

# Cities



on power

# Fare i conti con l'ambiente

Rifiuti acqua energia

Ravenna  
21.22.23  
maggio 2014

## Presentazione della proposta di Piano di Azione Locale della provincia di Ravenna

Sala Consiglio della  
Provincia di Ravenna

Giovedì 22 maggio 2014

Il progetto pilota di Riolo  
Terme e le potenzialità della  
geotermia a bassa entalpia in  
provincia di Ravenna



EUROPEAN UNION  
EUROPEAN REGIONAL  
DEVELOPMENT FUND

This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

# Il progetto pilota di Riolo Terme e le potenzialità della geotermia a bassa entalpia in provincia di Ravenna

dr. Dimitra Rapti-Caputo

CFR

UniFe, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra

mail: [cpr@unife.it](mailto:cpr@unife.it)

## geotermia a bassa entalpia

**Geotermia:** scienza che si occupa dello studio e dello sfruttamento del calore esistente all'interno della Terra.

**Entalpia:** è una funzione di stato che esprime la quantità di energia che un sistema termodinamico può scambiare con l'ambiente.  
L'entalpia di un fluido che circola ed è contenuto nel serbatoio geotermico **esprime il “valore” energetico sia del fluido che del serbatoio.**

D.Lgs 22/2010

Risorse geotermiche in  
funzione della  
temperatura

alta entalpia  
( $T > 150^{\circ}\text{C}$ )

media entalpia  
( $90 < T < 150^{\circ}\text{C}$ )

bassa entalpia  
( $T < 90^{\circ}\text{C}$ )

Utilizzo:  
produzione  
di energia  
elettrica



produzione  
di energia elettrica,  
teleriscaldamento  
e usi diretti del calore

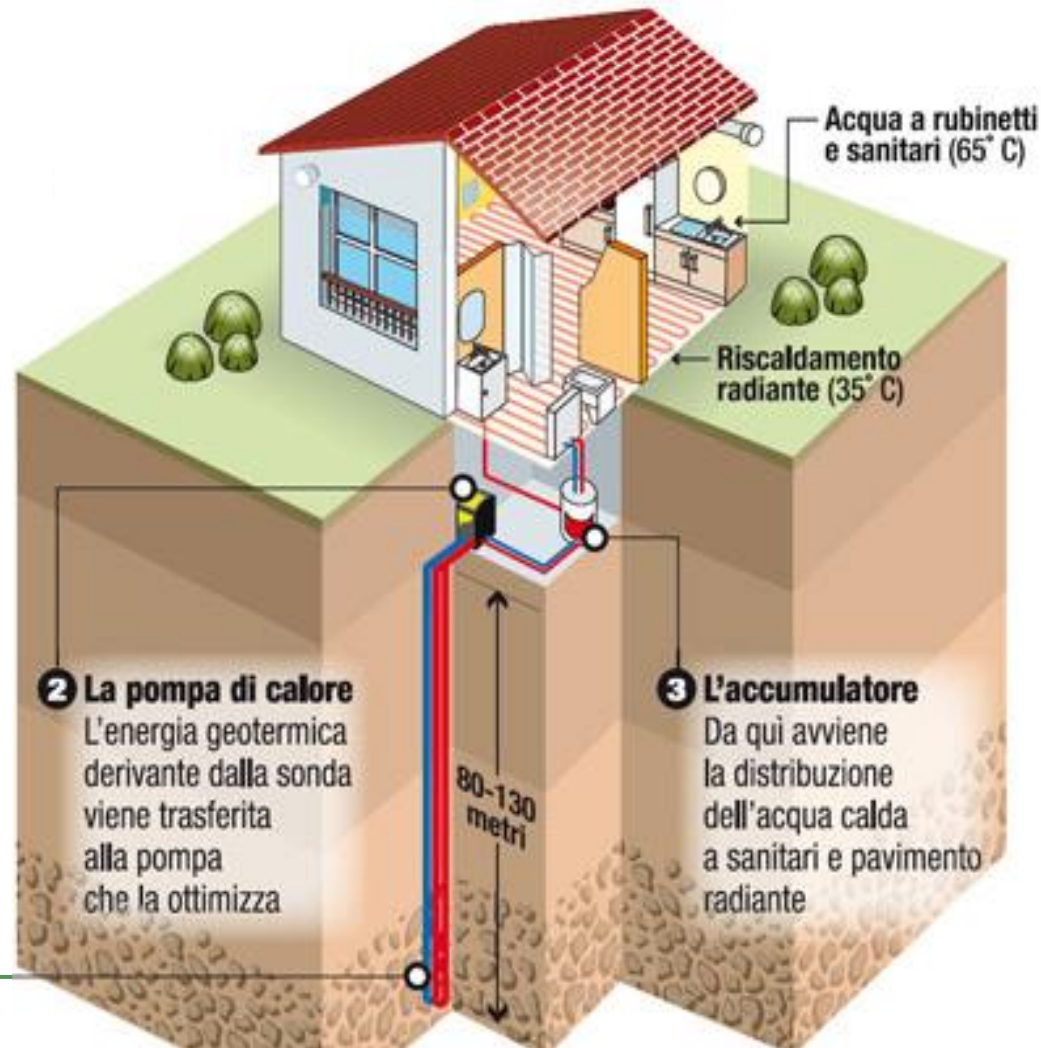
uso diretto del calore (riscaldamento e  
termalismo  $30 < T < 90^{\circ}\text{C}$ )  
uso indiretto del calore (mediante  
**sonde geotermiche e pompe di calore**)

## 1 Le sonde geotermiche

Calate all'interno di perforazioni verticali hanno un doppio compito:

■ in inverno prelevano calore latente dal sottosuolo riscaldando l'immobile

■ in estate cedono calore al sottosuolo rinfrescando l'immobile



## 2 La pompa di calore

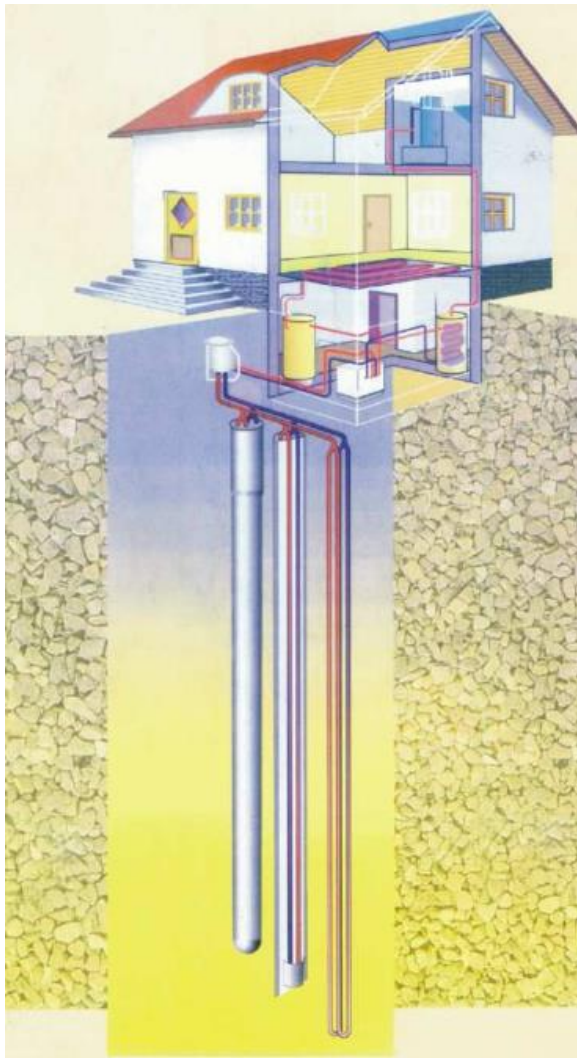
L'energia geotermica derivante dalla sonda viene trasferita alla pompa che la ottimizza

## 3 L'accumulatore

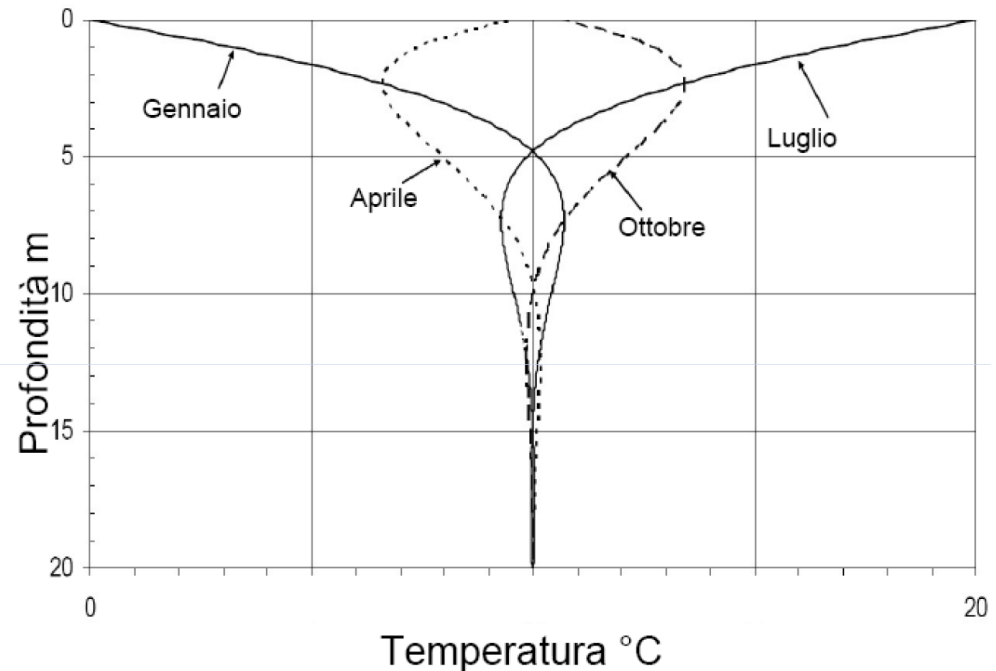
Da qui avviene la distribuzione dell'acqua calda a sanitari e pavimento radiante



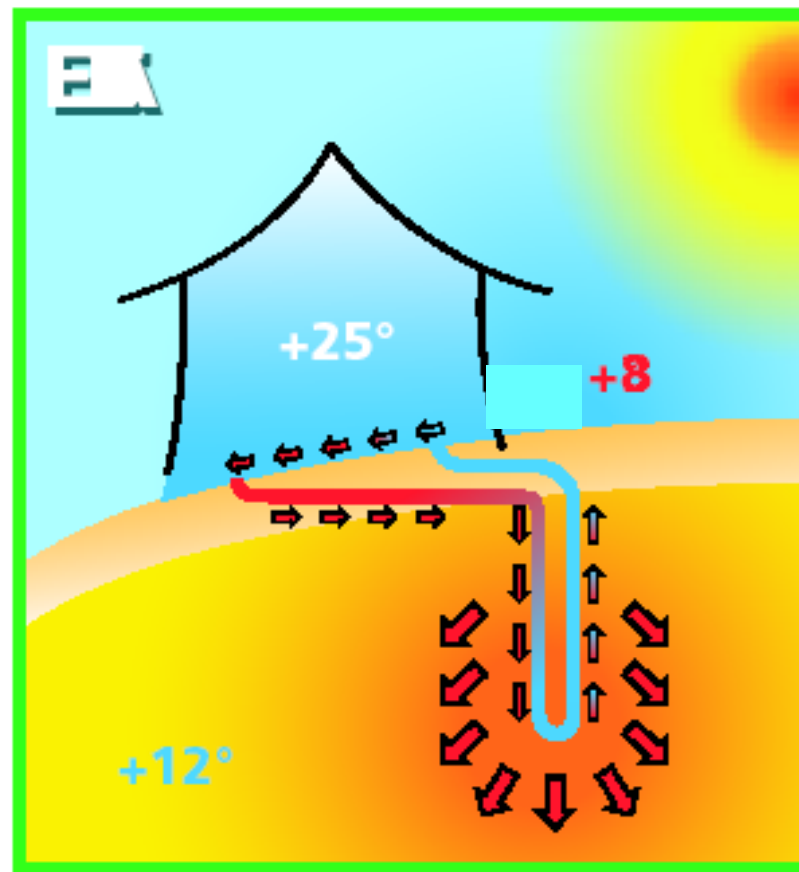
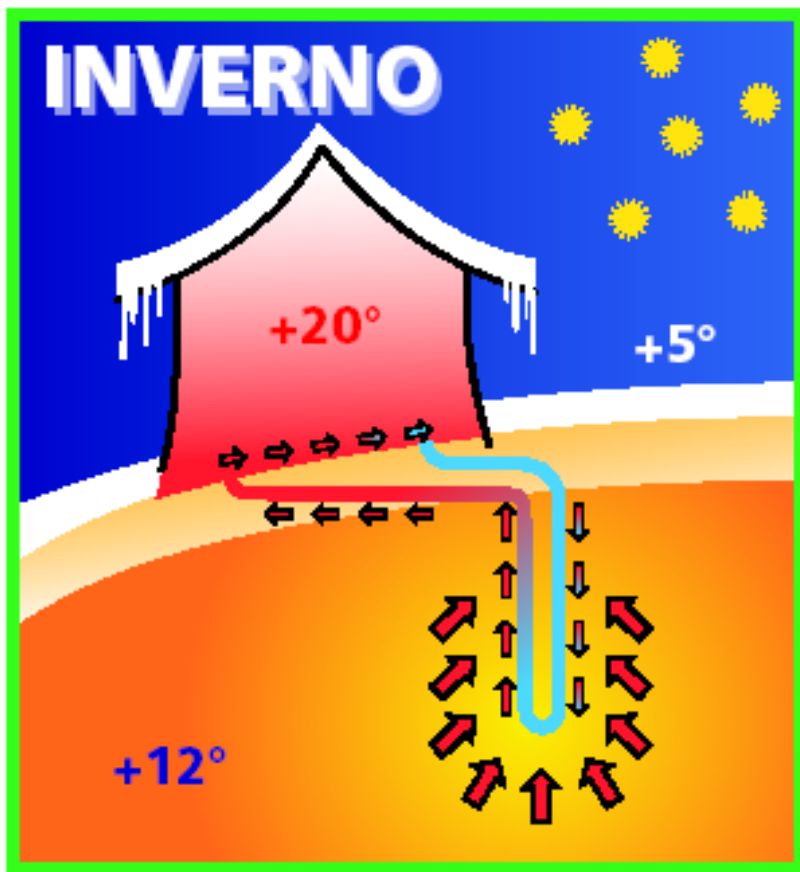
# principi di funzionamento delle sonde geotermiche



Italia: da 10 a 100 m di profondità, temperatura del sottosuolo costante fra 12 e 14°C



# principi di funzionamento delle sonde geotermiche



# sistemi di sfruttamento della energia geotermica a bassa entalpia

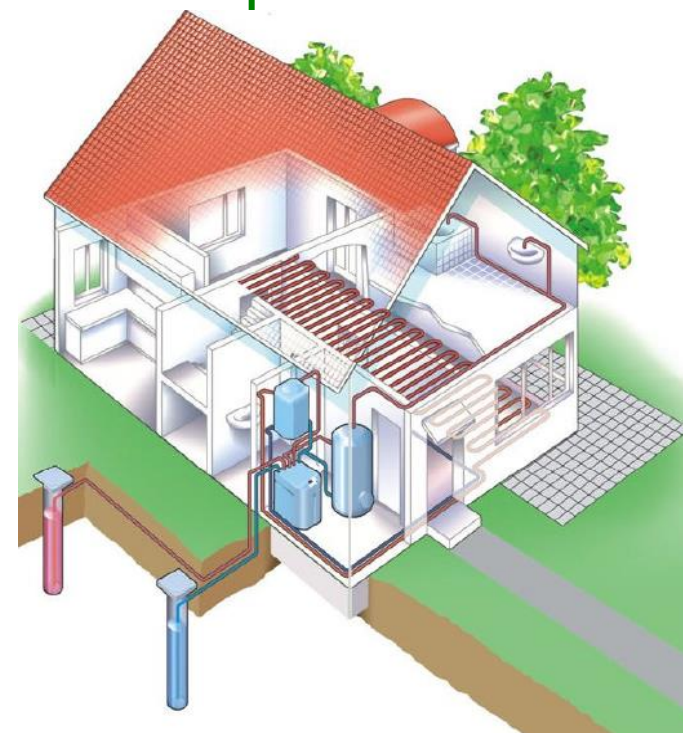
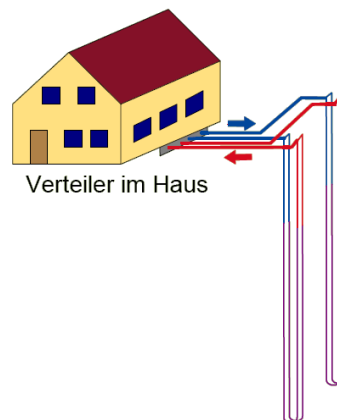
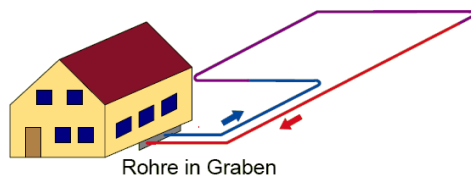
Sistemi a circuito chiuso

Sistemi a circuito aperto

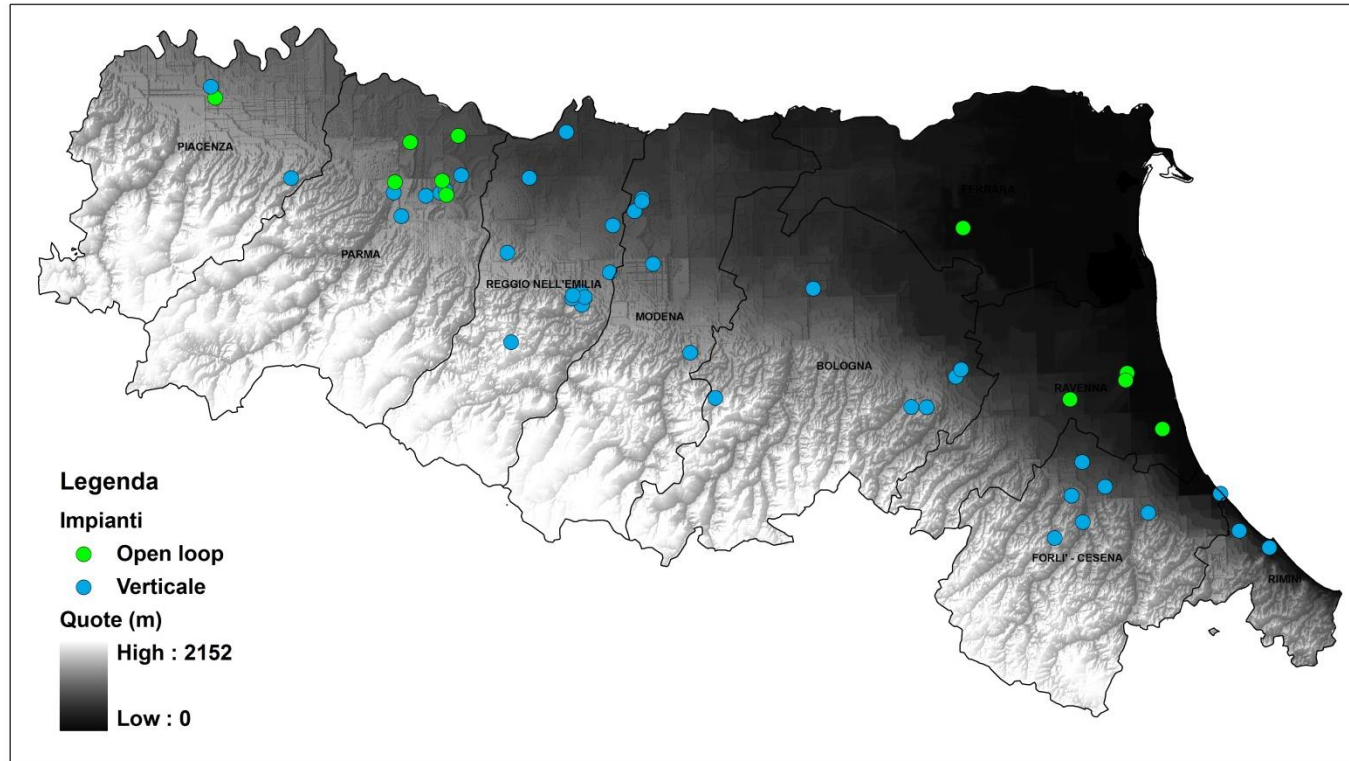
Sonde orizzontali  
(1.2-3.0)

Sonde verticali  
(10-250m)

Pali energetici  
(8-45m)







Censiti 57 impianti (verticali)

✓ 42 closed loop

✓ 15 open loop

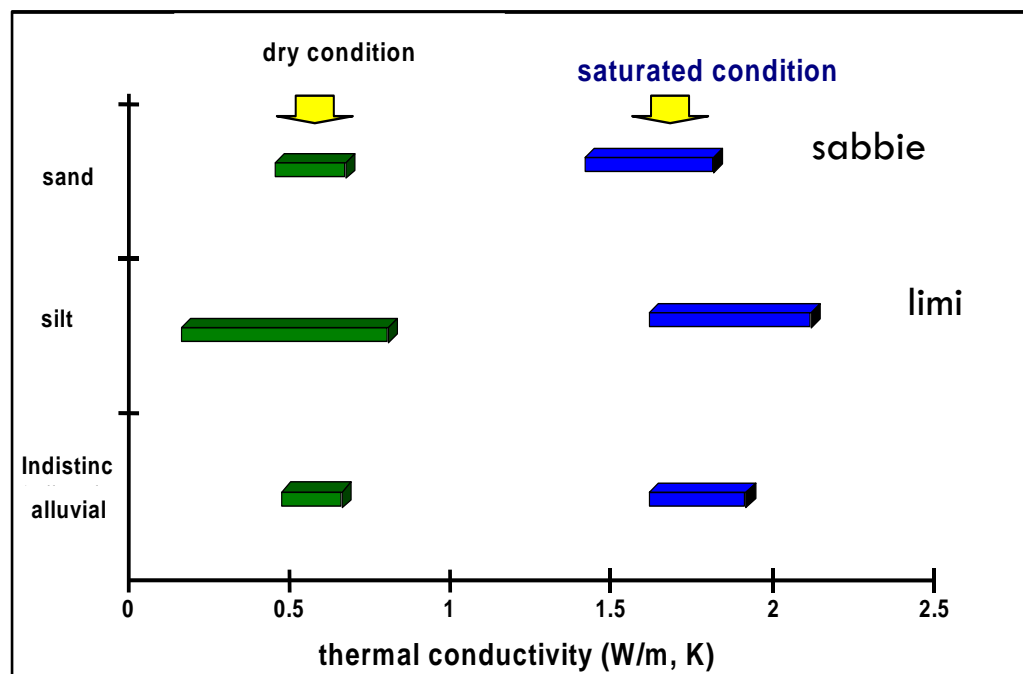
# Quanto calore trasmettere un terreno e come viene misurato?

# Conducibilità termica dei terreni

Classi litologiche	Conducibilità termica (W/m, K)
Alluvioni indistinte	0.46-0.65
Sabbie	0.47
Gessi	0.50
Limi prevalenti	0.55
Argille – argille varicolori	0.65
Argille e calcari	0.65-1.93
Arenarie e peliti	0.65-2.13
Ofiolite	1.86-3.00
Calcari e marne	1.93-2.12
Basalti	2.06
Gabbri	2.07
Marne	2.12
Arenarie	2.13
Unità caotiche	2.23
Graniti	3.27

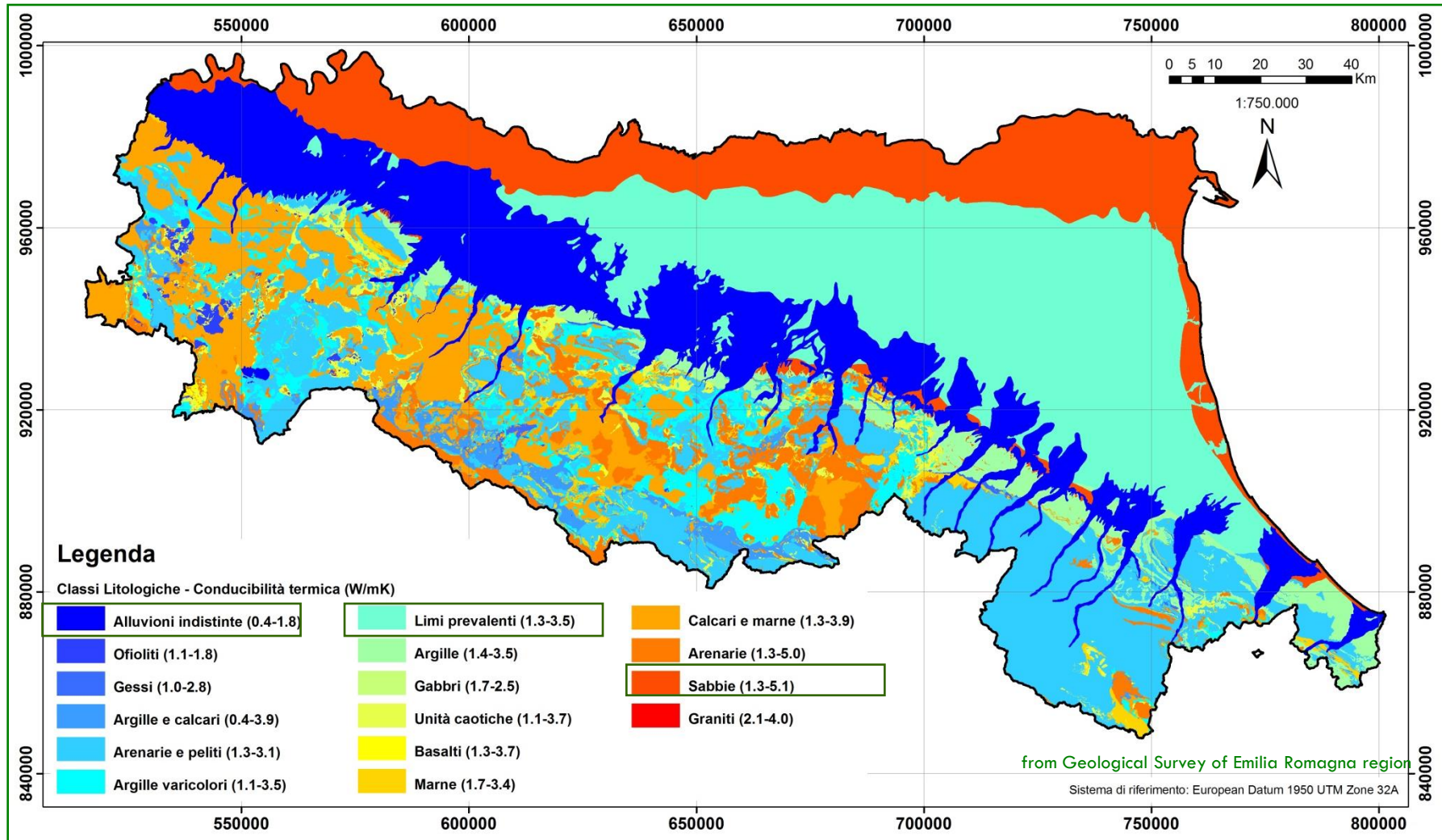
from Geological Survey of Emilia Romagna region

La conducibilità termica dei terreni dipende: dalle condizioni **geologiche** ed **idrogeologiche** del sito



**la conducibilità termica è una misura dell'attitudine di un terreno a trasmettere il calore**

# conducibilità termica dei terreni



# qual è la potenza termica estraibile da un terreno?



# capacità termica specifica dei terreni

	underground	specific heat extraction	
		for 1800 h (W/m)	for 2400 h (W/m)
general guideline values	poor underground (dry sediment) with $\lambda < 1,5$ W/m K)	25	20
	normal rocky underground and water saturated sediment with $\lambda = 1,5 - 3,0$ W/m K	60	50
	consolidated rock with high thermal conductivity, with $\lambda > 3,0$ W/m/K	84	70
Individual rocks	gravel, sand, dry	<25	<20
	gravel, sand, saturated water	65 – 80	55 – 65
	for strong groundwater flow in gravel and sand, for individual systems	80-100	30 – 40
	clay, loam, damp	35 – 50	45 – 60
	limestone (massive)	55 – 70	55 – 65
	sandstone	65 – 80	55 – 70
	siliceous magmatites (e.g. granite)	65 – 85	35 – 55
	basic magmatites (e.g. basalt)	40 – 65	60 – 70
	gneiss	70 – 85	80 – 100

From VDI 4640 (German guideline for ground heat pumps and direct thermal use of the underground)

tabella delle potenze termiche estraibili in funzione:



□ delle proprietà del terreno

□ ore di funzionamento dell'impianto  
(es. norme VDI 4060)

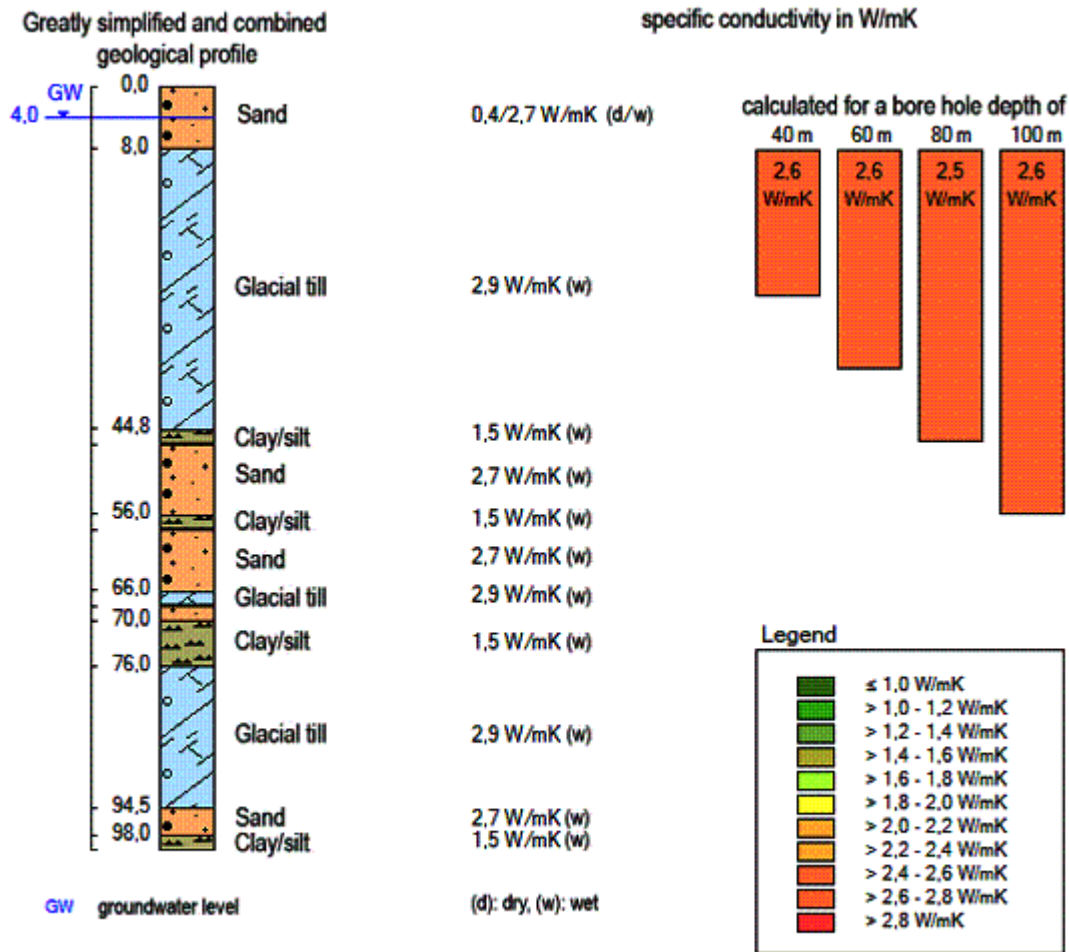
# capacità termica specifica considerazioni

	underground	specific heat extraction	
		for 1800 h (W/m)	for 2400 h (W/m)
<b>Individual rocks</b>	gravel, sand, dry	<25	<20
	gravel, sand, saturated water	65 – 80	55 – 65
	for strong groundwater flow in gravel and sand, for individual systems	80-100	80 - 100
	clay, loam, damp	35 – 50	45 – 60

# capacità termica specifica considerazioni

	underground	specific heat extraction	
		for 1800 h (W/m)	for 2400 h (W/m)
<b>Individual rocks</b>	gravel, sand, dry	<25 	<20
	gravel, sand, saturated water	65 – 80 	55 – 65
	for strong groundwater flow in gravel and sand, for individual systems	80-100	80 - 100
	clay, loam, damp	35 – 50	45 – 60

# esempio: calcolo conducibilità termica

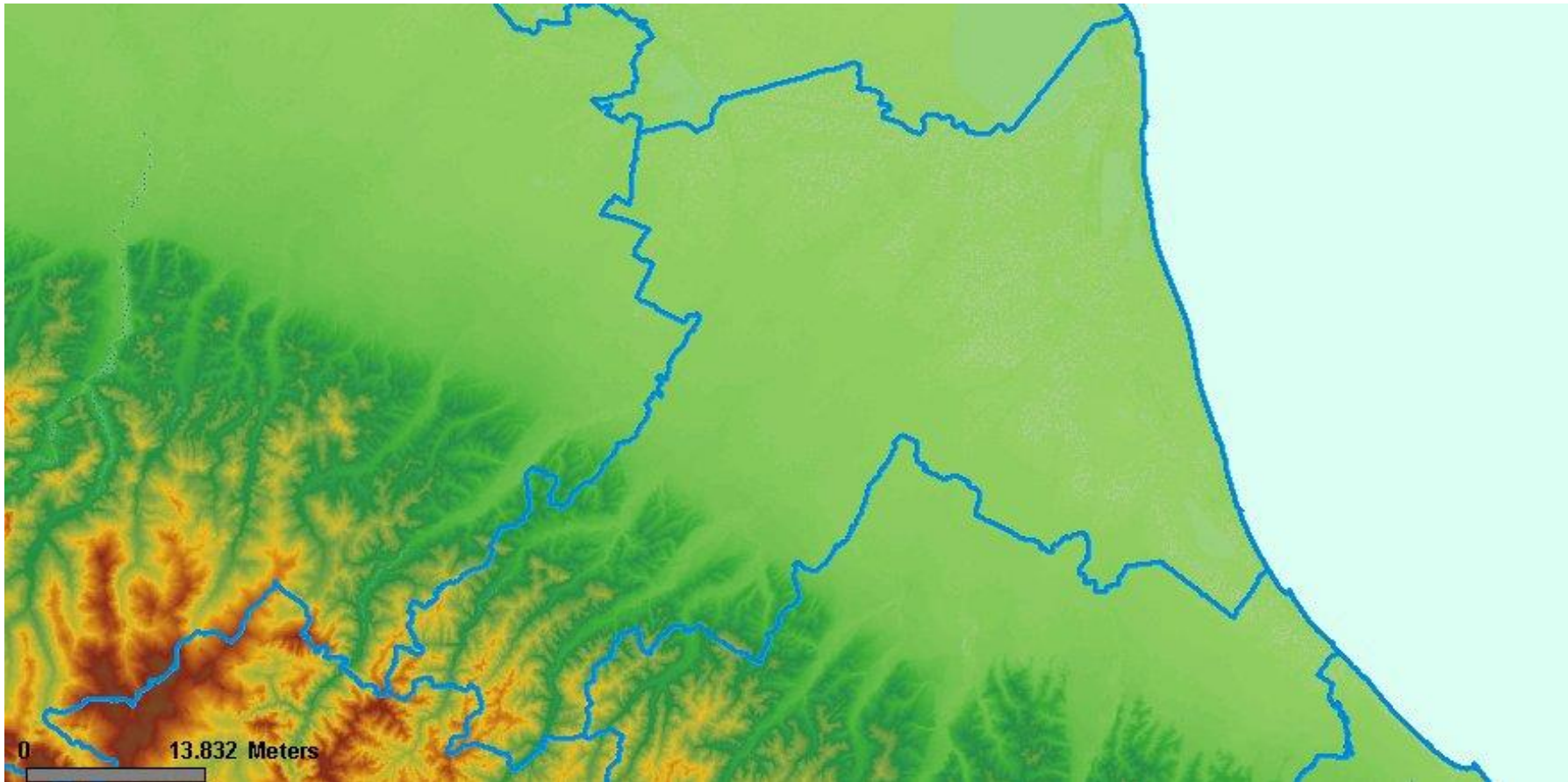


**Calcolo della  
conducibilità termica  
pesata per lo spessore  
degli strati**

\*The values on specific conductivity of rock are from VDI 4640 (2010), or were ascertained by laboratory or on-site measurements of loose rock in Berlin

# applicazione

>Rave  
nna  
21.22.23  
maggio 2014



PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

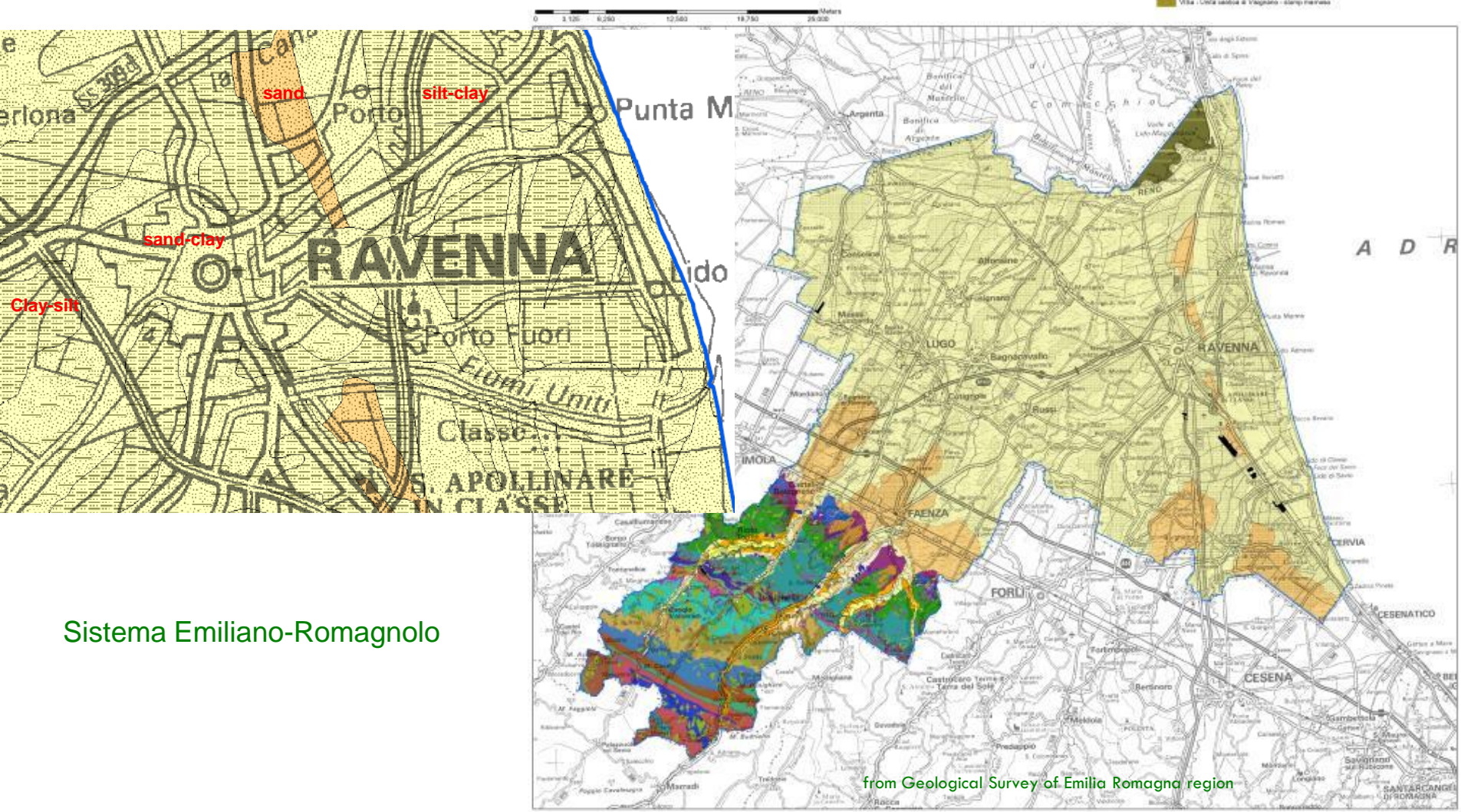


This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)



# Mappa litologica



Sistema Emiliano-Romagnolo

from Geological Survey of Emilia Romagna region

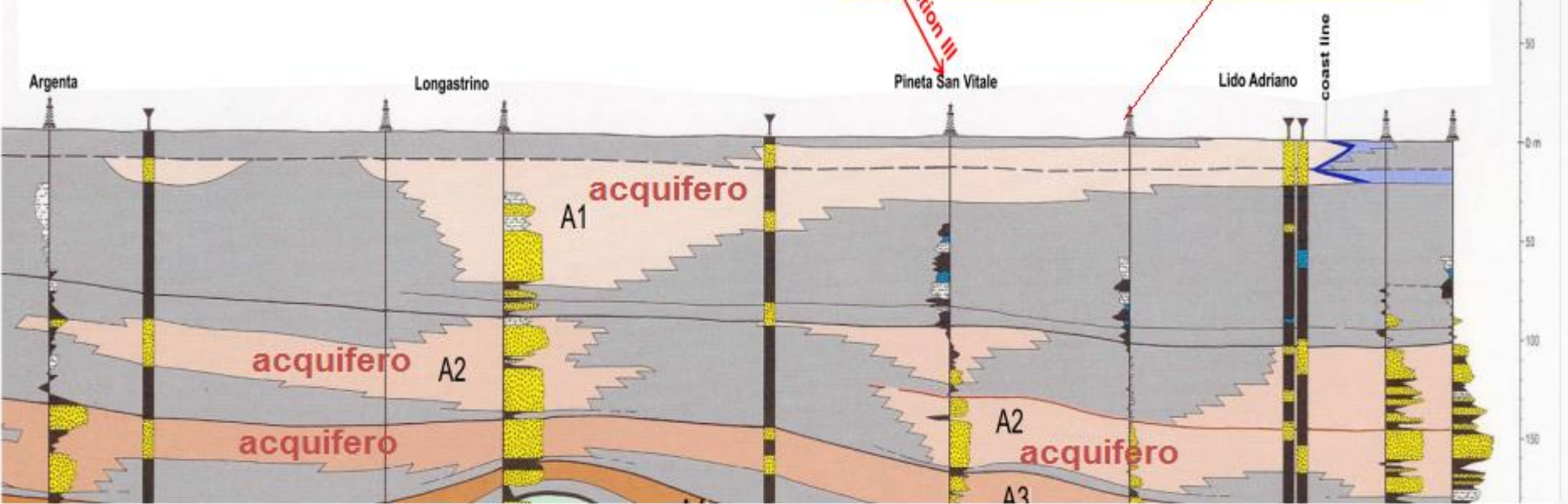
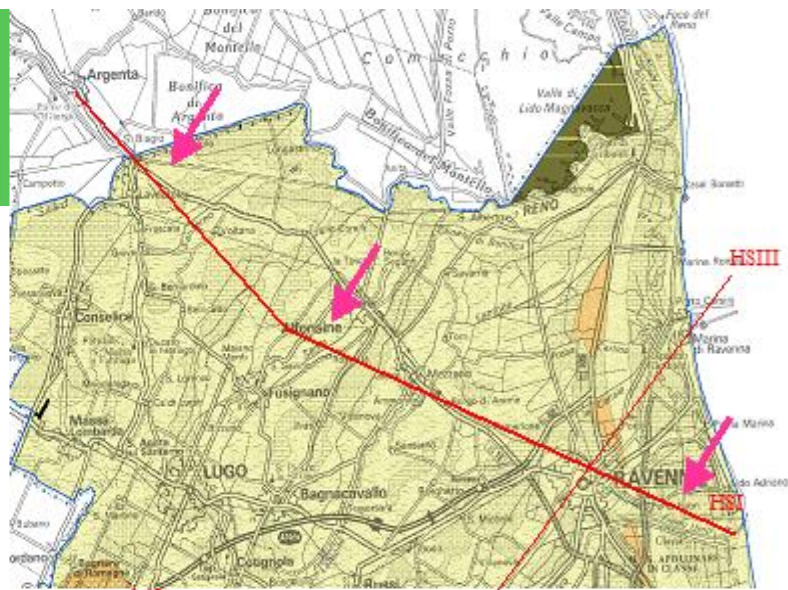
PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA



[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)



# sistemi acquiferi



from Geological Survey of Emilia Romagna region

PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

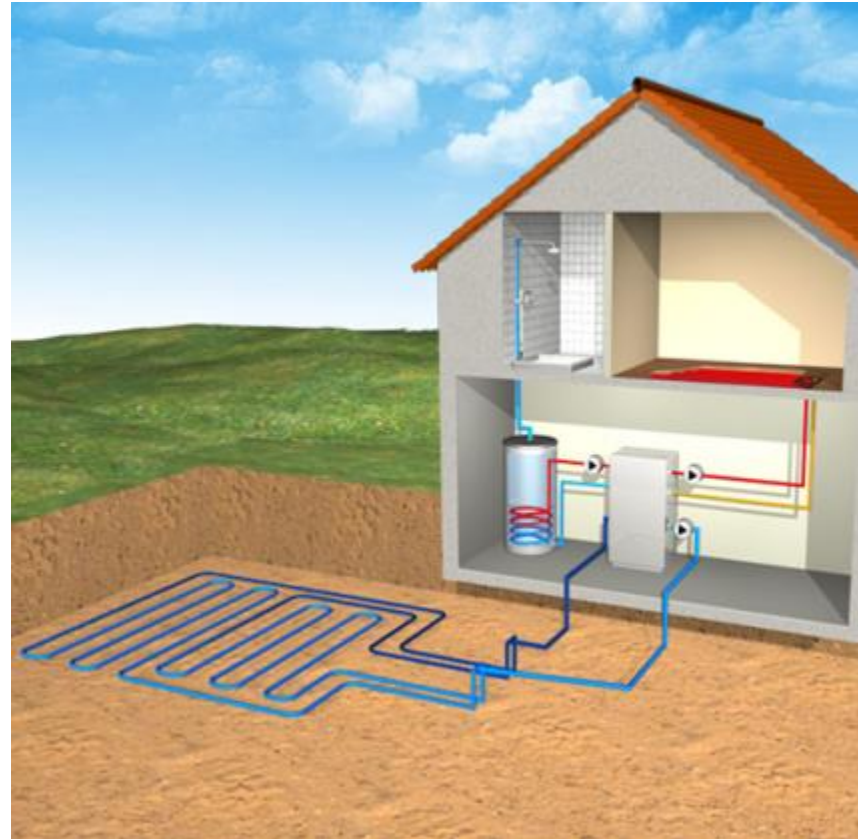


This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)

# sonde geotermiche orizzontali

>Rave  
nna  
21.22.23  
maggio 2014



PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

from Geological Survey of Emilia Romagna region



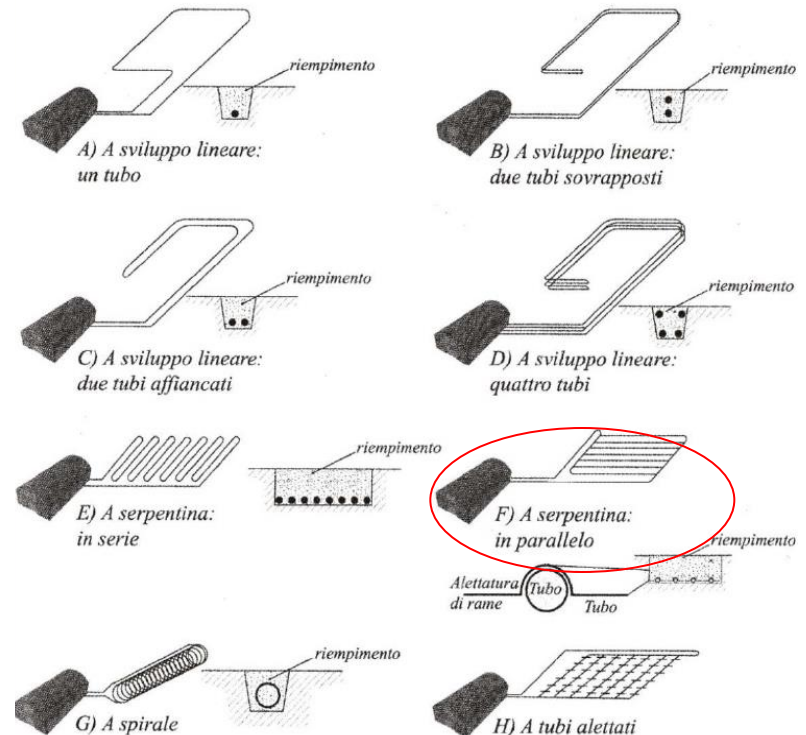
This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)

# sonde geotermiche orizzontali



profondità: 1.2 - 3.0 metri dal piano campagna



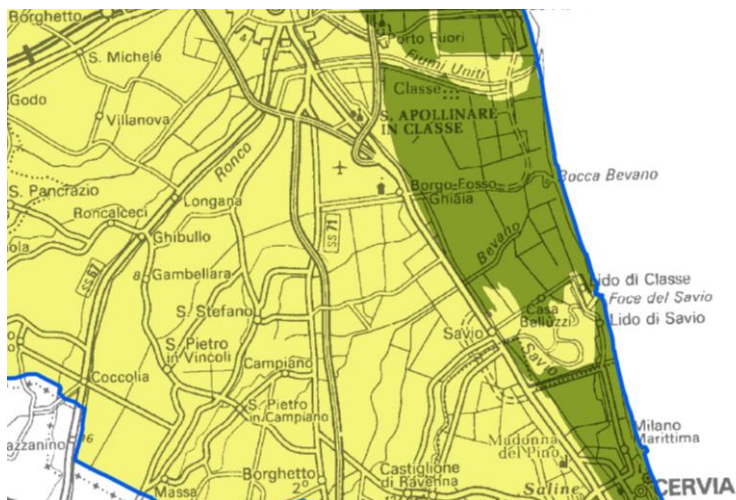
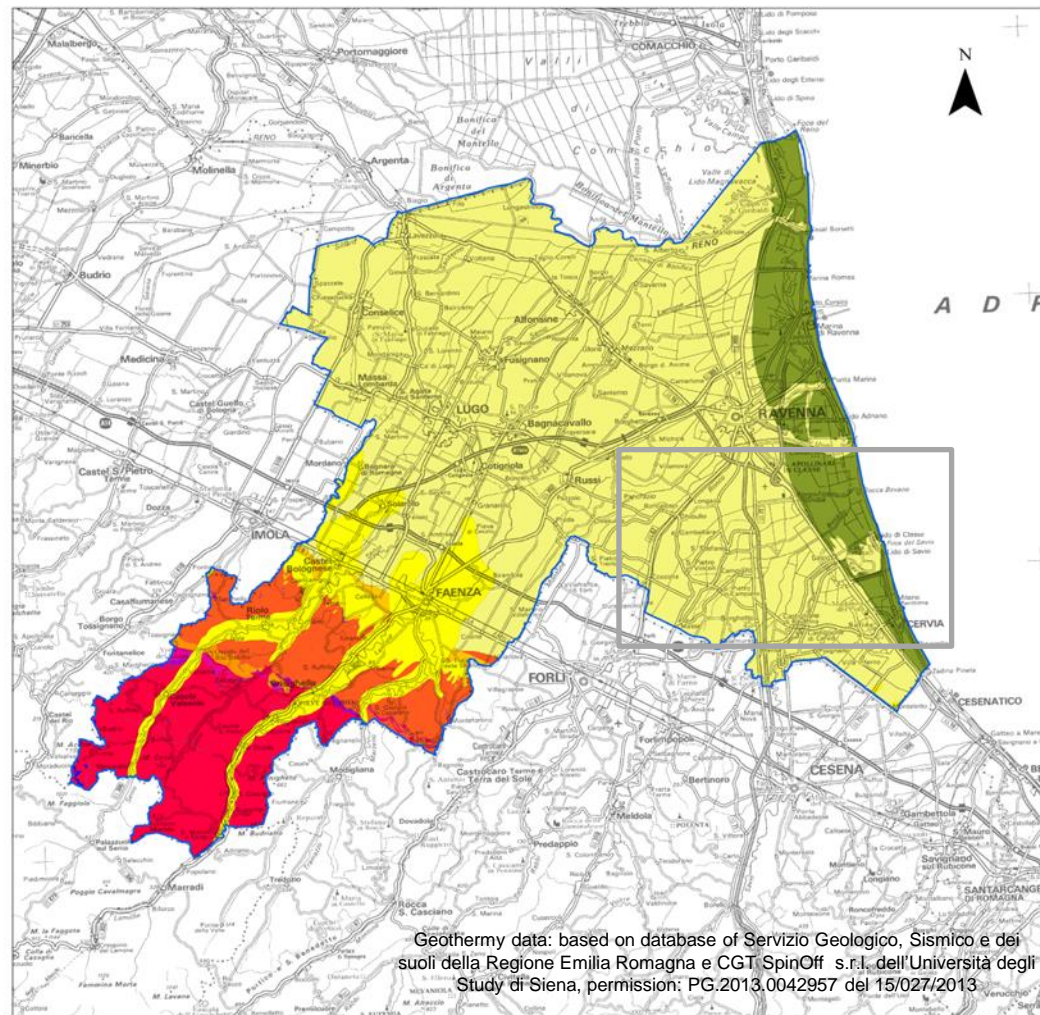
sonde geotermiche orizzontali: configurazioni



# Conducibilità termica dei terreni (0-3m)



SCALA 1:100.000



Geothermy data: based on database of Servizio Geologico, Sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna e CGT SpinOff s.r.l. dell'Università degli Study di Siena, permission: PG.2013.0042957 del 15/02/2013

PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

from Geological Survey of Emilia Romagna region



This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)



# Capacità termica specifica dei terreni 0-3 m



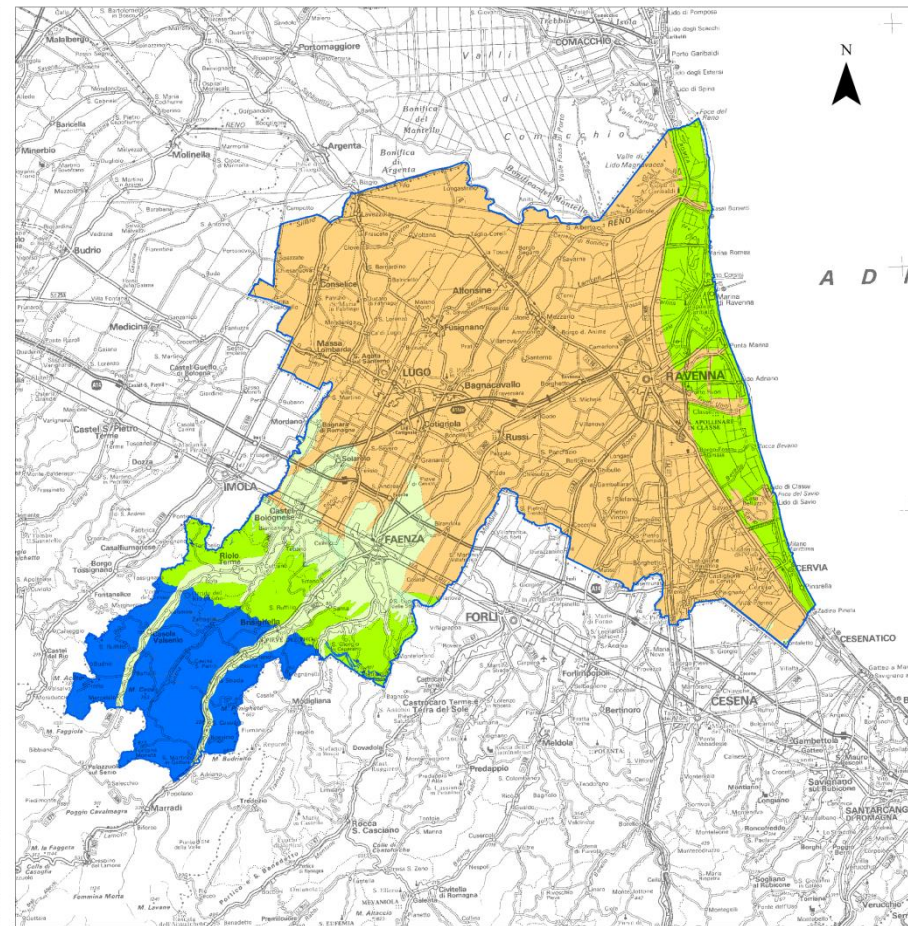
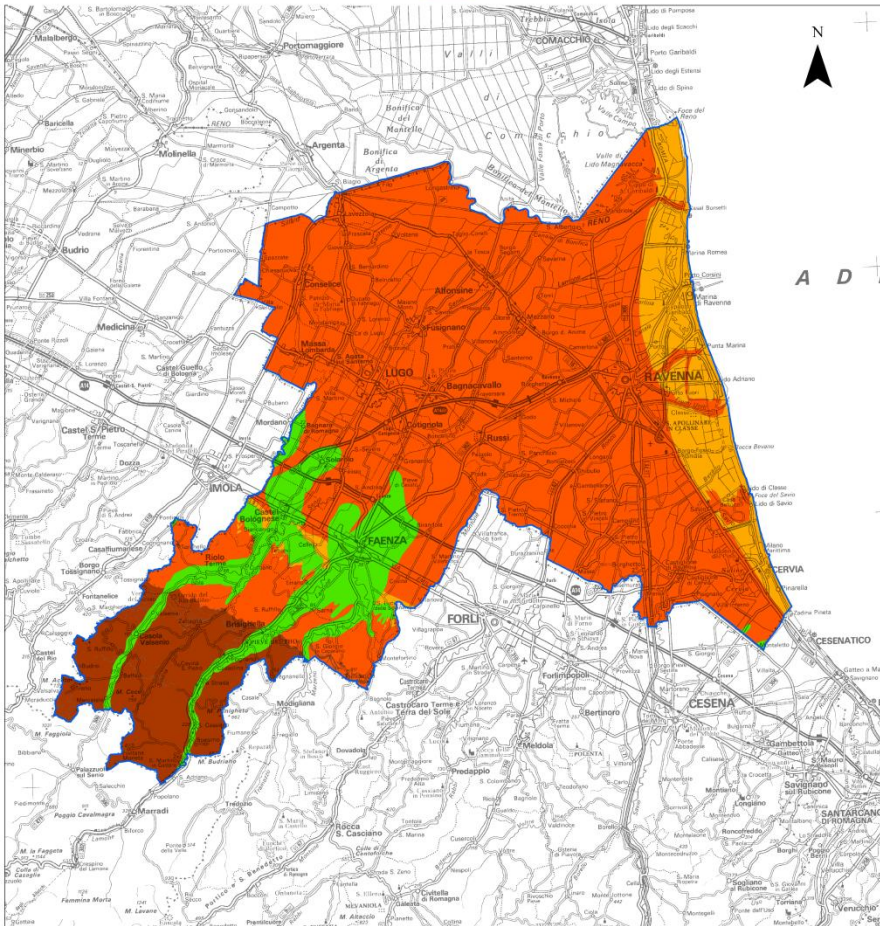
0-3 m: 1800  
h/year, in W/m

0-3 m: 2400 h/year, in  
W/m



0 2,950 5,900 11,800 17,700 23,600 Meters

0 3,125 6,250 12,500 18,750 25,000 Meters



PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

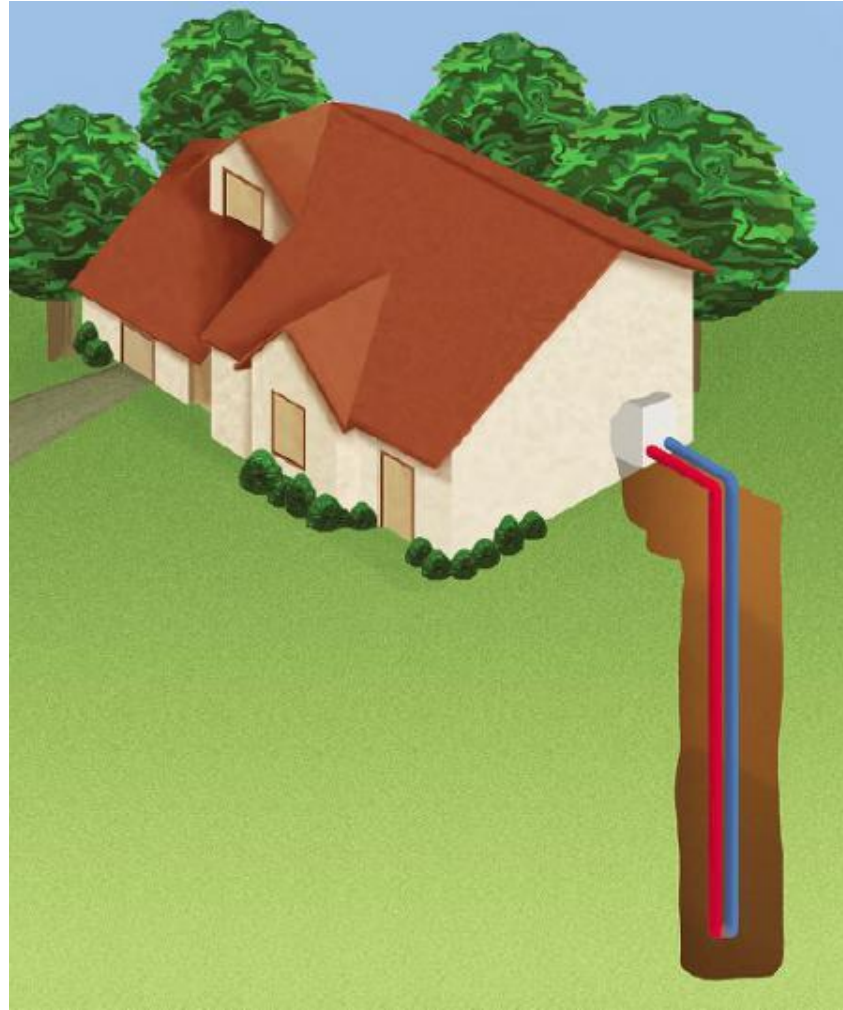
from Geological Survey of Emilia Romagna region



[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)

# sonde geotermiche verticali

>Rave  
nna  
21.22.23  
maggio 2014



PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

from Geological Survey of Emilia Romagna region



This project is implemented through the CENTRAL EUROPE Programme co-financed by the ERDF

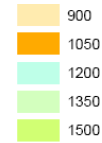
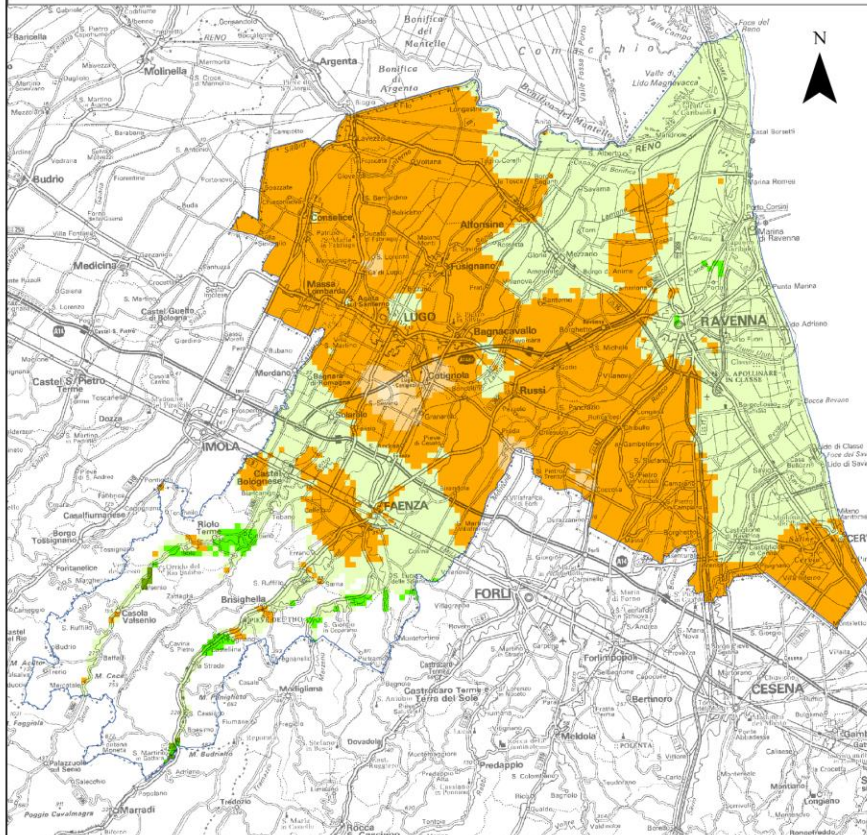
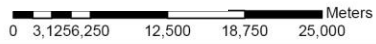
[www.ravenna2014.it](http://www.ravenna2014.it)



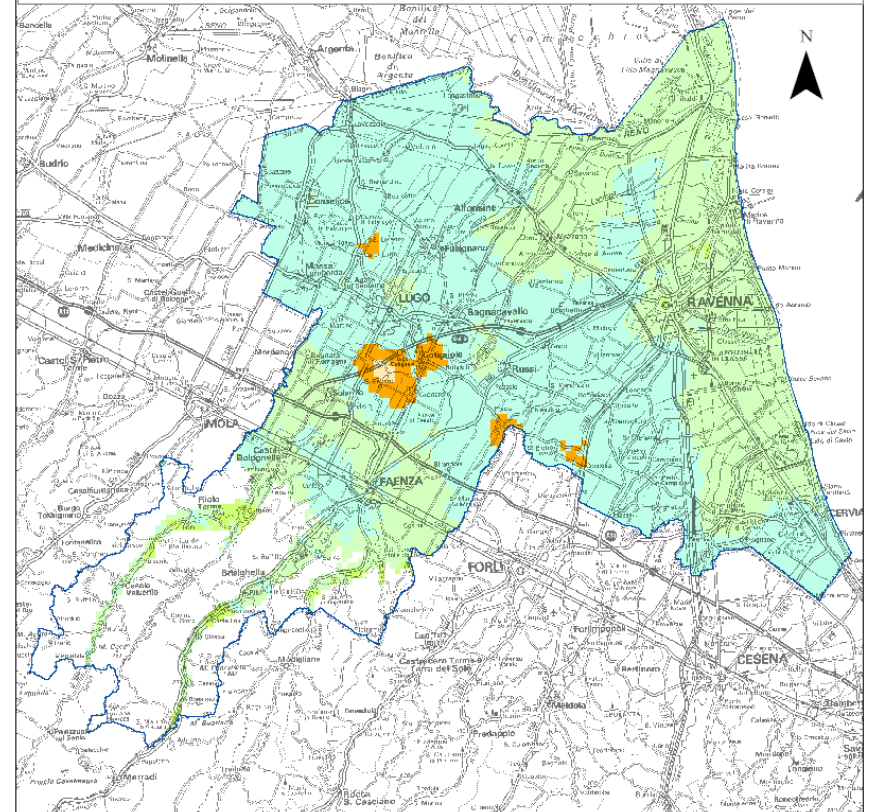
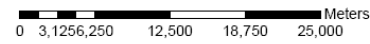
# Capacità termica specifica dei terreni (0-30m)



0-30 m: specific heat abstraction capacities for 1800 h/year, in W

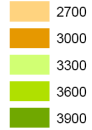


0-30 m: specific heat abstraction capacities for 2400 h/year, in W

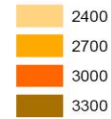
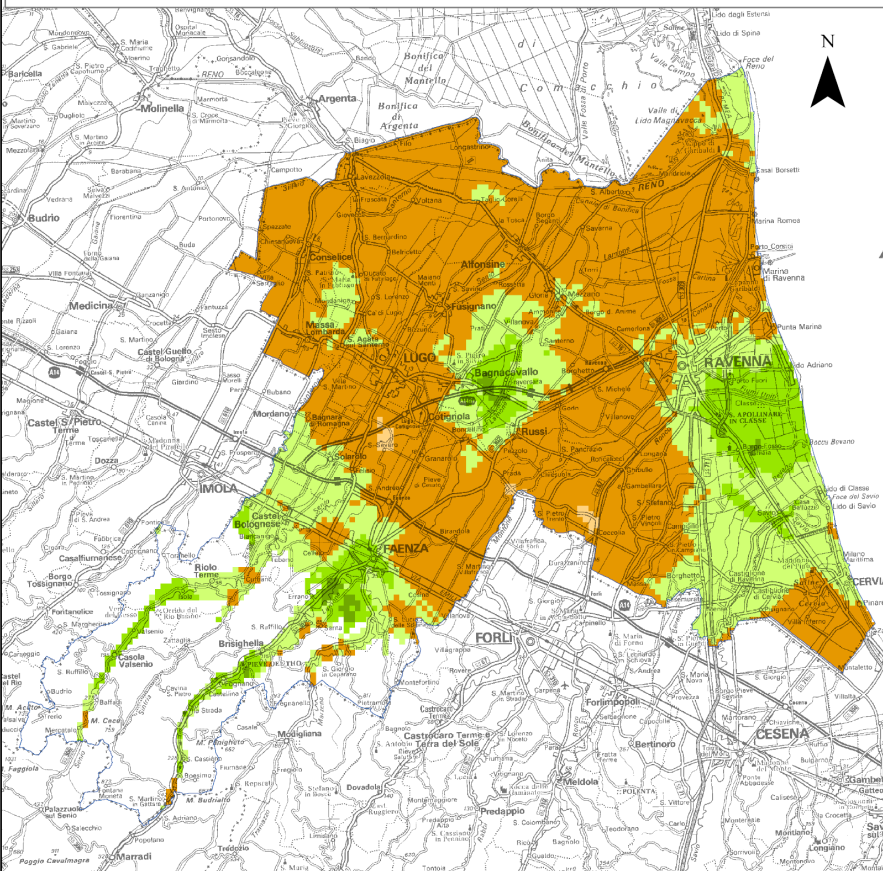
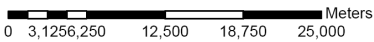




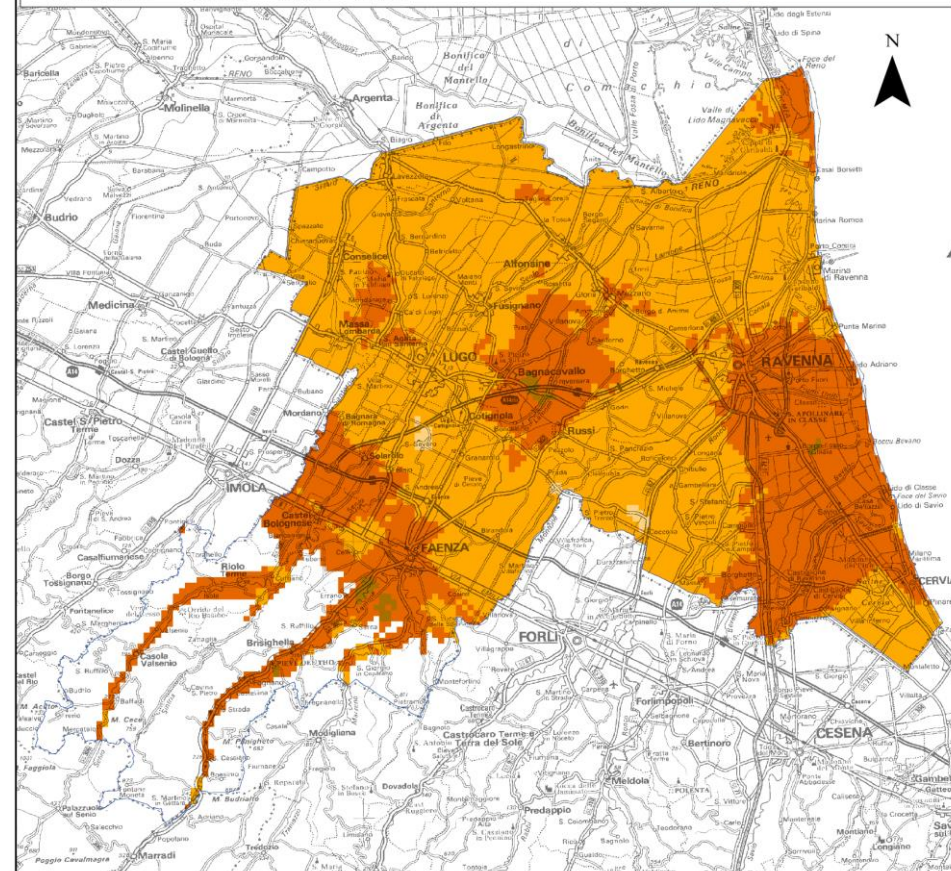
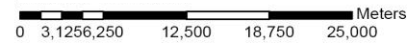
# Capacità termica dei terreni (0-60m)



0-60 m: specific heat abstraction capacities for 1800 h/year, in W

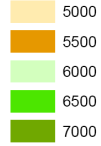


0-60 m: specific heat abstraction capacities for 2400 h/year, in W

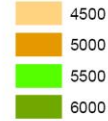
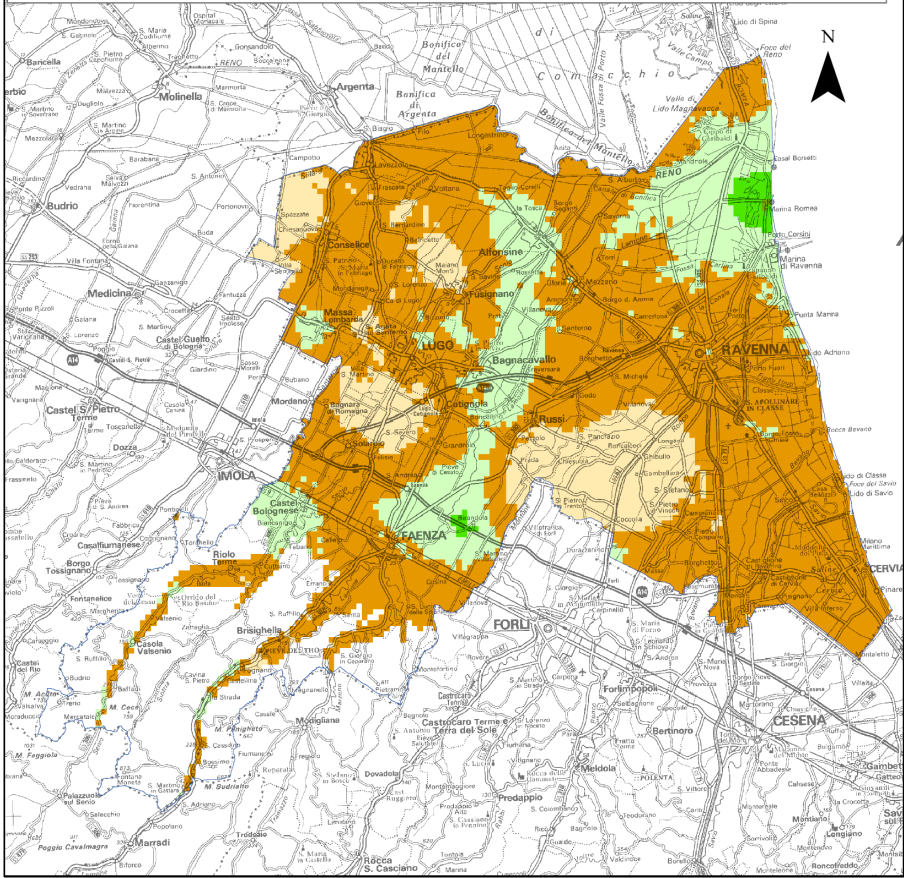
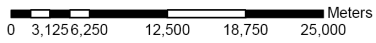




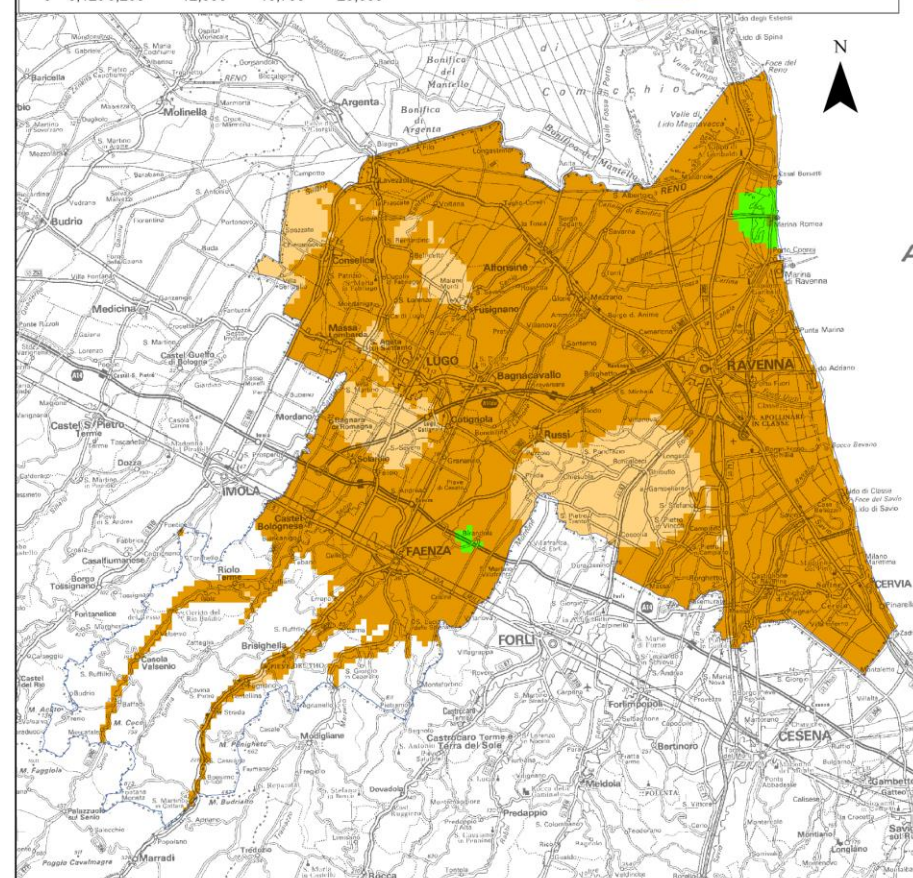
# Capacità termica dei terreni (0-100m)



0-100 m: specific heat abstraction capacities for 1800 h/year, in W



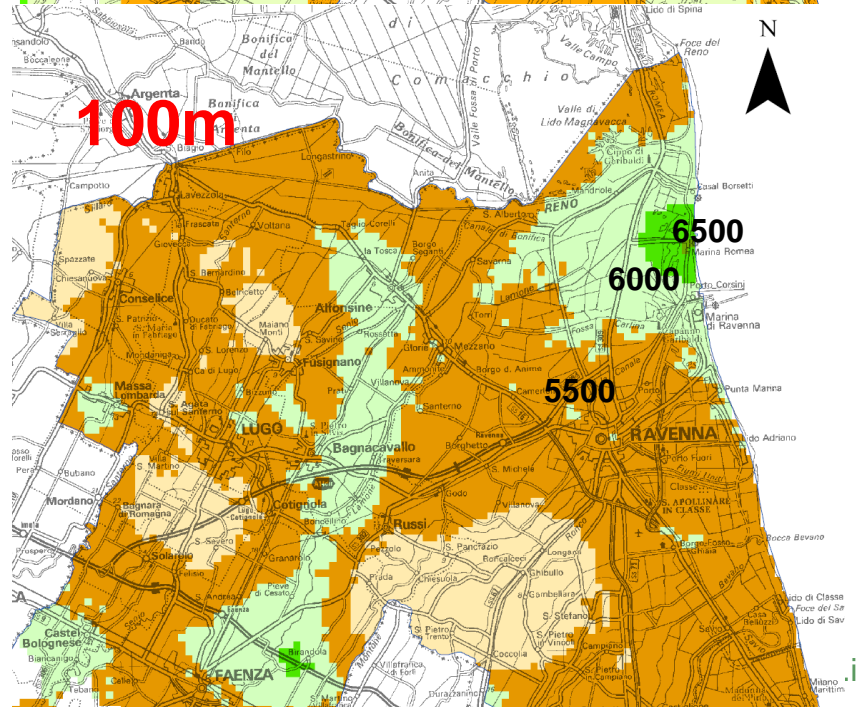
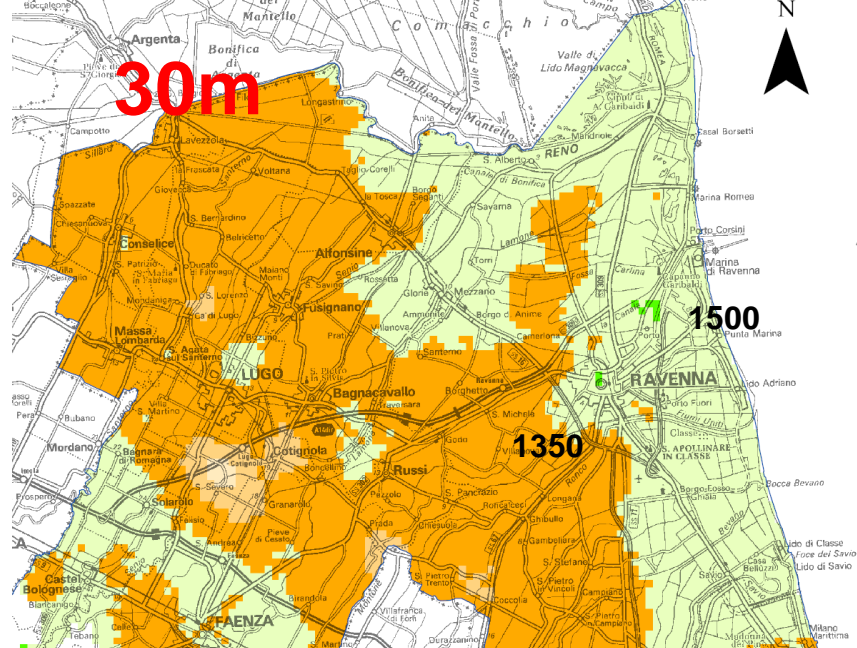
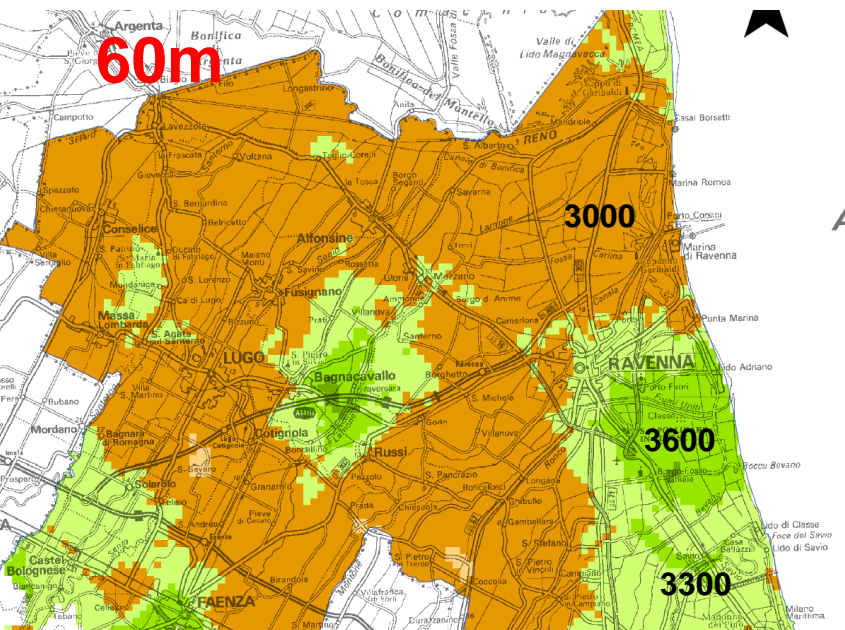
0-100 m: specific heat abstraction capacities for 2400 h/year, in W





# Mappe capacità termica specifica: confronto

↪ Maggiori profondità  
↪ Aumento capacità termica





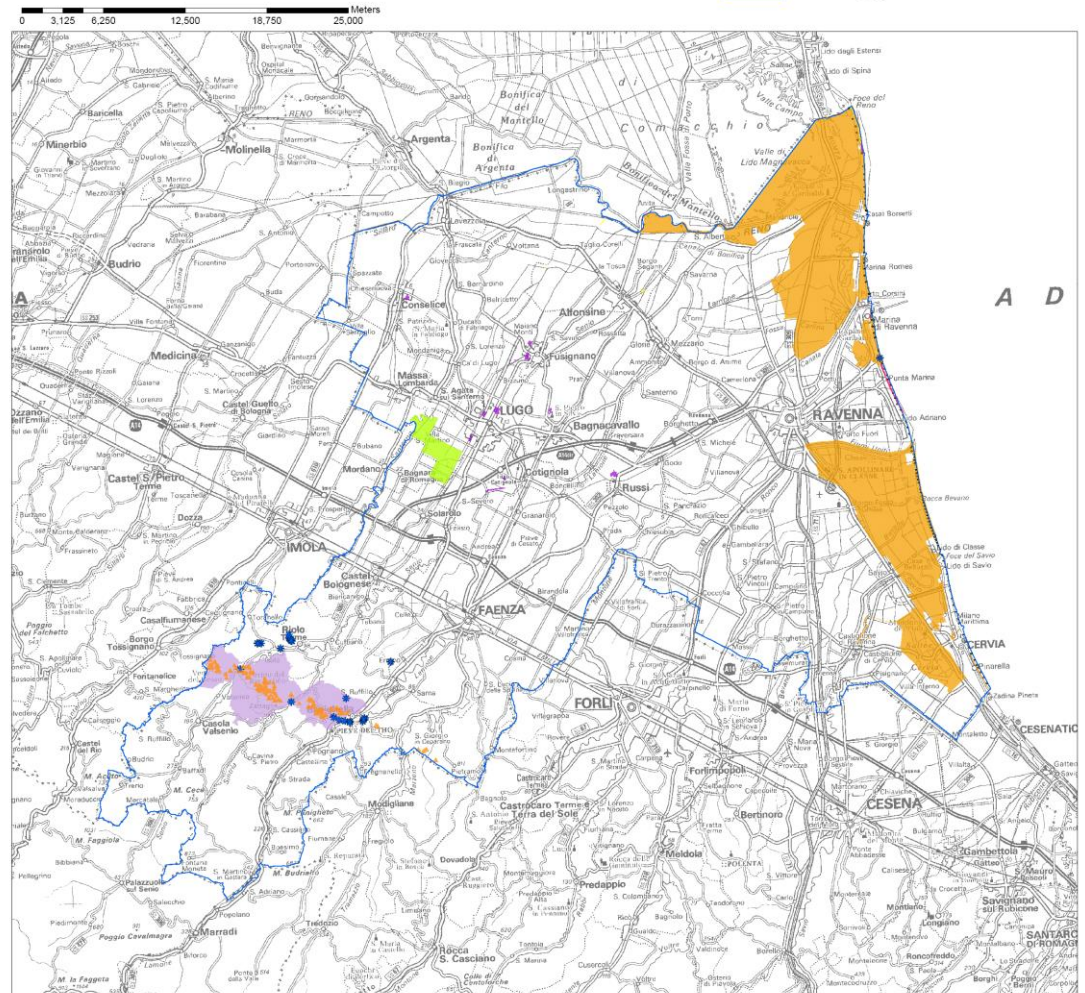
**aree escluse**

Natural parks and protected areas

- \* spring
- ▲ Natural cativities
- Areas vulnerable to sea storm Rr=1 year
- Areas vulnerable to sea storm Tr=10 years
- Areas vulnerable to sea storm Tr=100 years

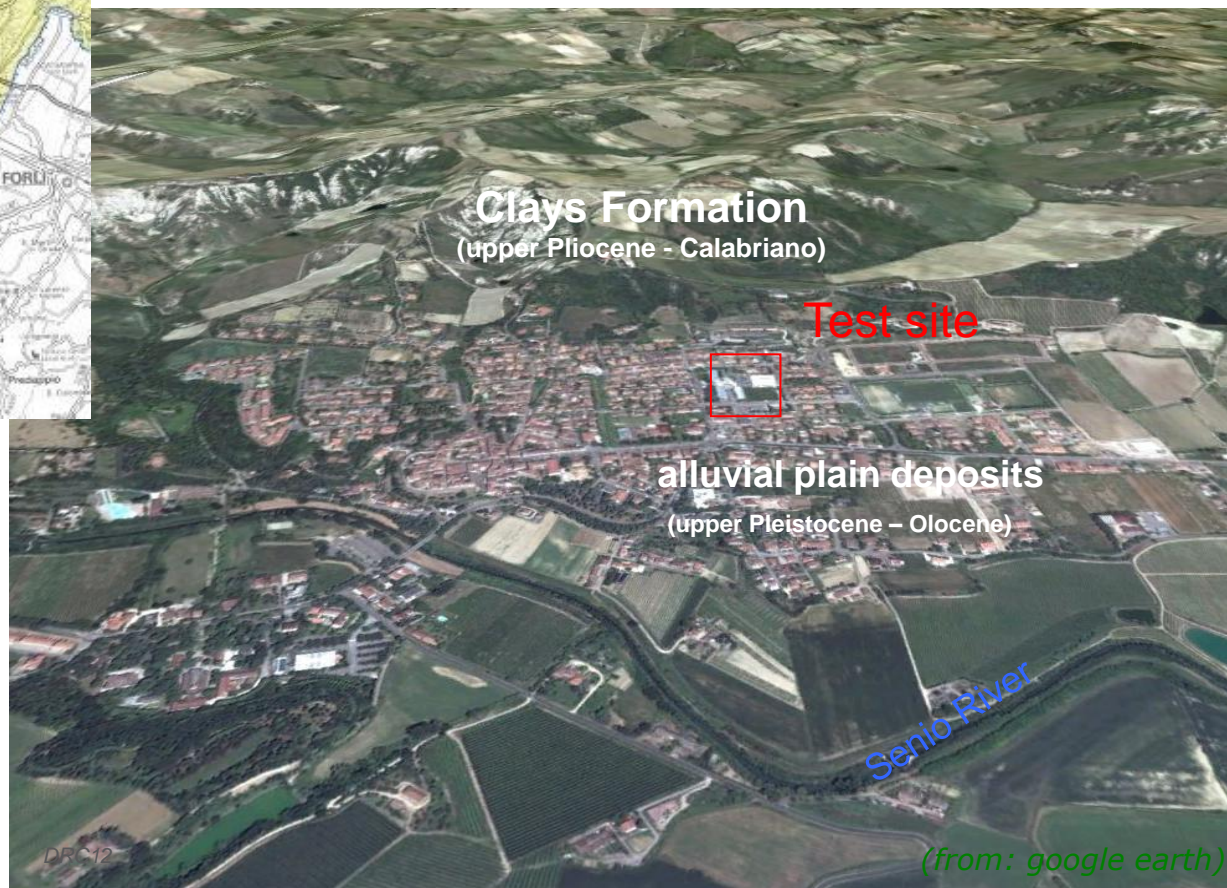
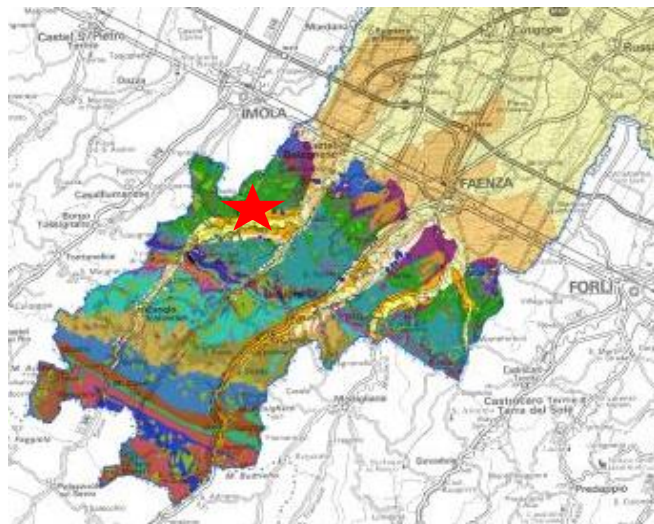
- Alfonsine
- Delta del Po
- Pineta di Ravenna
- Sacca di Bellocchio
- Vena del Gesso Romagnola
- Aree di riequilibrio ecologico
- Paesaggi Protetti

4



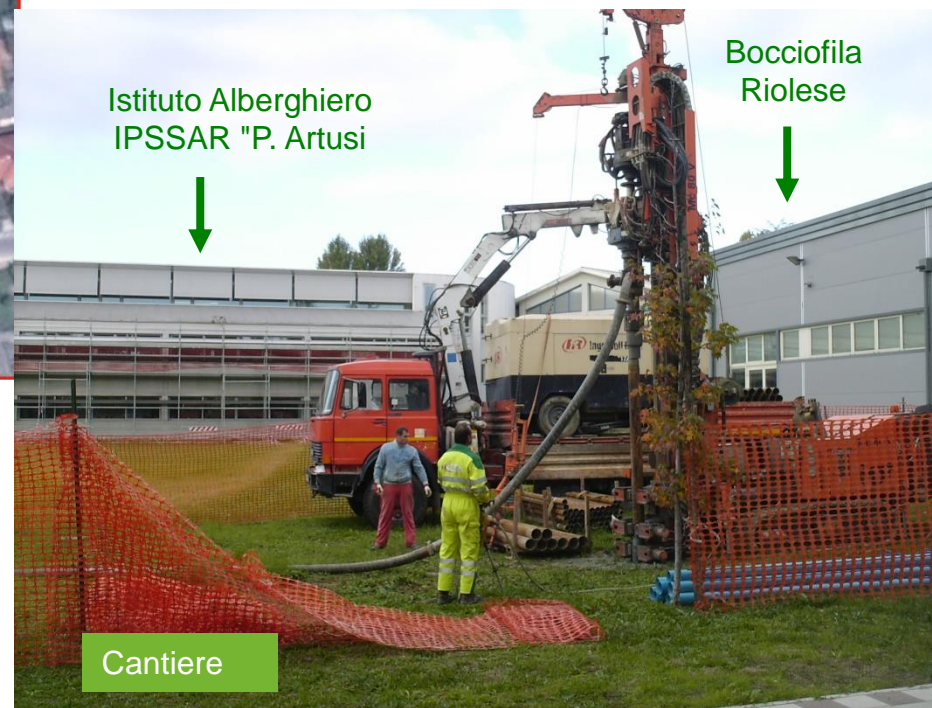
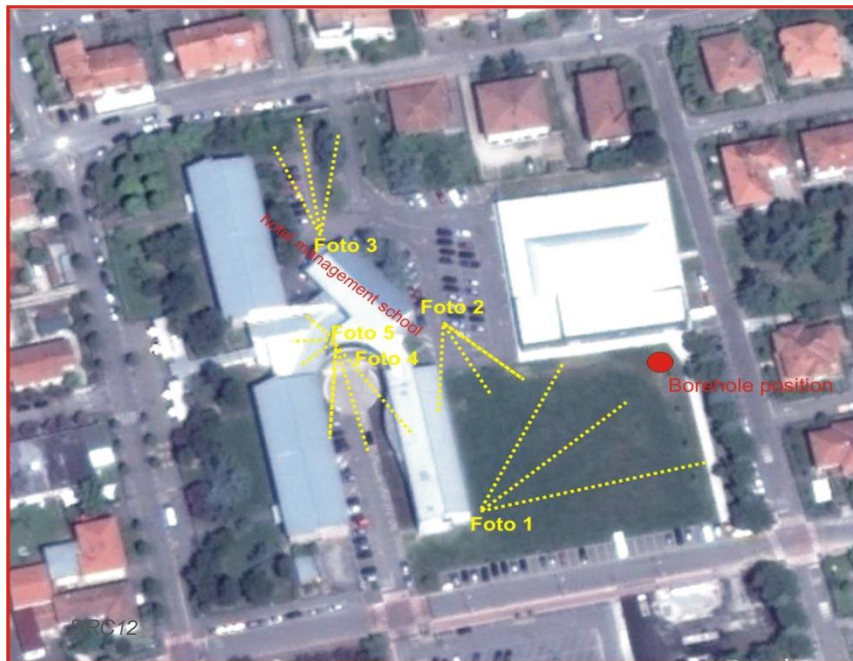
**aree d'interesse archeologico**

# Il sito pilota di Riolo Terme



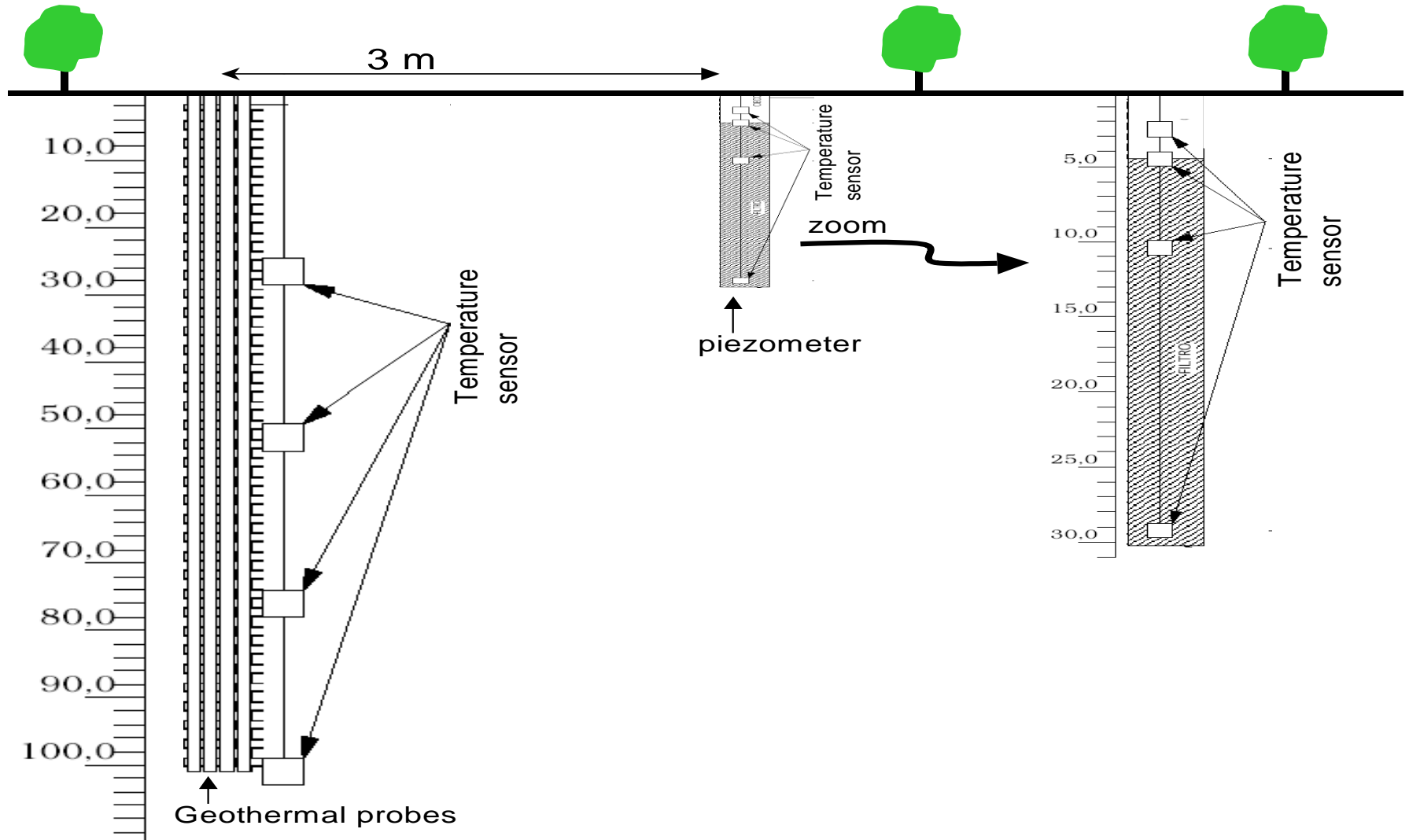


# Il sito pilota di Riolo Terme



PRESENTAZIONE DELLA PROPOSTA DI  
PIANO DI AZIONE LOCALE DELLA  
PROVINCIA DI RAVENNA

# Perforazioni – sensori - sonde geotermiche





# Stratigrafia

Conducibilità termica dei terreni 1.64 W/m,K;  
(resistenza termica,  $r_b$  0.10 K/(W/m).

Riolo Terme			
metri		descrizione litologica	potenziale acquifero
da	a		
0	2	argilla color marron con poca sabbia	
2	4	argilla color marron con poca sabbia	
4	5	argilla color marron sabbiosa	
5	8	sabbia argillosa (color marron) con presenza di ciottoli	SI*
8	10	argilla (color marron) sabbiosa con presenza di pochi ciottoli	
10	12	argilla grigia con presenza di pochi ciottoli	
12	18	argilla color grigio chiaro	
18	20	argilla color grigio chiaro	
20	22	argilla color grigio scuro	
22	100	argilla color grigio scuro	



# installazione due sonde geotermiche verticali a doppio U

## Perforazione 100 m



sonde geotermiche



Polietilene PE 100 - Pn16  
diametro: 32 mm  
Fluido scambiatore:  
acqua pura\*



\* PTCP, all'art. 5.4 della provincia di Ravenna, nei settori di **ricarica degli acquiferi è vietato** 'l'utilizzo di fluidi **scambiatori di calore diversi dall'acqua** utilizzati nelle pompe di calore/sonde geotermiche al fine del raffreddamento/ riscaldamento'



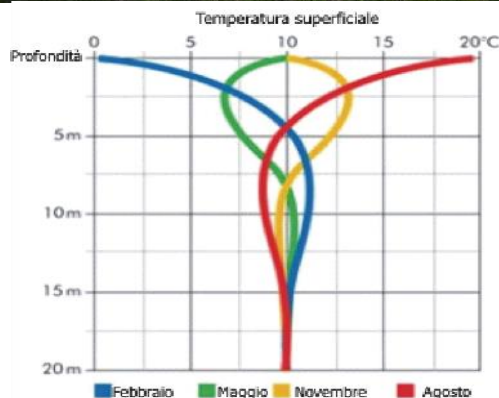
# Sensori di temperatura

## catena termica



Monitoraggio delle  
variazioni della  
temperatura con la  
profondità

Frequenza: 1 misura/ora



100 m

Profondità  
(m dal p.c.)

4

29

54

97

30 m

Profondità  
(m dal p.c.)

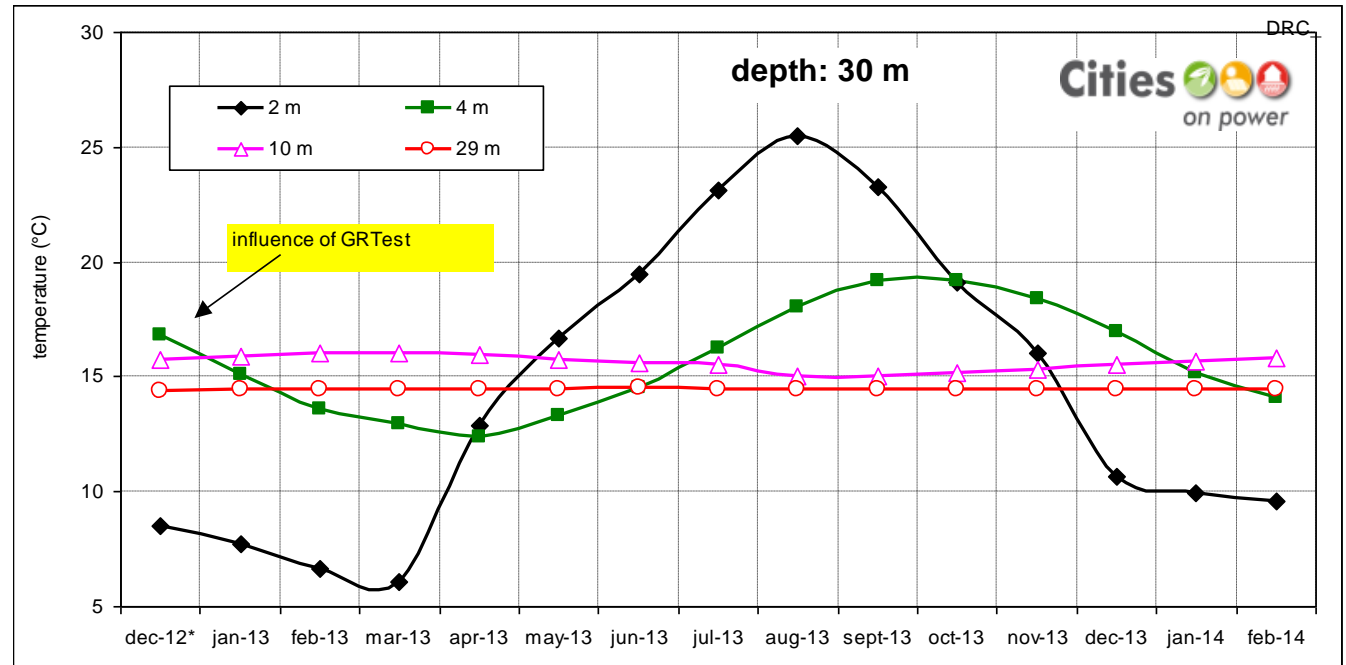
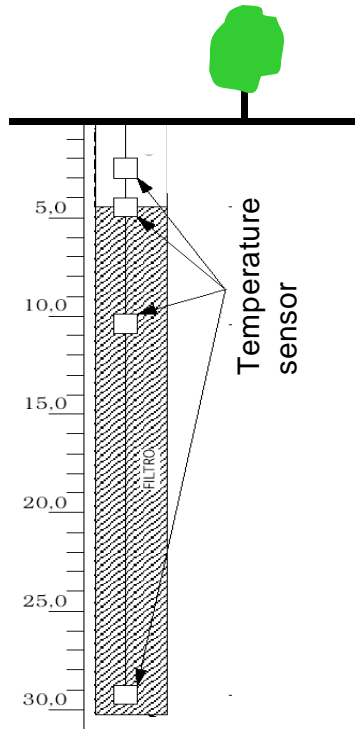
2

4\*

10

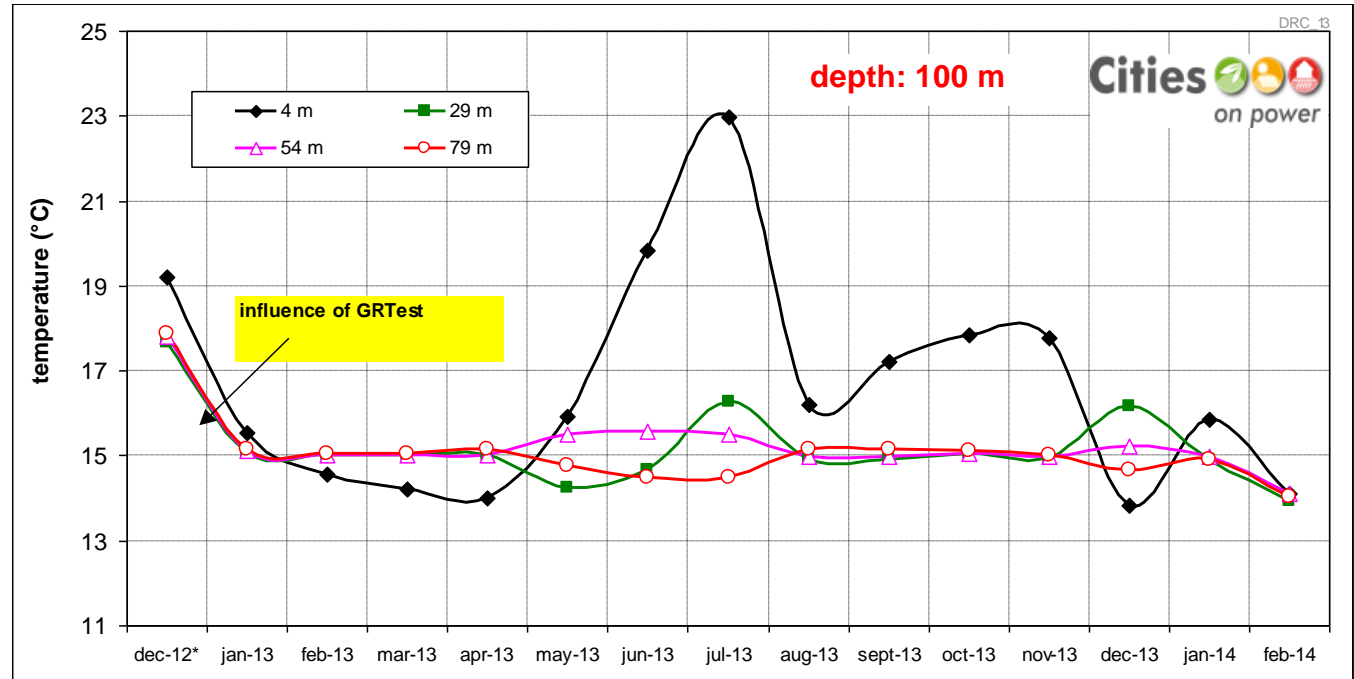
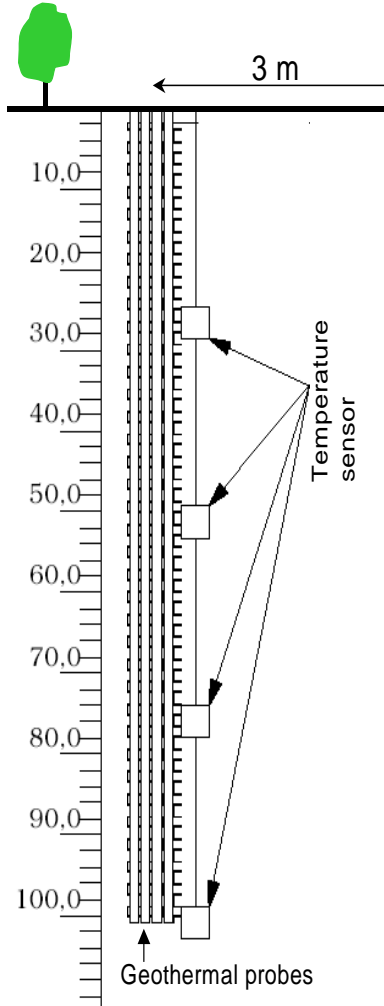
29\*

# Sensori di temperatura





# Sensori di temperatura



## Ringraziamenti:

R. Pignone, L. Martelli, F. Molinari, A. Martini, M. Pattueli, M.T. De Nardo, L. Perini, M. Pizziolo  
del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna

Dott. Cesari, GEO-NET Srl

*Geothermy data: based on database of Servizio Geologico, Sismico e dei suoli della Regione  
Emilia Romagna e CGT SpinOff s.r.l. dell'Università degli Study di Siena, permission:  
PG.2013.0042957 del 15/027/2013*

# Project partners

## Local and regional authorities:



## Expert institutions:



# Il progetto pilota di Riolo Terme e le potenzialità della geotermia a bassa entalpia in provincia di Ravenna

dr. Dimitra Rapti-Caputo

CFR

UniFe, Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra

mail: [cpr@unife.it](mailto:cpr@unife.it)