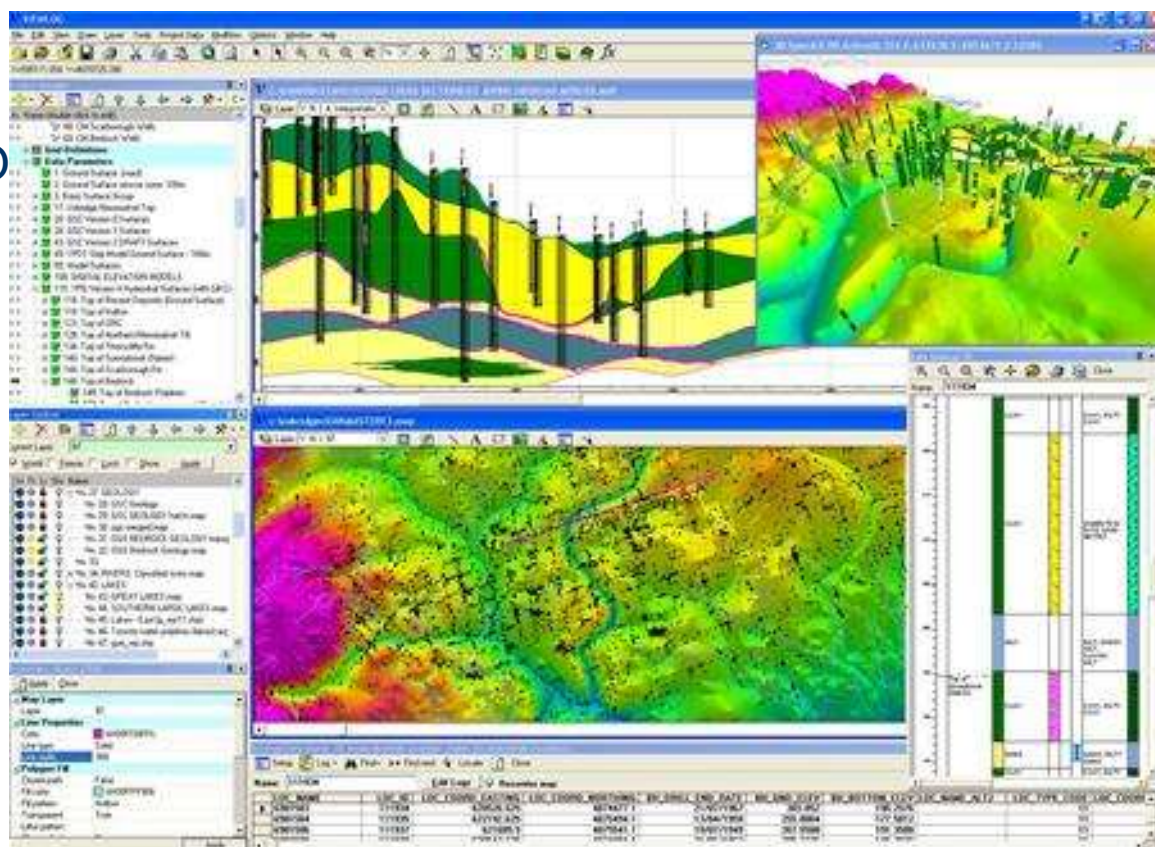
1. PIANO DI BACINO
2. PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE
3. PIANO AMBIENTALE ED ENERGETICO REGIONALE
4. PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO
5. STRUMENTI URBANISTICI LOCALI

Il campo pozzi La Botte ricade in area D4.



MODELLAZIONE

- 1) MODELLO GEOLOGICO
- 2) MODELLO IDROGEOLOGICO
- 3) MODELLO GEOTERMICO
- 4) MODELLO DI FLUSSO
- 5) MODELLO DI TRASPORTO



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



PROGETTAZIONE

1. Di **ogni opera/intervento** che incide sul sottosuolo in tutte le sue matrici ambientali:
 - Terreno
 - Acqua
 - Fluidi/gas
2. Applicazione delle più aggiornate tecniche disponibili, dei migliori materiali e dei più accurati dimensionamenti (**best practice**). Nel caso di pozzi possiamo esemplificare:
 - Tecnica di perforazione
 - Materiali e modalità di completamento
 - Cementazioni / impermeabilizzazioni
 - Drenaggi
3. Redazione di elaborati documentali e grafici esaustivi

COSTRUZIONE

1. Scelta del contraente
2. Documentazione contrattuale: C.G.A. – C.S.A. – E.P. – C.M.E.
3. Direzione Lavori in cantiere
4. Collaudo effettivo dell'opera
5. Piano di monitoraggio pre-post opera

Geotermia - Progetto Pilota Piana Pisa

Progetto pilota per lo sviluppo di una metodologia innovativa finalizzato alla valutazione quantitativa delle risorse geotermiche a bassissima, bassa e media temperatura della Piana di Pisa

Proporre una **metodologia multidisciplinare innovativa**, includente modellistica geologica integrata alla modellistica numerica, per la **valutazione delle potenzialità geotermiche localizzate nella pianura di Pisa**.

La messa a punto di questa metodologia progettuale consentirà di:

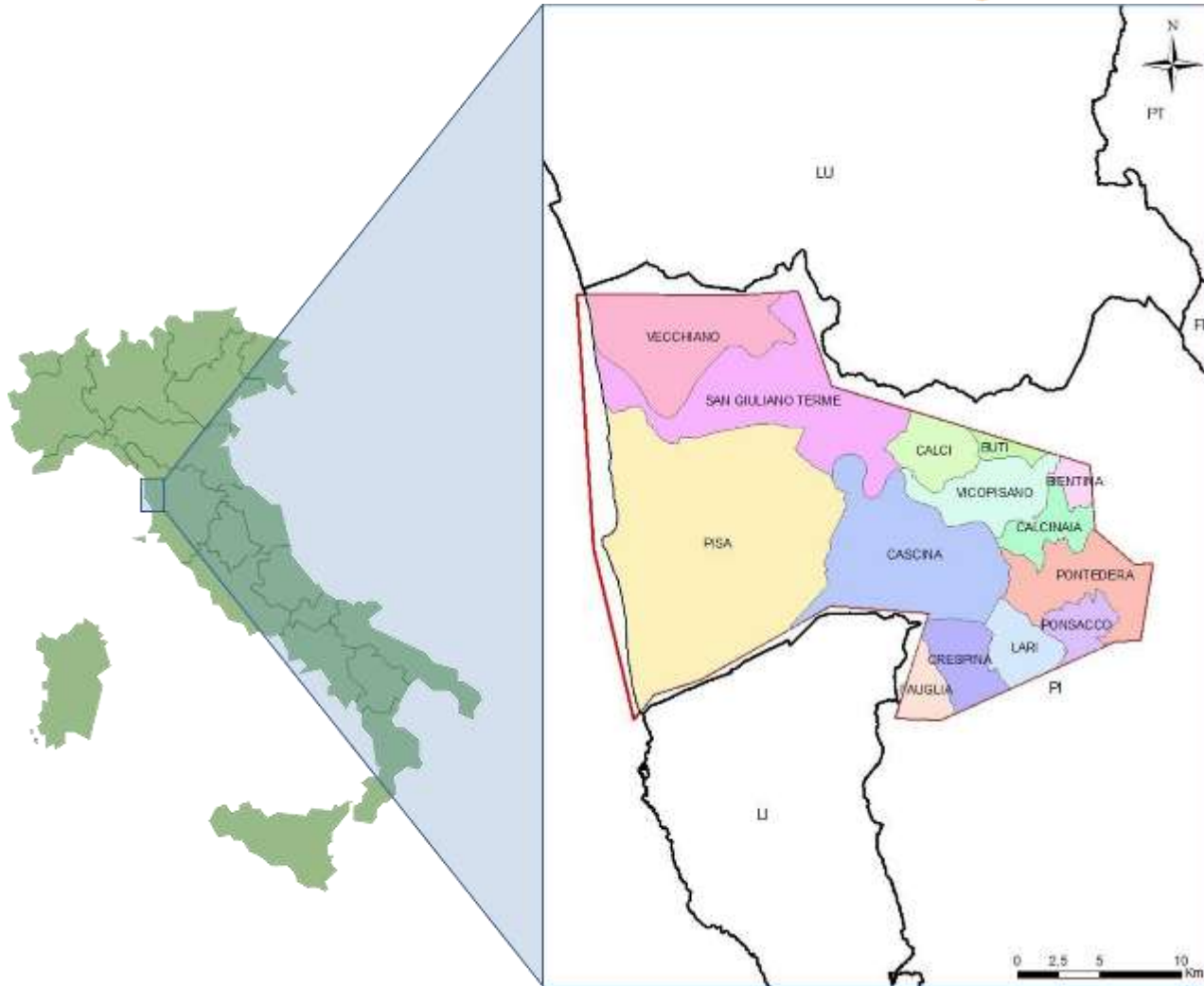
- esportare le tecniche di analisi (geologiche ed energetiche) elaborate in contesti comuni ad altre aree del territorio,
- testare ed elaborare metodologie e strumenti finora non utilizzati in modo sistematico.
- Mettere a punto uno strumento di supporto alle scelte delle amministrazioni pubbliche

<http://www.distrettoenergieinnovabili.it/der/s/energea/progetto-geo4p>



Ministero dello Sviluppo Economico
DIREZIONE GENERALE PER LE RISORSE MINERARIE ED ENERGETICHE

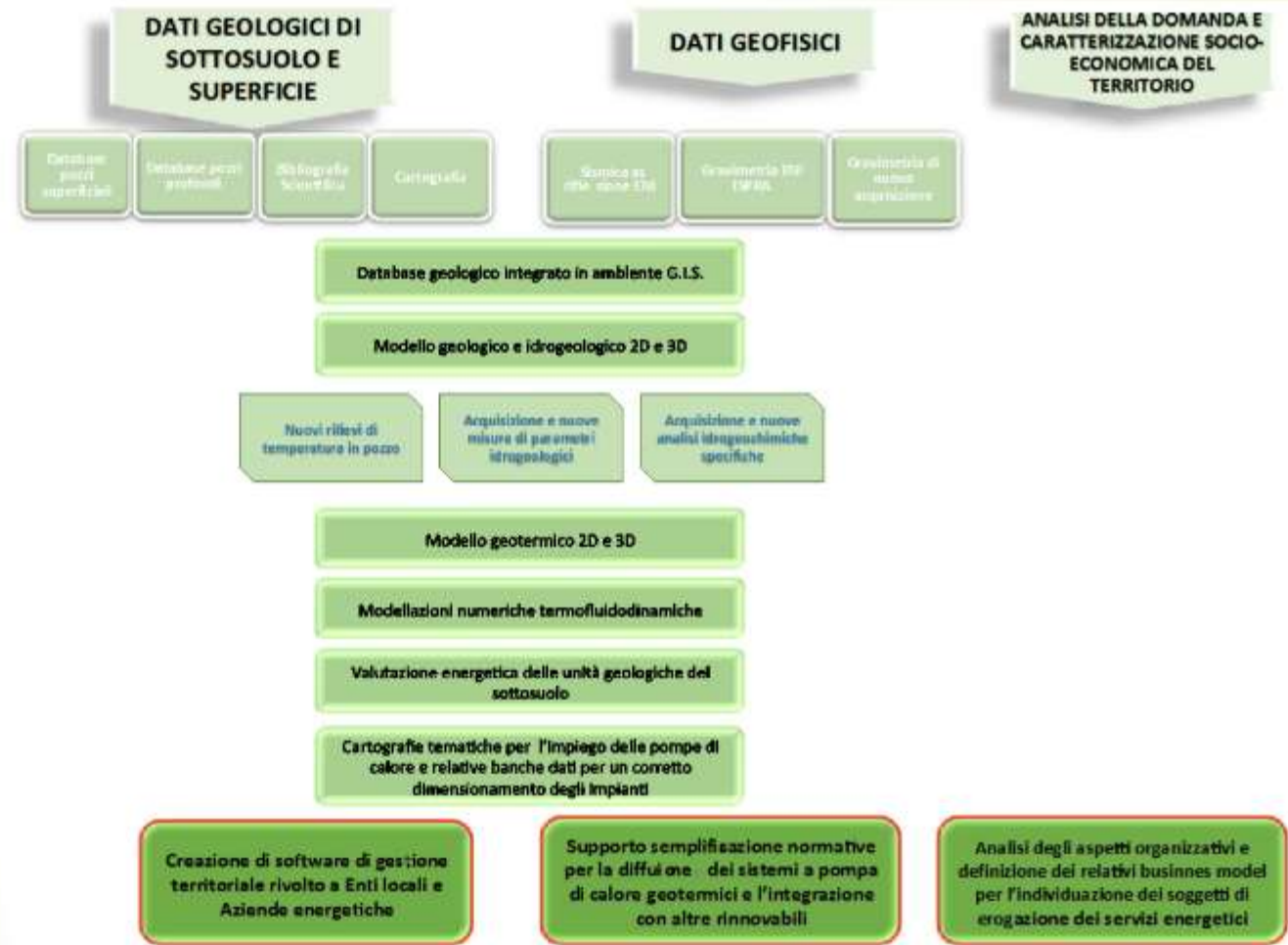




Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015

- ❑ Valutazione del potenziale energetico-geotermico dei vari corpi acquiferi presenti nel sottosuolo della piana pisana,
- ❑ Ubicazione delle zone più indicate per l'impiego delle varie metodologie di coltivazione della risorsa
- ❑ Individuazione delle tecnologie di coltivazione più adatte per le varie zone.

Outline del progetto



CONCLUSIONI

- A. La coltivazione dei giacimenti idrici e termici del sottosuolo è compatibile e sostenibile purché venga pianificata – progettata / eseguita – gestita in ottica olistica**
- B. La conoscenza di base del territorio sotto il profilo geotermico deve essere sistematizzata e resa disponibile per gli operatori del settore**
- C. La corretta gestione delle risorse idriche e geotermiche può rappresentare una prospettiva di sviluppo per le professioni ad esse correlate, ed in primis quella del Geologo**

Ho finito, potete svegliarvi.....



Domande ?

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati
della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015



ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Compatibilità tra geotermia a bassa entalpia ed usi qualificati della risorsa idrica

Geologo Filippo Landini, Ph.D.



Geotermia a bassa entalpia. Progettazione, applicazioni e prospettive di sviluppo
Viterbo, 18 dicembre 2015