

Analisi preliminare delle risorse geotermiche in Emilia-Romagna

Imartelli@regione.emilia-romagna.it
fmolinari@regione.emilia-romagna.it
fsciuto@regione.emilia-romagna.it

Esempio di riserve geotermiche a bassa entalpia in Italia settentrionale

NAME AND LOCATION	RESERVOIR	DEPTH OF EXPLOITATION (m b.g.l.)	WATER TEMPERATURE °C	WATER SALINITY (g/l)	DISCHARGE RATE m ³ /h	DRAWDOWN (m)	REMARKS
RODIGO (MN)	Lower Jurassic limestone	4000	60°	1	> 100	< 100	
CASAGLIA (FE)	Jurassic limestone and dolomite	1100÷1900	95°	60	> 250	< 100	
METANOPOLI (MI)	Upper Miocene Colombacci fm	2000	62°	70	50	300	Methane: 40 m ³ /h
FOCE TAGLIAMENTO AND GRADO (UD)	Pleistocene Asti sand Fm	100÷420	35°÷48°	0.3	5÷50	Free flowing	
EUGANEI (PD)	Cretaceous and Jurassic limestone	< 500	65°-87°	1÷5	10÷150	1÷15	Area of thermal springs
VICENZA (VI)	Triassic-Cretaceous limestone and dolomite	1500-2000	68°	1	120	< 100	

Sorgenti termali dell'Appennino emiliano-romagnolo

località	T (°C)
Bobbio	18,8
Quara	24,4
Porretta (la Puzzola)	24,0
Porretta (Bove)	36,8
Bagno di Romagna	45,0

In Emilia-Romagna non sono presenti fonti geotermiche ad alta entalpia ($T > 150^{\circ}\text{C}$).

Tuttavia nell'Appennino emiliano-romagnolo e nella pianura sono presenti sorgenti termali e pozzi in cui sono stati registrate anomalie termiche positive.

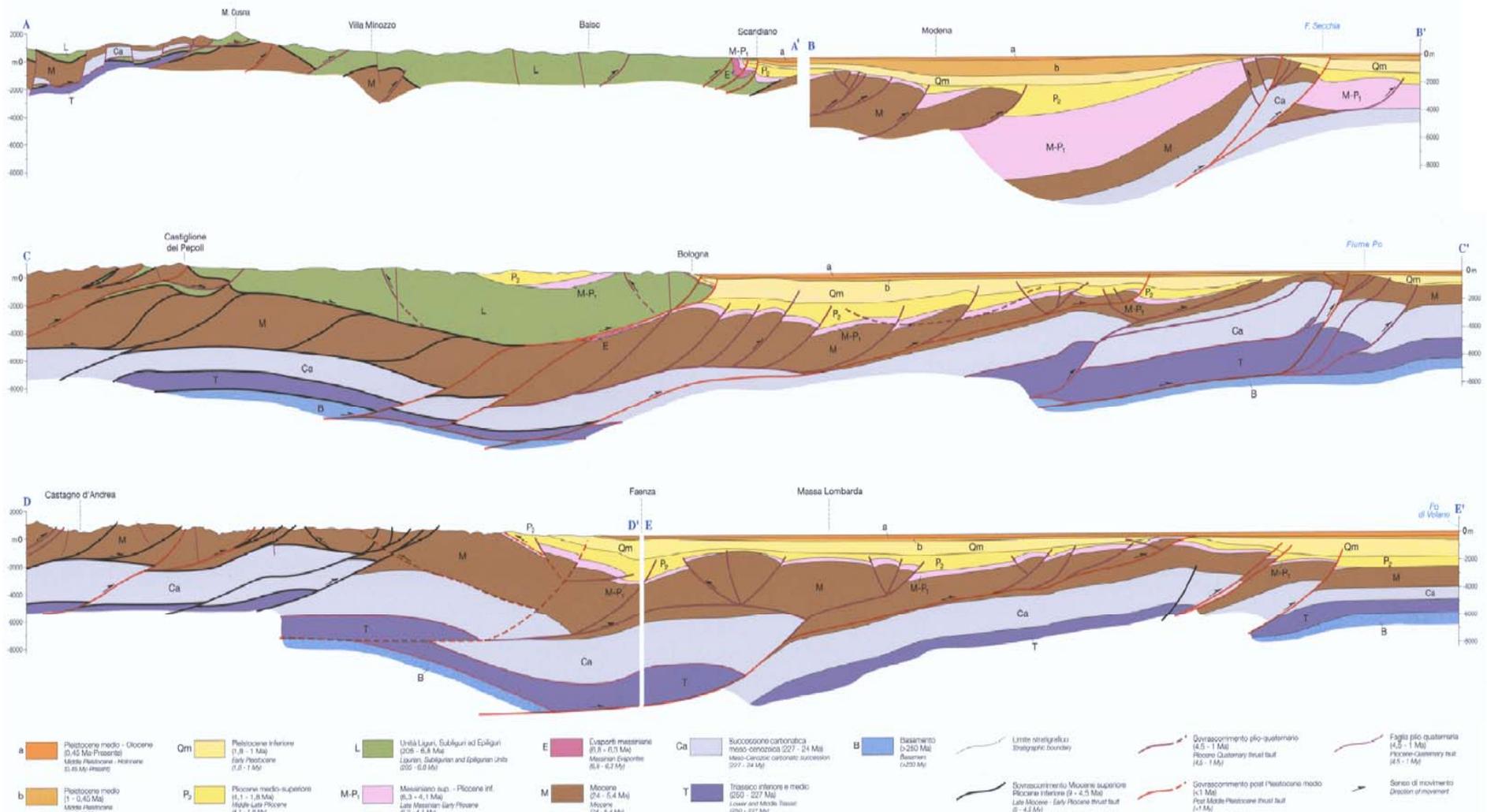
A Ferrara e a Bagno di Romagna lo sfruttamento di serbatoi geotermici a bassa entalpia, comunque con $T > 40^{\circ}\text{C}$, ha permesso l'uso diretto del calore per il teleriscaldamento e la balneologia.

In particolare, nel sottosuolo di Ferrara è presente, a profondità economicamente interessanti ($< 2000\text{ m}$), un acquifero con $T \geq 80^{\circ}\text{C}$.

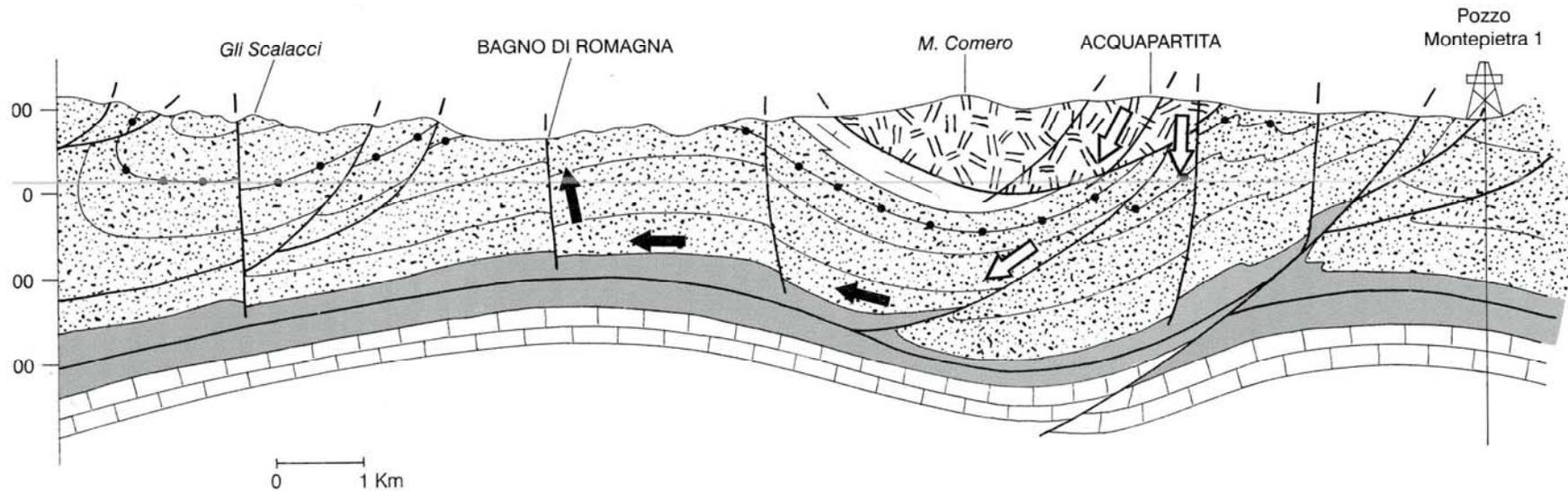
Già all'inizio degli anni '80 la Regione Emilia-Romagna ha promosso, in collaborazione con il CNR-Istituto per la Geotermia di Pisa, uno studio per la conoscenza dei caratteri idrogeologici e geotermici del territorio regionale e per la valutazione delle prospettive di sfruttamento.

Una delle principali conclusioni di questo studio fu che, data l'assenza di intrusioni magmatiche (plutoni) nel sottosuolo dell'Emilia-Romagna, le cause delle anomalie termiche positive sono da ricercare nella struttura tettonica di questo settore di catena.

Le anomalie termiche della pianura, come nel caso di Ferrara, sono spiegabili con la presenza di dorsali strutturali sepolte, dovute all'attività di pieghe-faglie che hanno permesso la risalita di corpi geologici profondi verso la superficie.



Le sorgenti termali appenniniche, come quella di Bagno di Romagna, possono invece essere spiegate con la circolazione in profondità delle acque meteoriche, che si infiltrano nel sottosuolo, dove si riscaldano, e risalgono in superficie lungo faglie



-  UNITÀ LIGURIDI S.L. + SUCCESSIONE EPILEGURE
-  MARNE DI VERGHERETO
-  FORMAZIONE MARNOSO - ARENACEA
-  STRATO CONTESSA
-  SCHLIER + SCAGLIA TERZIARIA
-  SCAGLIA + CALCARI MESOZOICI

-  limite stratigrafico
-  faglia
-  direzione di flusso
 -  acqua fredda
 -  acqua calda

Modello di circolazione idrotermale di Bagno di Romagna

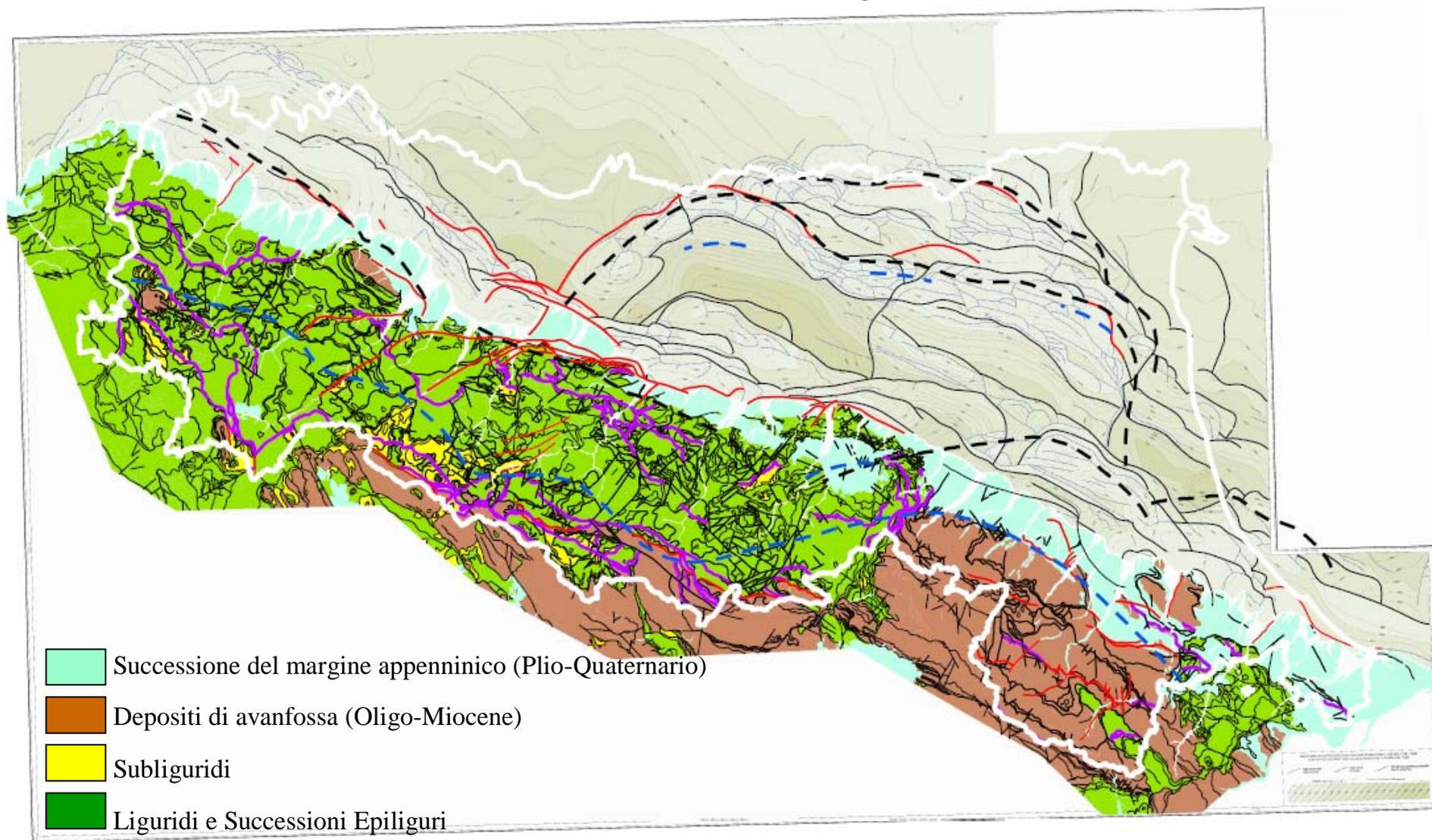
Modificato da Merlo et al. (1988)

Negli ultimi 30 anni sono stati acquisiti numerosi nuovi dati sul sottosuolo emiliano-romagnolo.

Le conoscenze attuali permettono di affermare che le condizioni geologico-strutturali del sottosuolo di Ferrara e Bagno di Romagna sono presenti in altre zone del territorio regionale ed individuare con buona approssimazione queste aree.

E' stata così effettuata una revisione dei dati geologici disponibili allo scopo di individuare potenziali serbatoi geotermici a profondità economicamente interessanti (< 3000 m)

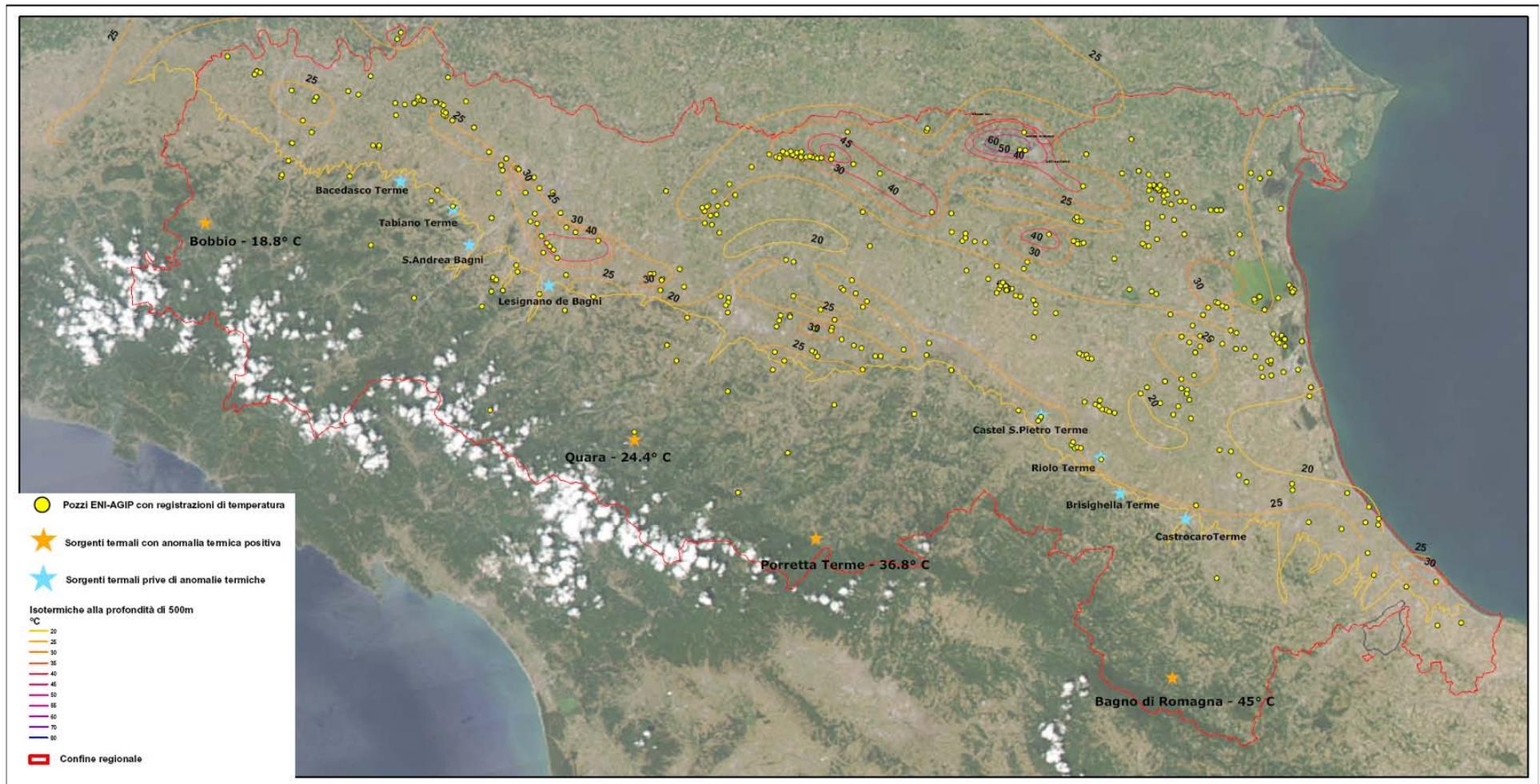
Grazie ai numerosi dati geologici acquisiti dagli anni '80 ad oggi è stato possibile aggiornare il quadro geologico regionale evidenziando le caratteristiche tettoniche d'interesse per la geotermia.



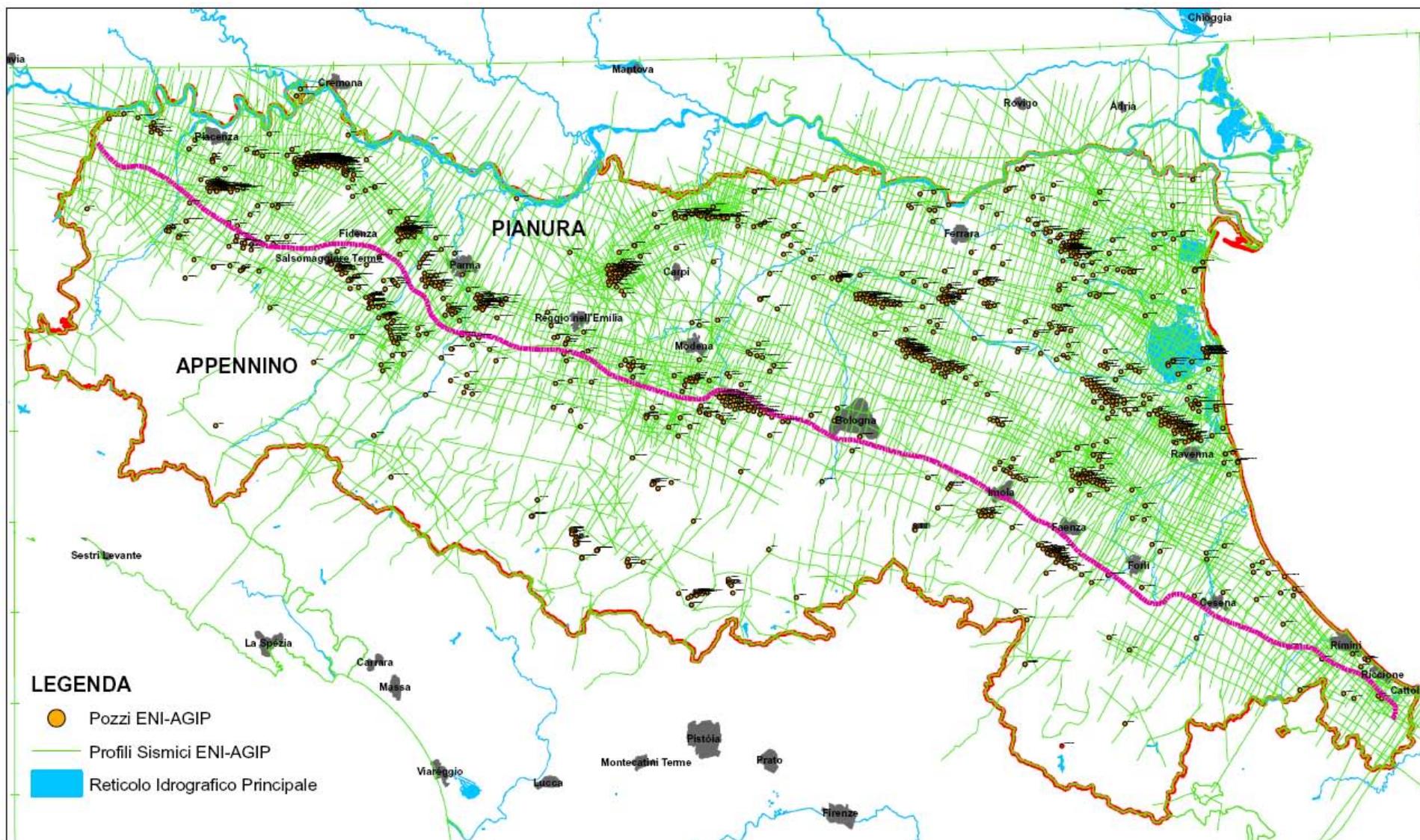
La mappa precedente è stata confrontata con la mappa delle anomalie termiche positive.

Principali fonti:

- Agip, 1977: Temperature sotterranee;
- sondaggi per ricerca idrocarburi (fonte UNMIG);
- banca dati geotermici CNR-IGG, sede di Pisa (convenzione DGR 651/2007).

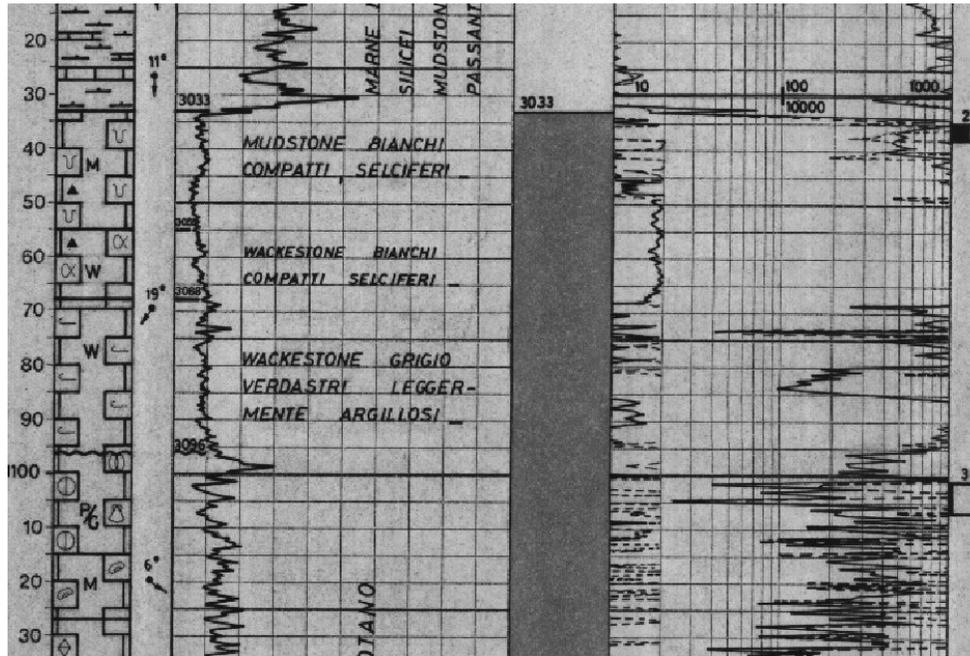


Grazie ai profili sismici e pozzi per ricerca idrocarburi disponibili è possibile definire la stratigrafia e la struttura del sottosuolo di ogni area d'interesse fino alla profondità di circa 6-7000 m



I dati di pozzo permettono una prima valutazione dei serbatoi e dei sistemi idrotermali (in termini di litologia, temperatura e portata)

Porosità totale da log elettrico

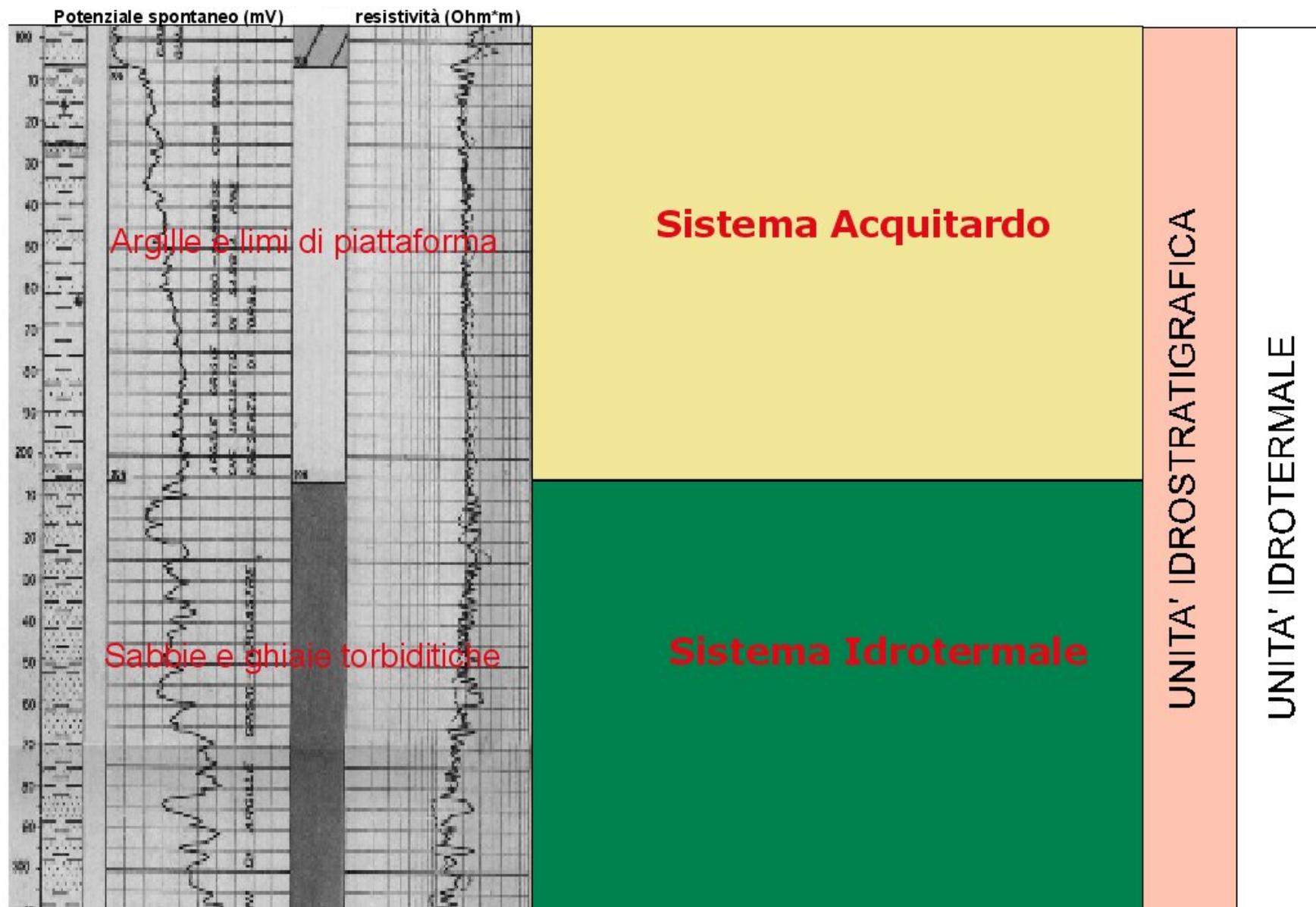


Pressione idraulica da densità di fango di perforazione

FANGO DI PERFORAZIONE	
Tipo AR:	
m 0 - 56 D.	1060
" 56 - 350 D.	1120
Tipo LS:	
m 350 - 406 D.	1270
" 406 - 813 D.	1420
" 813 - 856 D.	1790
" 856 - 934 D.	1870
" 934 - 2659 D.	1900
" 2659 - 2876 D.	1870
" 2876 - 2972 D.	1070
" 2972 - 3956 D.	1100
" 3956 - 4160 D.	1200
" 4160 - 4249 D.	1220
" 4249 - 4271 D.	1270
" 4271 - 4304 D.	1300
" 4304 - 4386 D.	1380
" 4386 - 4493 D.	1420
" 4493 - 4578 D.	1450
" 4578 - 4619 D.	1500
" 4619 - 4685 D.	1550
" 4685 - 4740 D.	1650
" 4740 - 4748 D.	1690
" 4748 - 5000 D.	1740

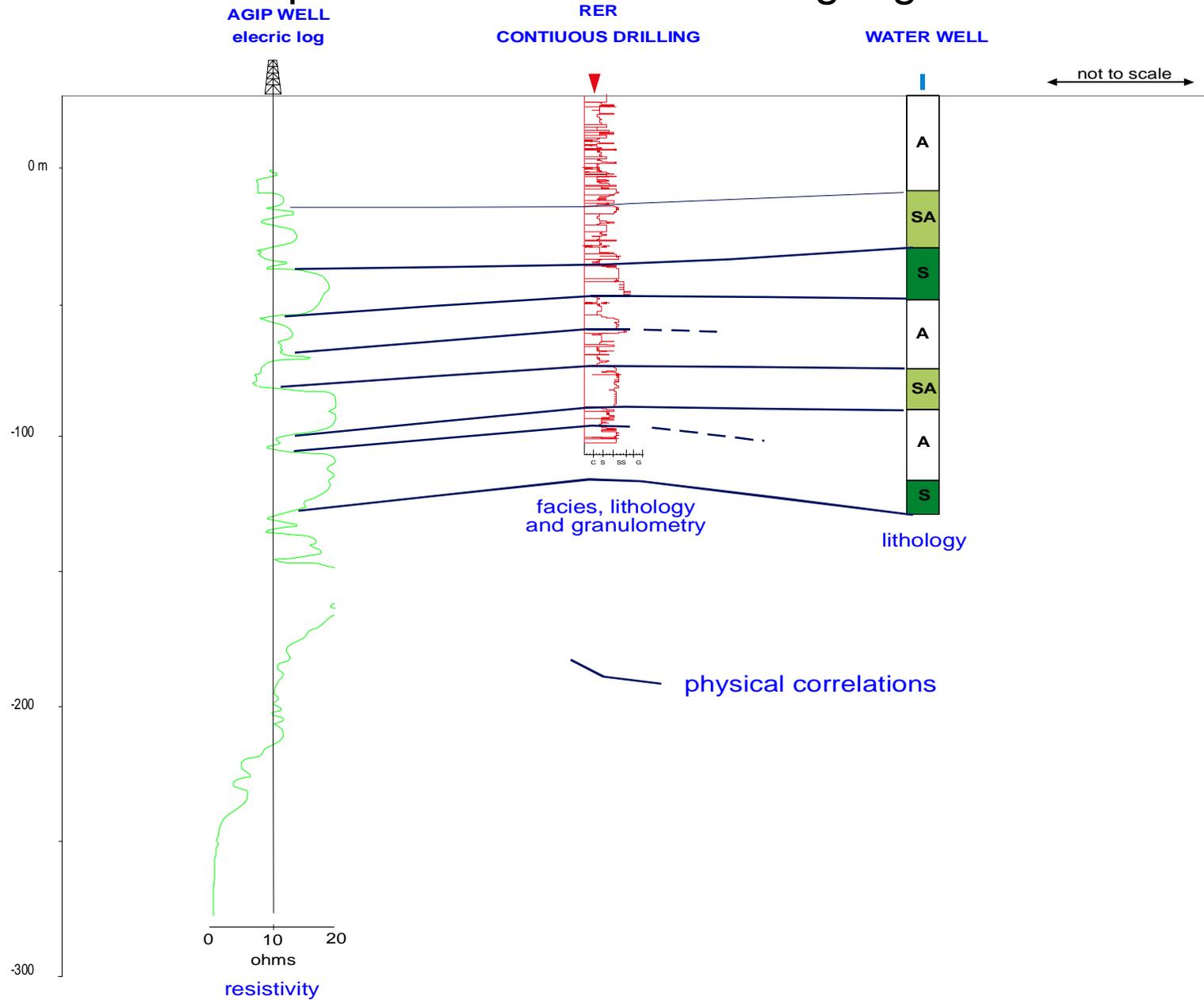
Temperatura da log elettrico

TEMPERATURE DAI LOGS ELETTRICI	
A m 347	= 40,5°C.
A m 807	= 56°C. Statica (calcolata) = 58°C.
A m 2878	= 68,8°C. Statica (calcolata) = 71,7°C
A m 3971	= 79,4°C. Statica (calcolata) = 83°C
A m 4390	= 88,3°C. Statica (calcolata) = 89,6°C
A m 4723	= 93°C. Statica (calcolata) = 103°C.

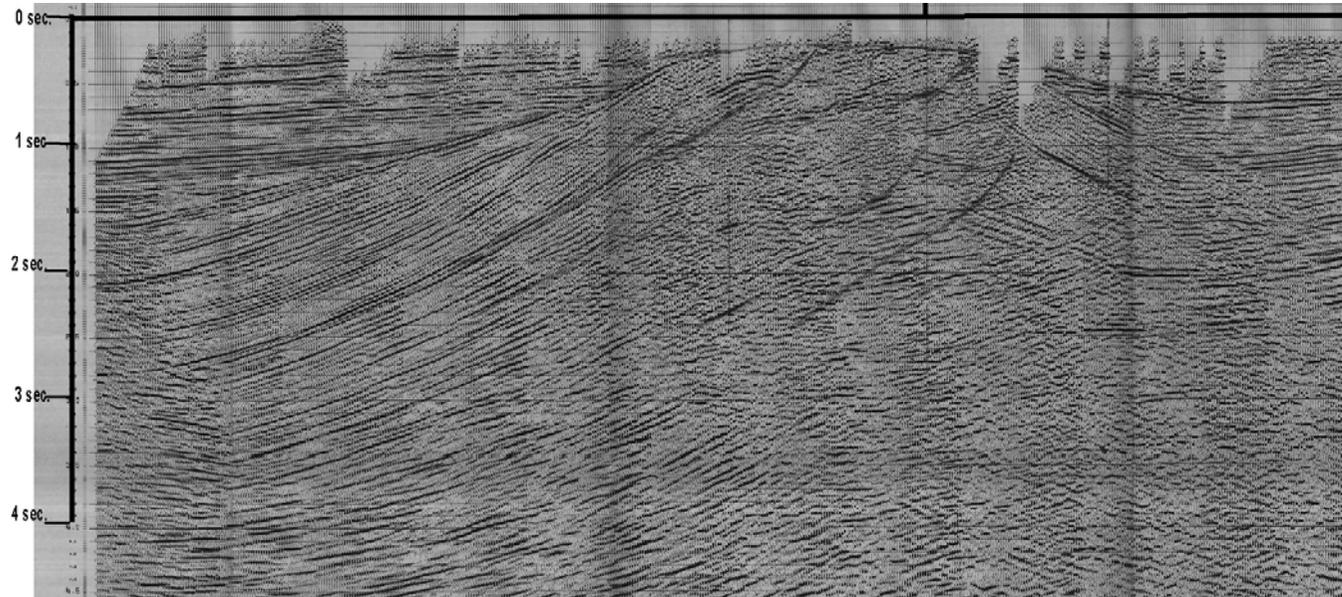


- Depositi limosi e argillosi a bassa permeabilità
- Depositi poroso-permeabili

Esempio di correlazione di dati geognostici

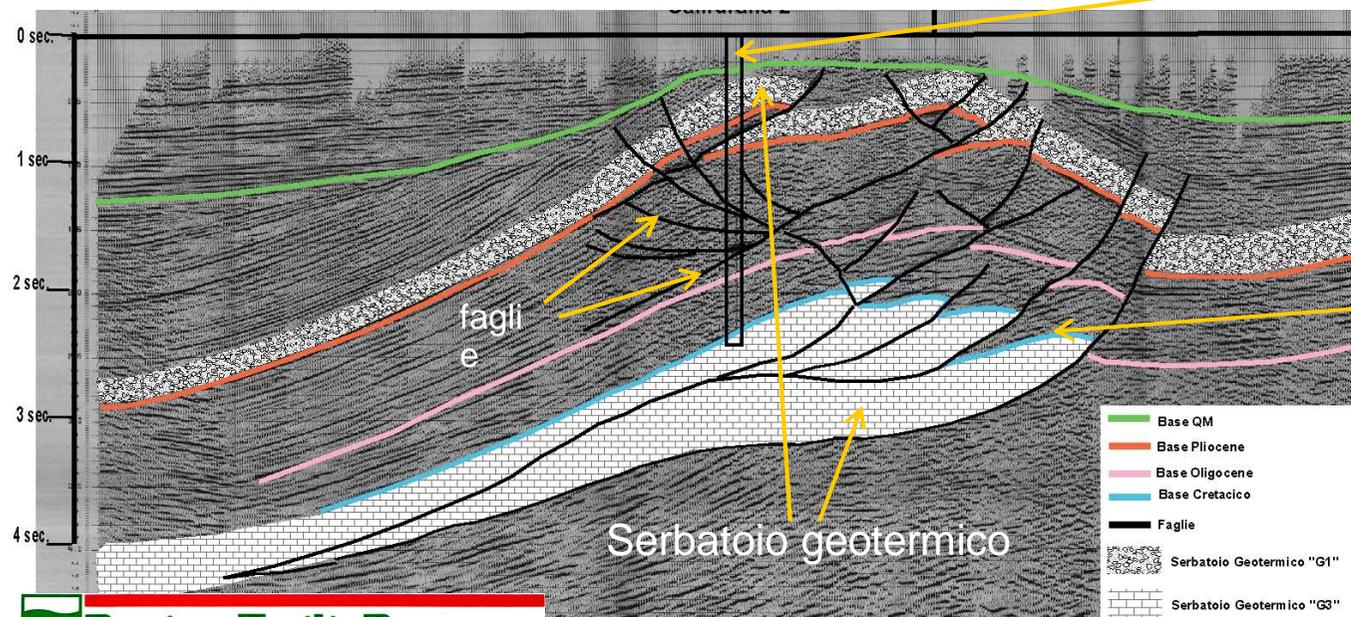


esempio di profilo sismico a riflessione



scala verticale in tempi

lo stesso profilo sismico interpretato

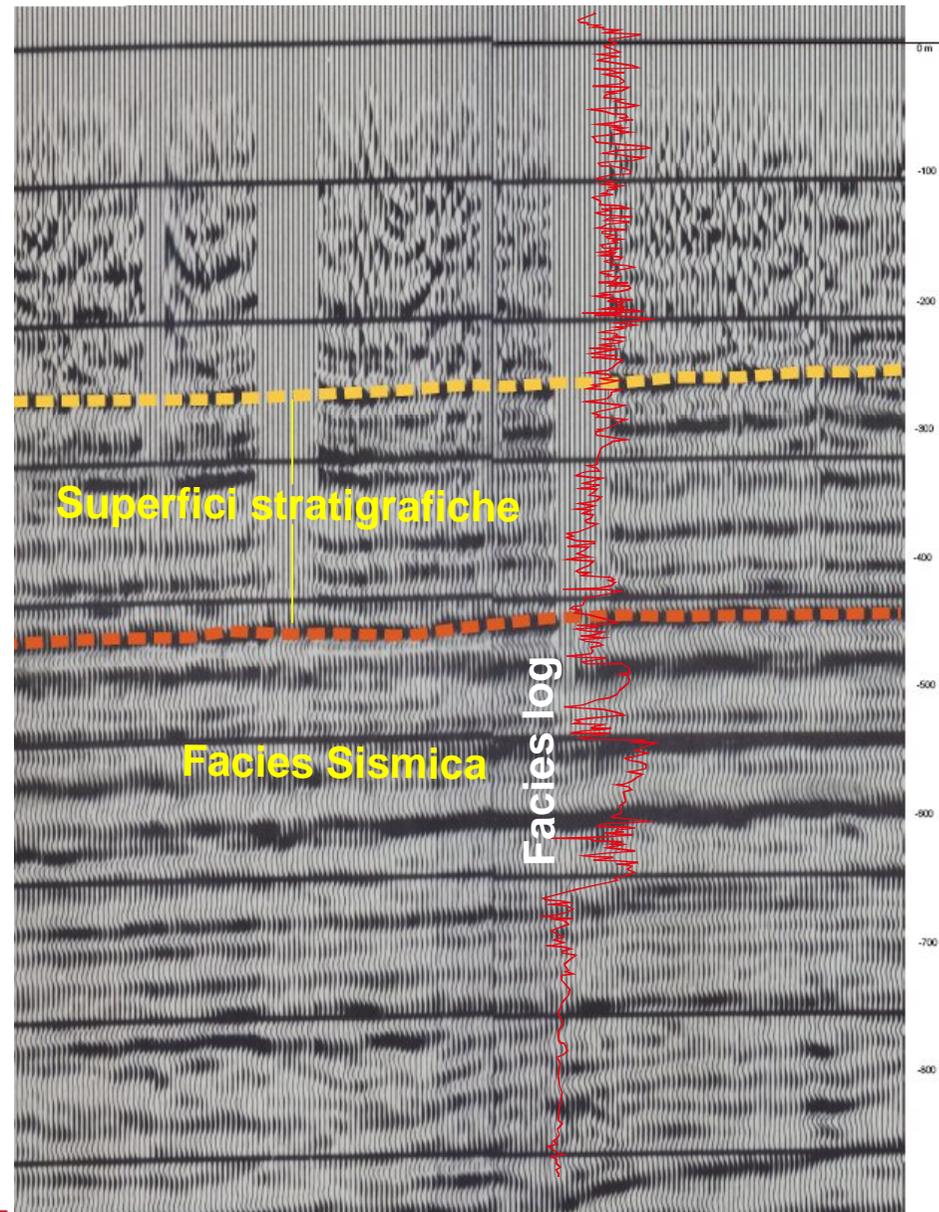


pozzo — La descrizione stratigrafica del pozzo permette di tarare l'interpretazione del profilo sismico

superfici stratigrafiche importanti

- Base QM
- Base Pliocene
- Base Oligocene
- Base Cretacico
- Faglie
- Serbatoio Geotermico "G1"
- Serbatoio Geotermico "G3"

Esempio di correlazione tra profili sismici e log elettrici dei pozzi per idrocarburi.



Esempio di approfondimento: l'analisi delle risorse geotermiche del sottosuolo di Mirandola (MO)

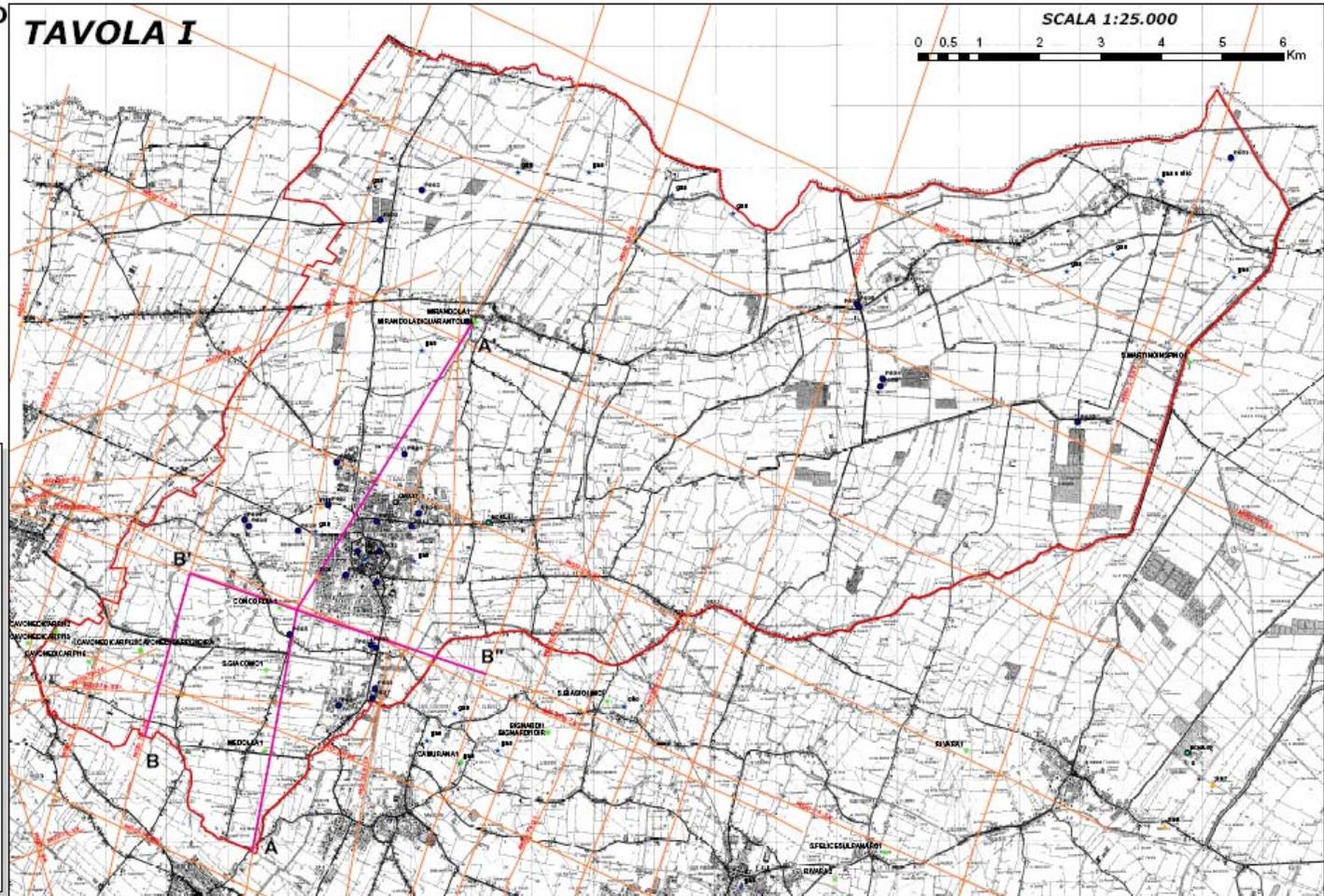
STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO
ALLA RICERCA DI POTENZIALI
SERBATOI GEOTERMICI NEL
SOTTOSUOLO DEL COMUNE
DI MIRANDOLA

**Banca Dati
Geognostici**

LEGENDA

- Pozzi ENI-AGIP
- Manifestazioni Idrocarburi
- Sondaggi profondi
- Rete di monitoraggio - ARPA
- Pozzi "SINA"
- Pozzi per acqua
- Sezioni Geologiche
- Sezioni Sismiche
- ▭ Comune di Mirandola

TAVOLA I



Sezione geologica A-A'

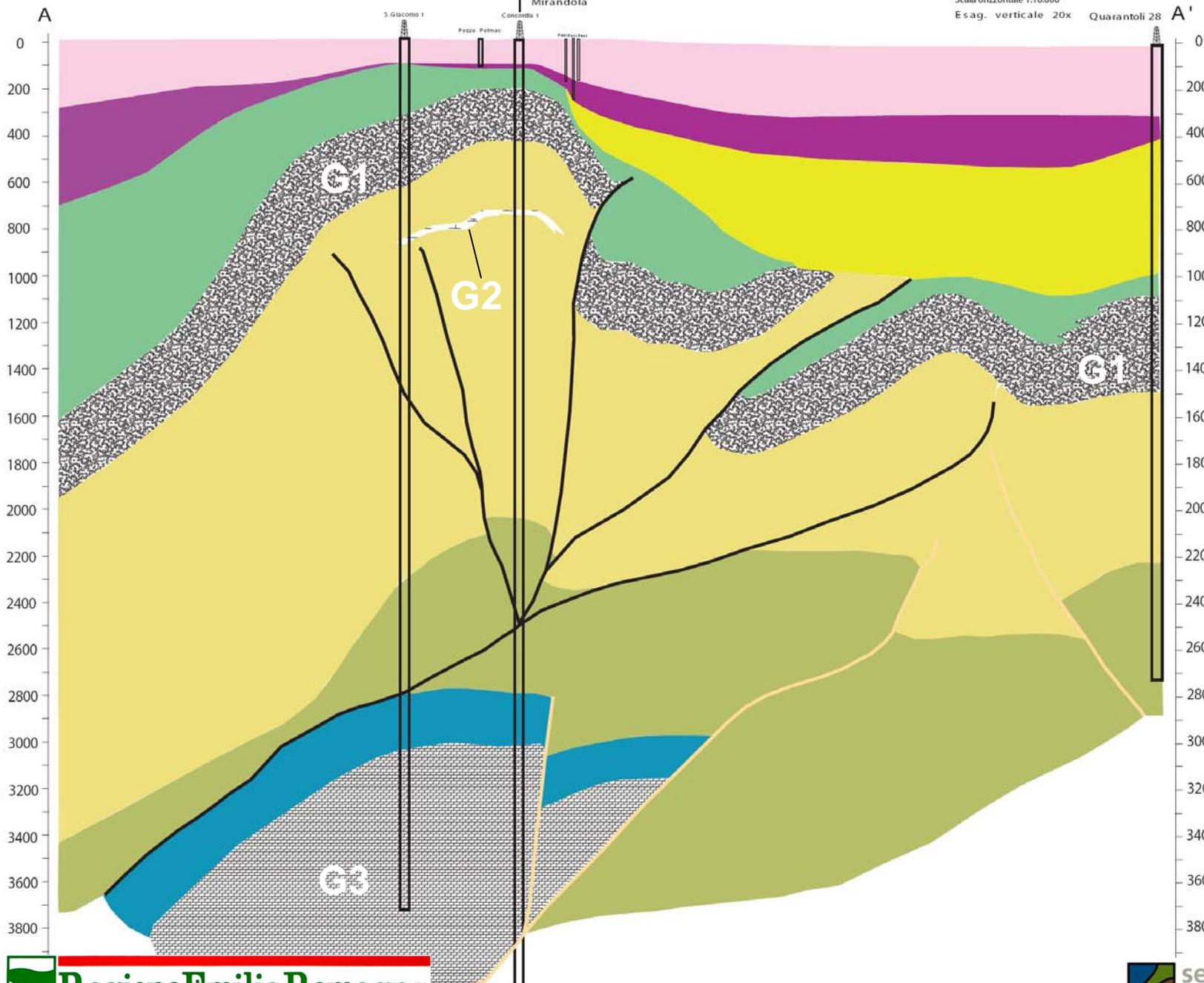
sud

Tavola I

Scala orizzontale 1:10.000
Esag. verticale 20x

nord

Quarantoli 28 A'



Legenda

- Quaternario continentale
- Quaternario marino (acquardo)
- Fliocene medio
- Complesso idrotermale "G1"
- Sistema Acquedotto "G1" - Argille del S. Antonio
E.D. Fliocene inferiore
- Sistema idrotermale "G1" - Formazione di Porto Garibaldi
E.D. Fliocene inferiore
Sfuma dalla potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 3 Met
- Libiagio: sistema idrotermale
ipotizzando un eventuale campo pozzi 3 Met
Sfuma dalla potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 3 Met
- Complesso idrotermale "G2"
- Sistema Acquedotto "G2" - Formazione dei Colombacci
E.D. Messiniano sup.
- Sistema idrotermale "G2" - Formazione dei Colombacci
E.D. Messiniano sup.
Sfuma dalla potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 1.8 Met
- Libiagio: sistema idrotermale e fli.
Sfuma dalla potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 1.8 Met
- Acquardo - stame di oolite
E.D. Eocene sup. - Messiniano
- Complesso idrotermale "G3"
- Sistema Acquedotto "G3" - S. Cagliatone del Cerro
E.D. Cretaceo inf. - Eocene medio
- Sistema idrotermale "G3" - C. Alati di Corniglio
E.D. Libi
- Sfuma dalla potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 1.2 Met
- Libiagio: Fucchinone con
Bogoriti Fucine e sfuma in
roccia sabbia
Temperatura del "reservoir"
compresa tra 115 e 180 gradi
- Sistemi di faglia
E.D. Fliocene medio/Aquardo
- Sistemi di faglia
E.D. Torremaro - Messiniano

Sezione geologica B-B''

sud

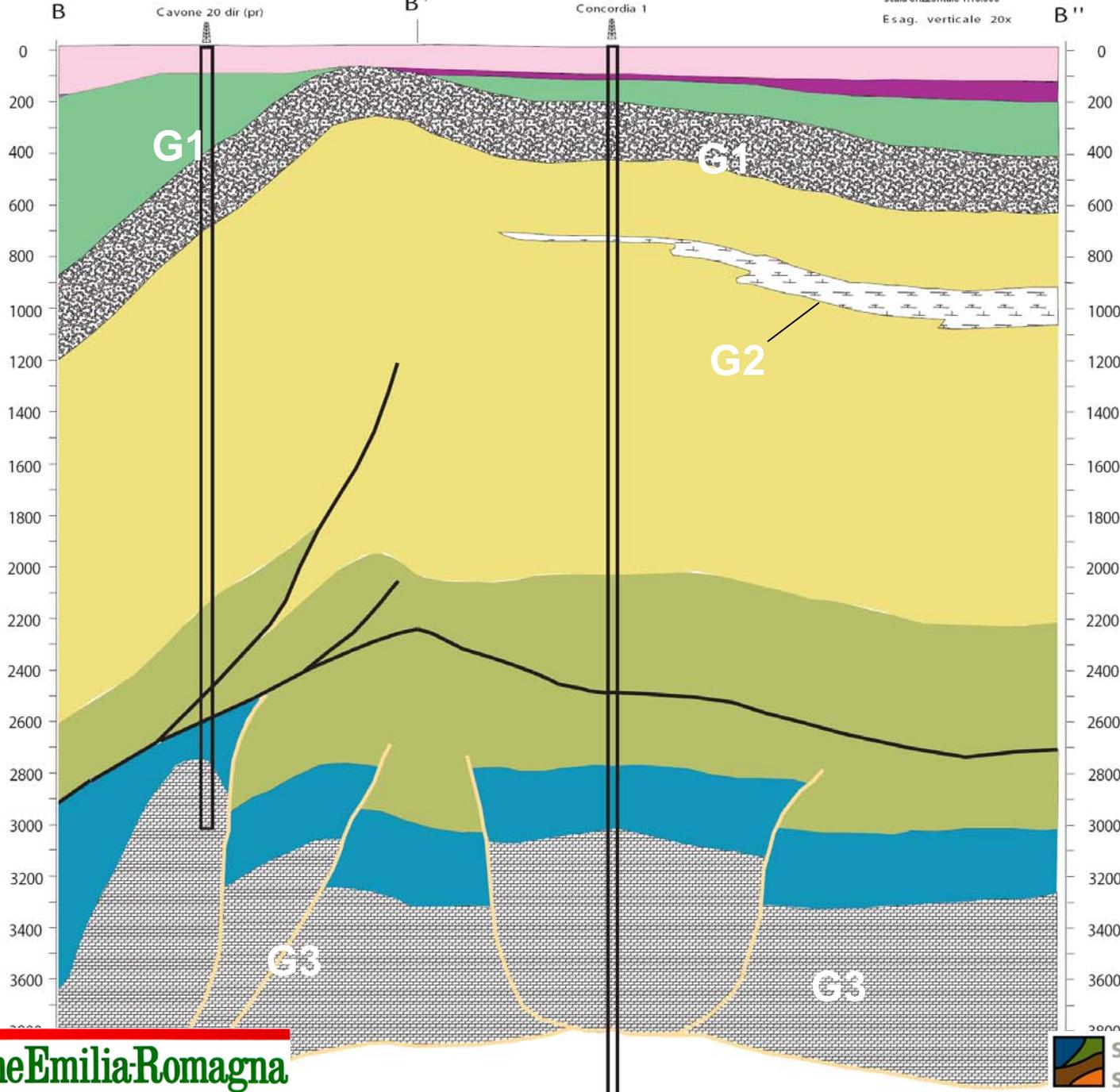
nord ovest

Intersezione A-A'

Tavola II

Scala orizzontale 1:10.000
Esag. verticale 20x

est
B''



- ### Legenda
- Quaternario continentale
 - Quaternario marino (acquietato)
 - Unità idrotermale "G1"**
 - Sistema Acquietato "G1" - Argilla del Tortoniano e di Pliocene inferiore
 - Sistema idrotermale "G1" - Formazione di Porto Garibaldi e di Pliocene inferiore
Forma della potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 2 Met.
 - Litologia: sabbie ghiaiose
sottodipendenti a un campo pozzi 2 Met
Temperatura del "reservoir" compresa tra 140 e 160 gradi
 - Unità idrotermale "G2"**
 - Sistema Acquietato "G2" - Formazione del Colombaro e di Messiniano sup.
 - Sistema idrotermale "G2" - Formazione del Colombaro e di Messiniano sup.
Forma della potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 1.5 Met.
 - Litologia: sabbie medie e fini
sabbie in acqua calda salata
Temperatura del "reservoir" compresa tra 100 e 120 gradi
 - Acquietato - Marna di Gallare e di Colore sup. - Messiniano
 - Unità idrotermale "G3"**
 - Sistema Acquietato "G3" - Gabbie/Marna del Carni e di Chetico inf. - Eocene medio
 - Sistema idrotermale "G3" - Calcari di Coroglio e di Lias
Forma della potenza termica normale ipotizzando un eventuale campo pozzi 12 Met.
 - Litologia: Fratture con
segure di faglia e sabbie in
acqua calda
temperatura del "reservoir"
compresa tra 175 e 180 gradi
 - Sistema di faglia
e di Pliocene medio-superiore
 - Sistema di faglia
e di Tortoniano - Messiniano

Legenda

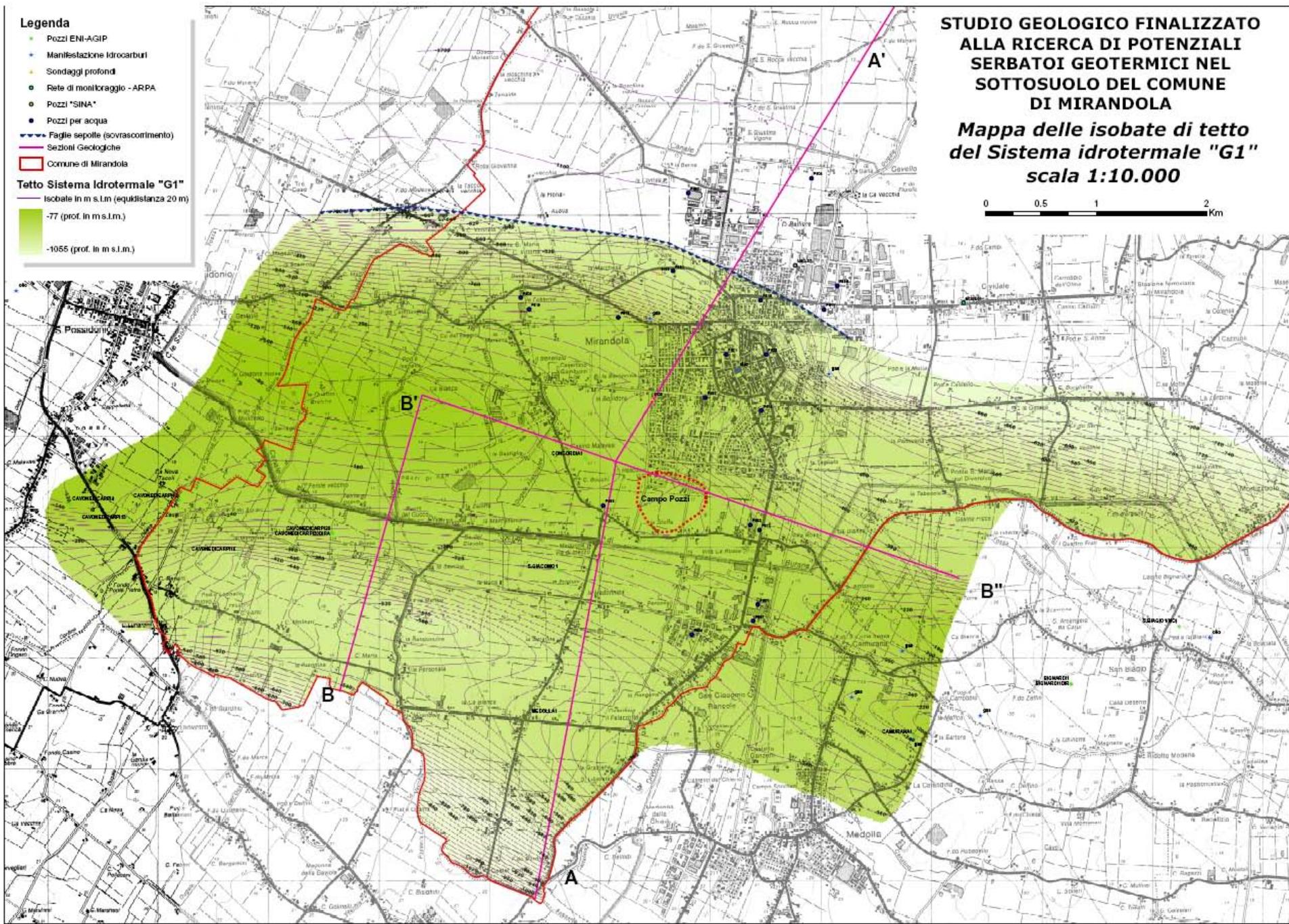
- Pozzi ENI-AGIP
- Manifestazione Idrocarburi
- Sondaggi profondi
- Rete di monitoraggio - ARPA
- Pozzi "SINA"
- Pozzi per acqua
- Faglie sepolte (sovrascorimento)
- Sezioni Geologiche
- Comune di Mirandola

Tetto Sistema Idrotermale "G1"

- Isobate in m s.l.m. (equidistanza 20 m)
- -77 (prof. in m s.l.m.)
- -1055 (prof. in m s.l.m.)

**STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO
ALLA RICERCA DI POTENZIALI
SERBATOI GEOTERMICI NEL
SOTTOSUOLO DEL COMUNE
DI MIRANDOLA**

*Mapa delle isobate di tetto
del Sistema idrotermale "G1"
scala 1:10.000*



Legenda

- Pozzi ENI-AGIP
- ★ Manifestazione Idrocarburi
- Sondaggi profondi
- Rete di monitoraggio - ARPA
- Pozzi "SINA"
- Pozzi per acqua

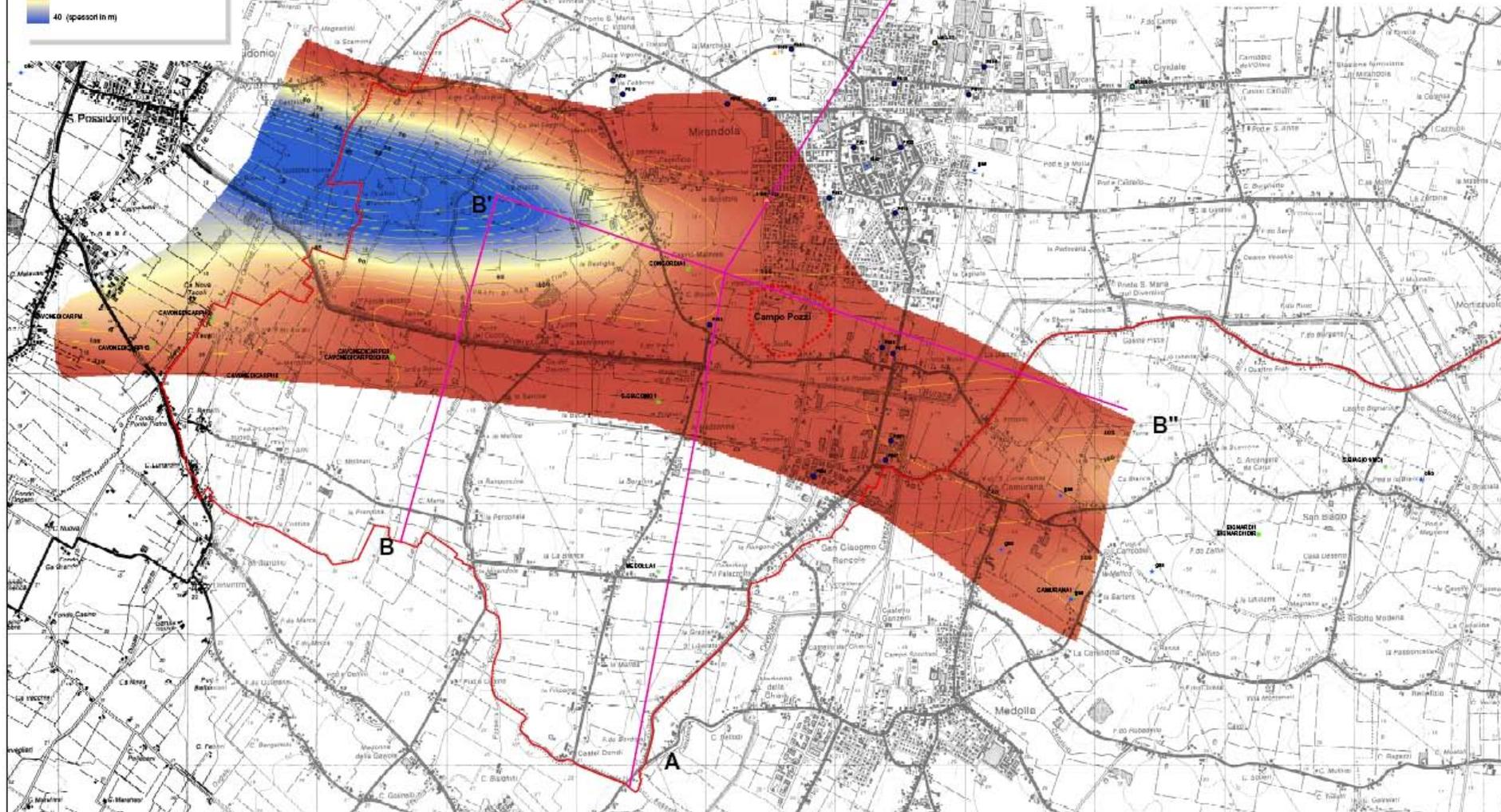
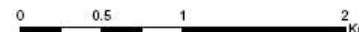
- Sezioni Geologiche
- ▭ Comune di Mirandola

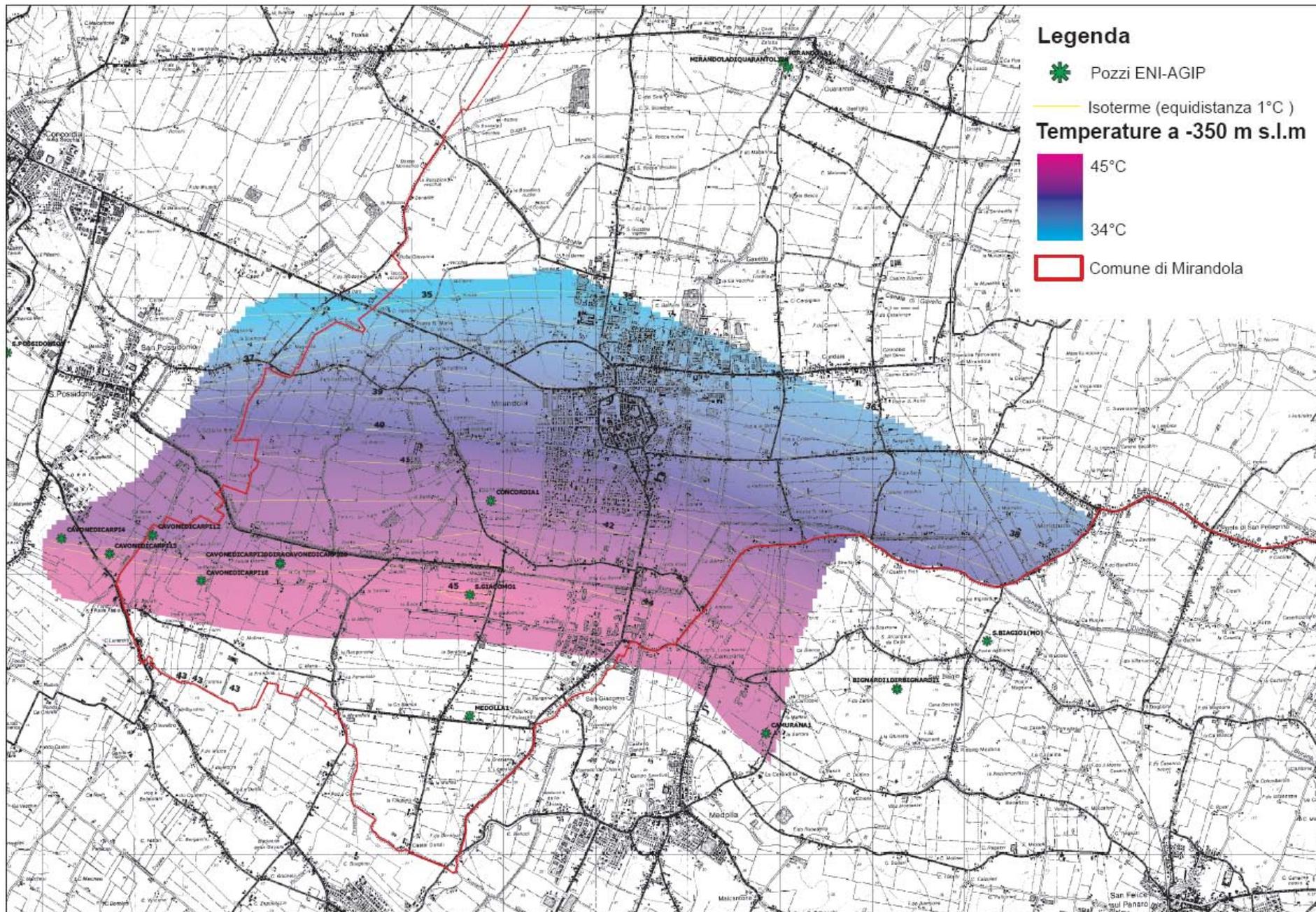
Spessori Sistema Idrotermale "G1"

- Isopache in metri (equidistanza 5 m)
- 110 (spessori in m)
- 40 (spessori in m)

**STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO
ALLA RICERCA DI POTENZIALI
SERBATOI GEOTERMICI NEL
SOTTOSUOLO DEL COMUNE
DI MIRANDOLA**

***Mapa degli spessori
del Sistema Idrotermale "G1"
scala 1:10.000***





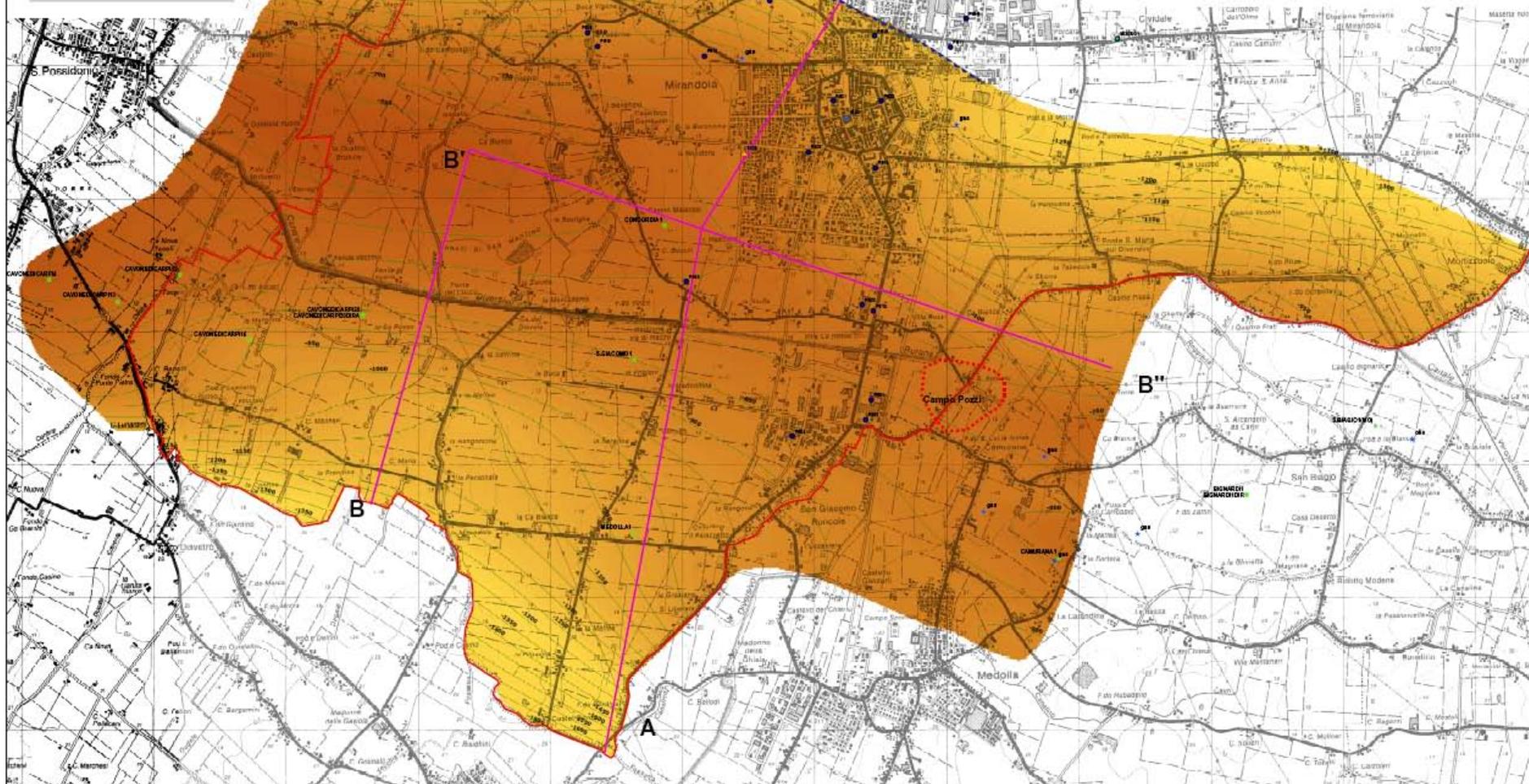
Legenda

- Pozzi ENI-A/GIP
- Manifestazione Idrocarburi
- Sondaggi profondi
- Rete di monitoraggio - ARPA
- Pozzi "SINA"
- Pozzi per acqua
- Faglie sepolte (sovrasorrimento)
- Sezioni Geologiche
- Comune di Mirandola
- Tetto del Sistema Idrotermale "G2"
isobate in m. s.l.m. (equidistanza 50m)
 - -817 (prof. in m. s.l.m.)
 - -1683 (prof. in m. s.l.m.)

STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO ALLA RICERCA DI POTENZIALI SERBATOI GEOTERMICI NEL SOTTOSUOLO DEL COMUNE DI MIRANDOLA

*Mapa delle isobate di tetto
del Sistema idrotermale "G2"
scala 1:10.000*

0 0.5 1 2 Km

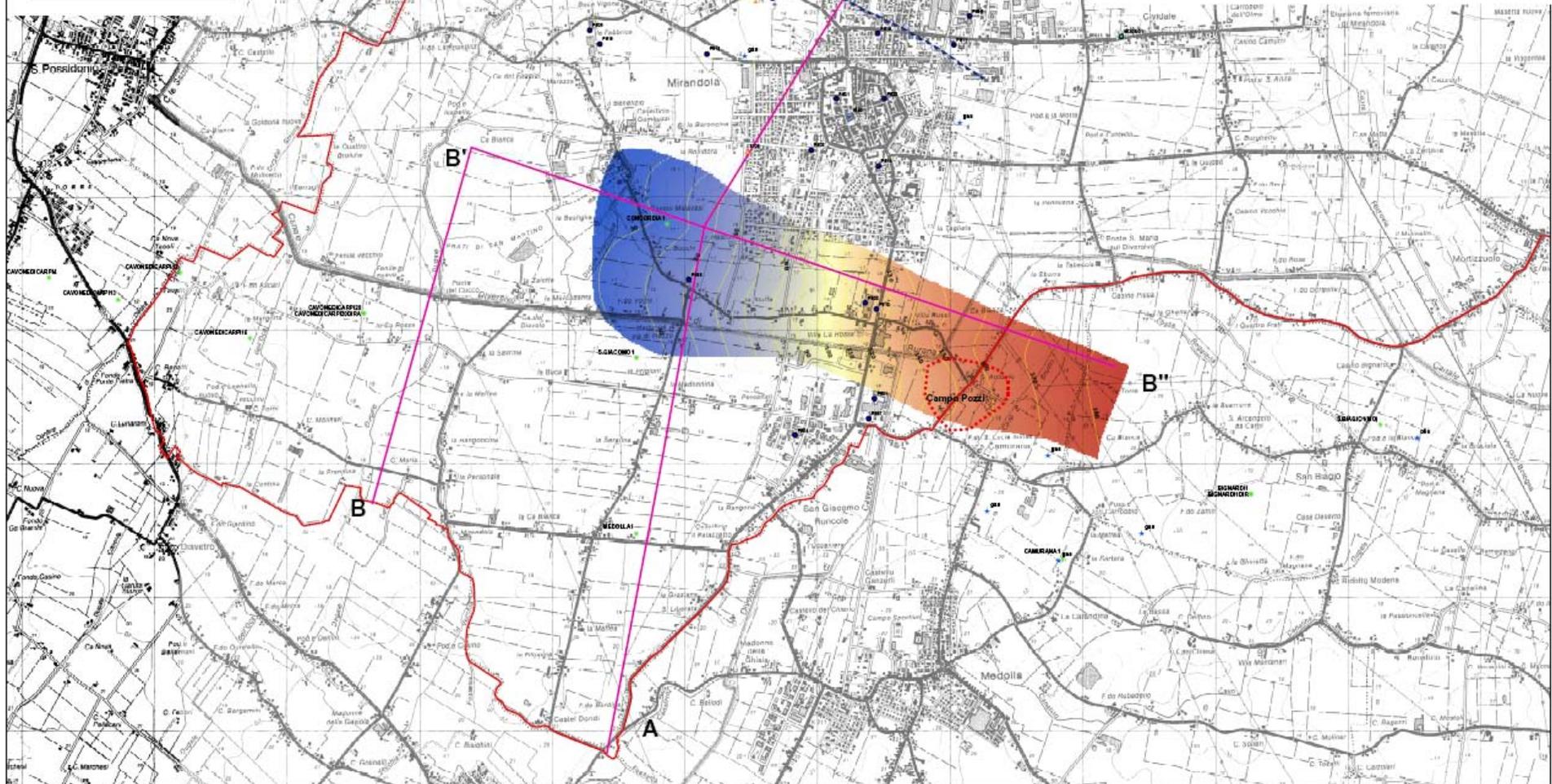


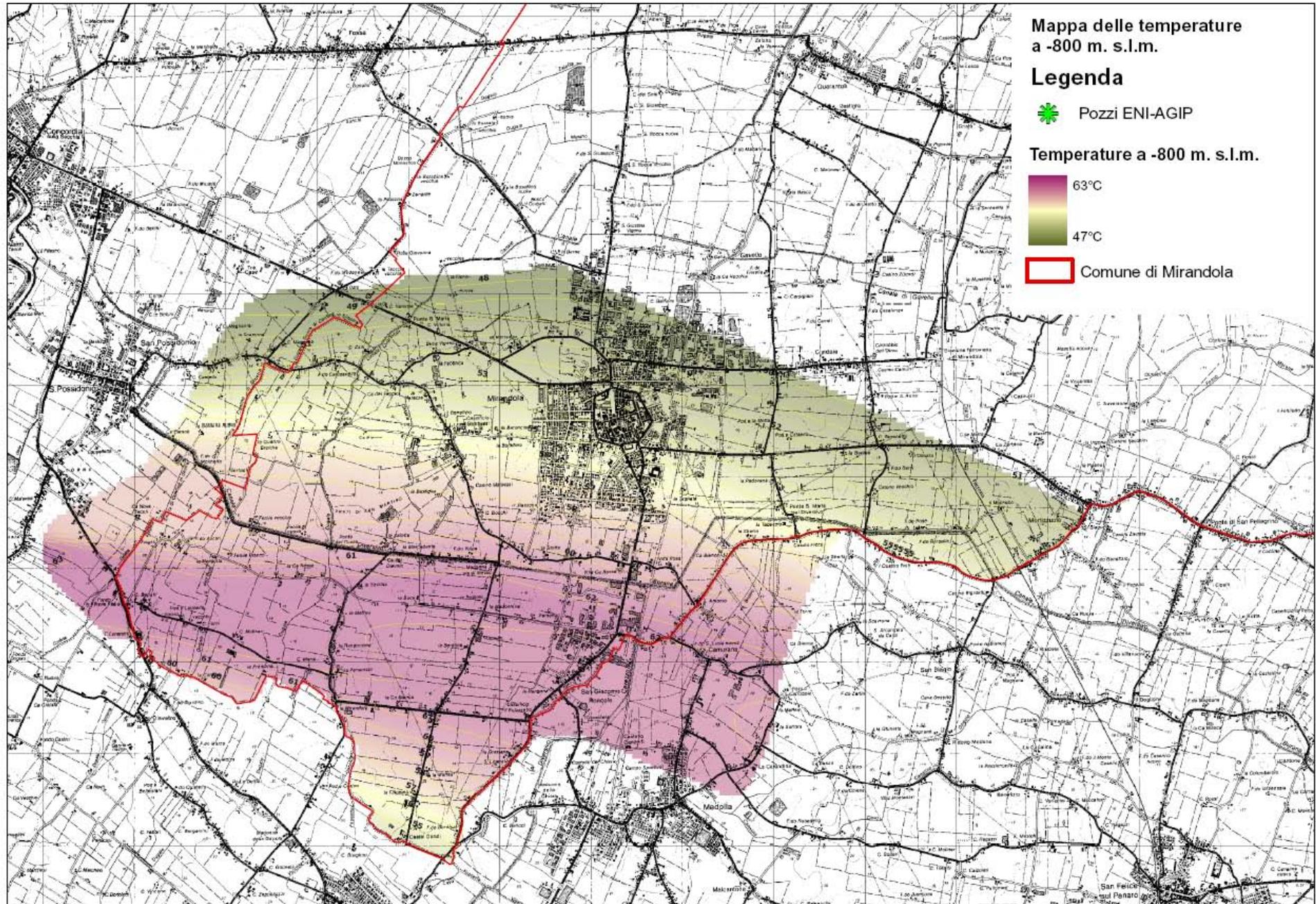
**STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO
ALLA RICERCA DI POTENZIALI
SERBATOI GEOTERMICI NEL
SOTTOSUOLO DEL COMUNE
DI MIRANDOLA**

*Mapa degli spessori
del Sistema Idrotermale "G2"
scala 1:10.000*

0 0.5 1 2 Km

- Legenda**
- Pozzi ENI-AGIP
 - Manifestazione Idrocarburi
 - Sondaggi profondi
 - Rete di monitoraggio - ARPA
 - Pozzi "SINA"
 - Pozzi per acqua
 - Faglie sepolte (sovrascorrimento)
 - Sezioni Geologiche
 - Comune di Mirandola
- Spessori Sistema Idrotermale "G2"**
- Isopache in metri (equidistanza 10 m)
 - 185 (spessori in m)
 - 22 (spessori in m)





Legenda

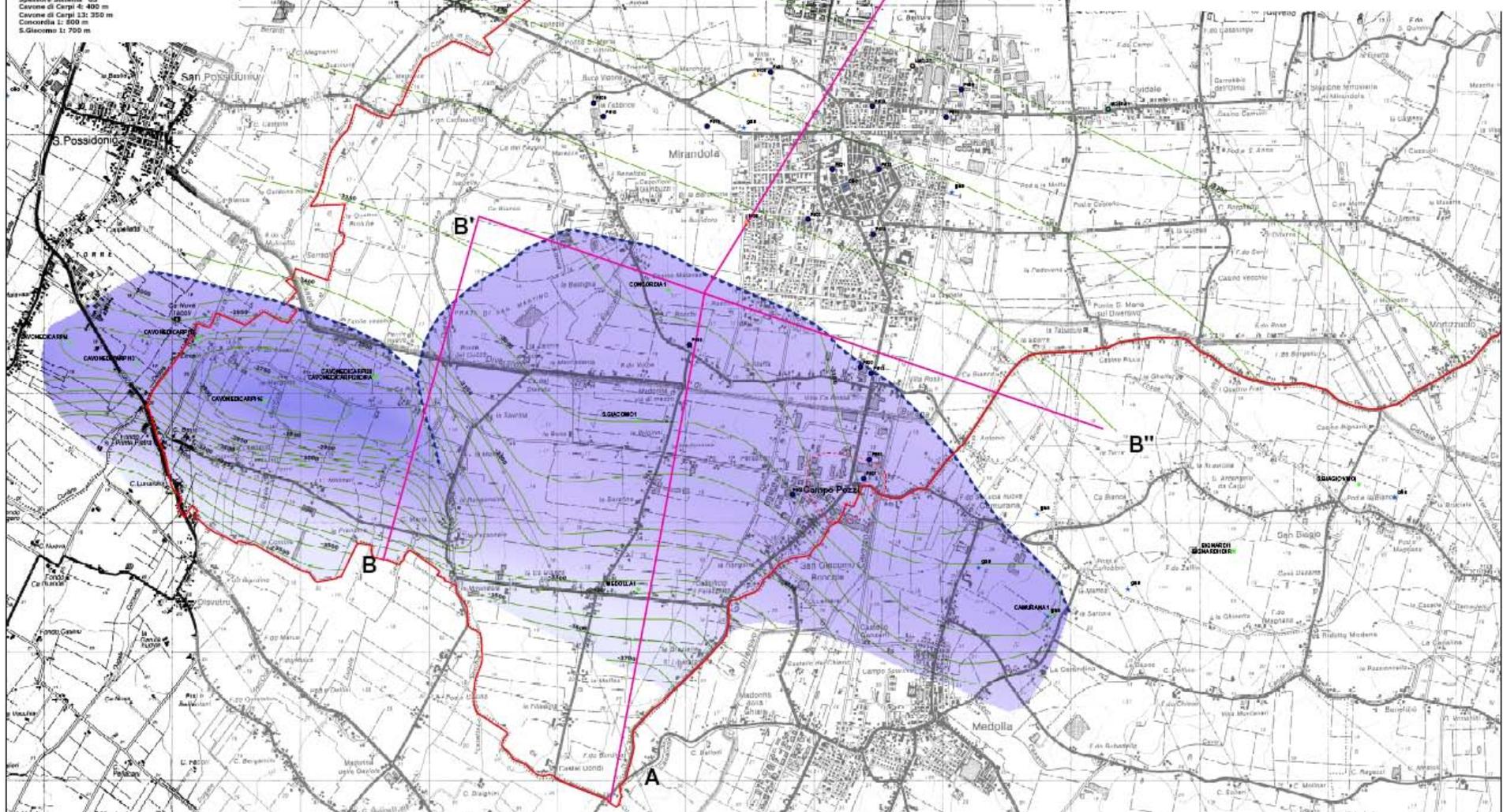
- Pozzi ENI/AGIP
- Manifestazione Idrocarburi
- Sondaggi profondi
- Rete di monitoraggio - ARPA
- Pozzi "SINA"
- Pozzi per acqua
- ▼ Faglia seipite (sovraccoramento)
- Sezioni Geologiche
- ▭ Comune di Mirandola
- ▭ Tetto Sistema Idrotermale "G3"
- Isobate in m. s.l.m.
- -2700 (prof. in m. s.l.m.)
- -3860 (prof. in m. s.l.m.)

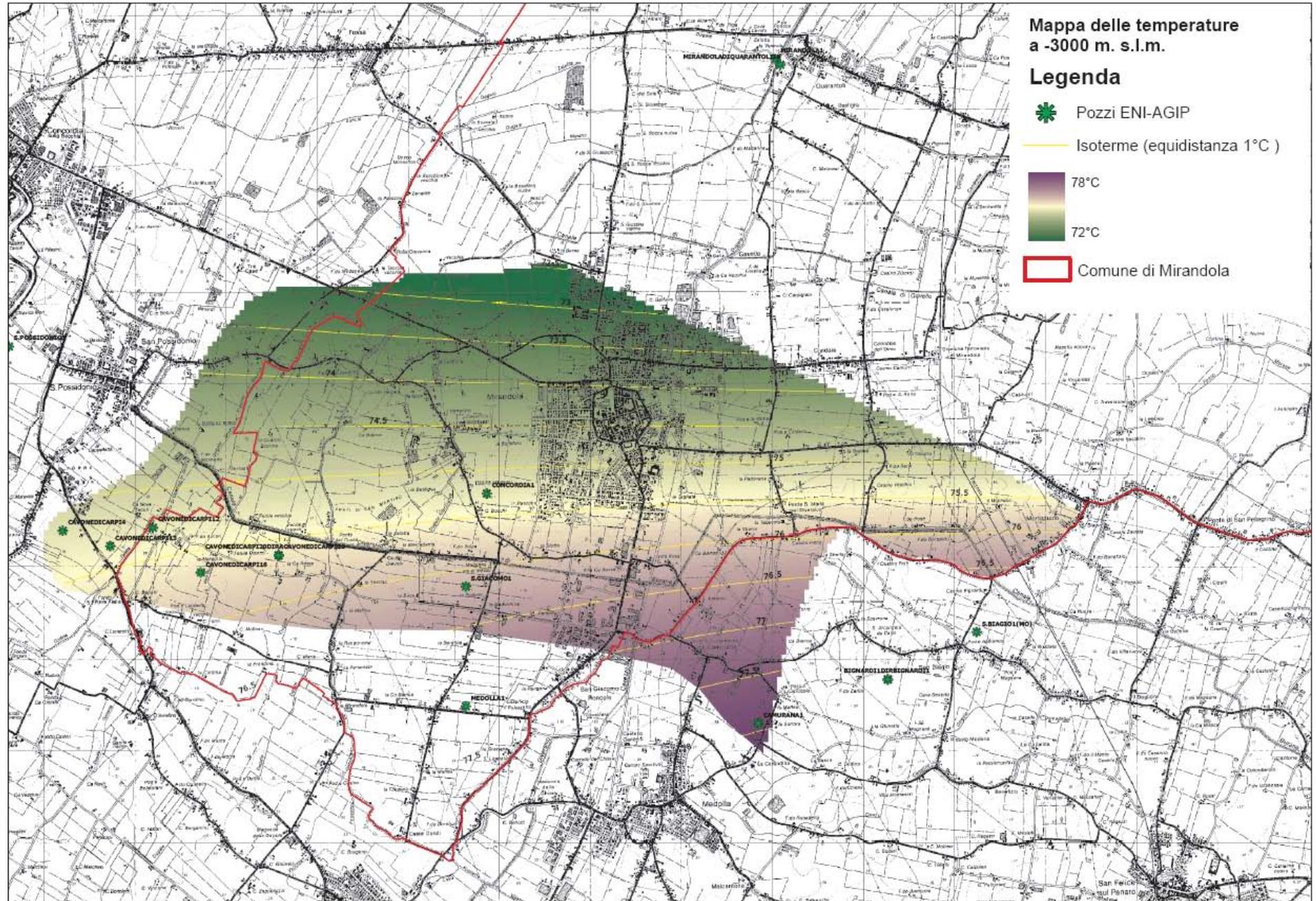
Spessore Sistema "G3"
Cavone di Carpi 4: 400 m
Cavone di Carpi 13: 350 m
Concorella 1: 600 m
S. Giacomo 1: 700 m

STUDIO GEOLOGICO FINALIZZATO ALLA RICERCA DI POTENZIALI SERBATOI GEOTERMICI NEL SOTTOSUOLO DEL COMUNE DI MIRANDOLA

*Mapa delle isobate di tetto
del Sistema idrotermale "G3"
scala 1:10.000*

0 0,5 1 2 Km





Stima preliminare della potenza termica dei sistemi idrotermali

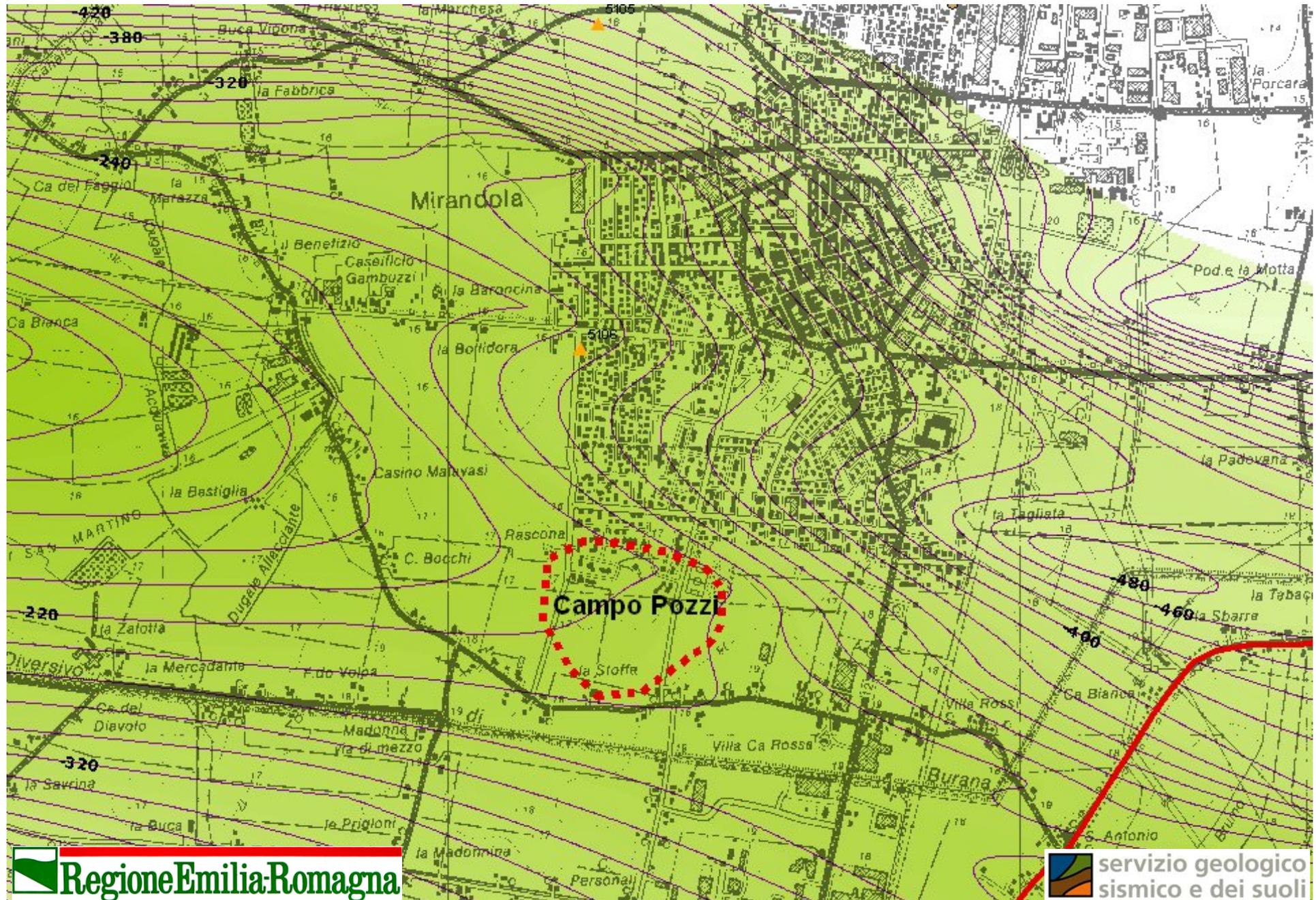
$$P \text{ (Kcal/h)} = Q \text{ (l/h)} \times \Delta T \text{ (}^\circ\text{C)}$$

<i>Temperatura: 40 - 45 °C</i>	G1
<i>Portata: 30-50 l/s</i>	
<i>Δt: 10 °-15 °C</i>	
<i>Potenza termica nominale massima: circa 3 MWt</i>	
<i>Potenza termica nominale minima: circa 1,3 MWt</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di estrazione: 450-550 m</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di reiniezione: 450-550 m</i>	

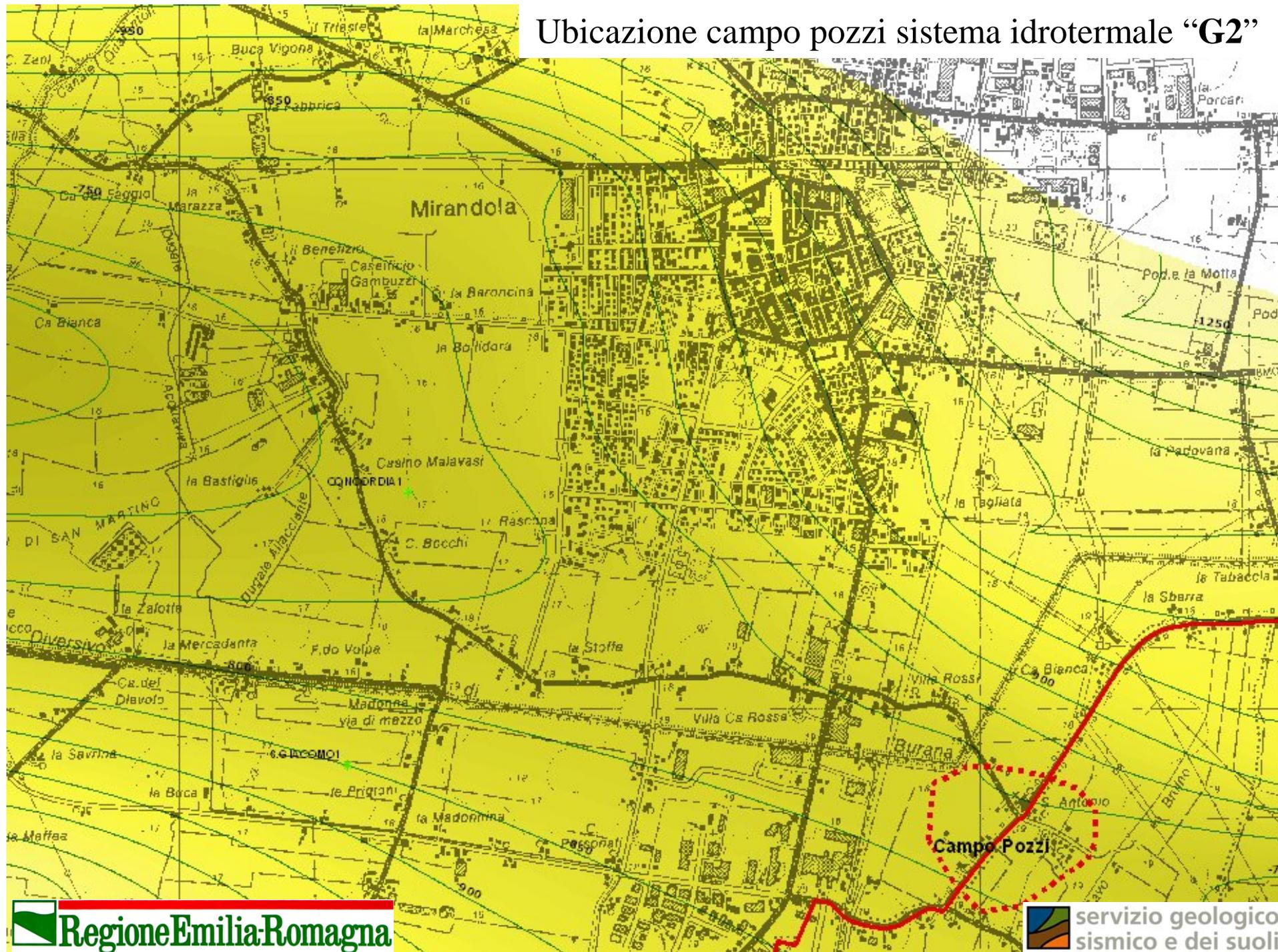
<i>Temperatura: 55 °- 62 °C</i>	G2
<i>Portata: 15-30 l/s</i>	
<i>Δt: 15 °-20 °C</i>	
<i>Potenza termica nominale massima: circa 2,5 MWt</i>	
<i>Potenza termica nominale minima: circa 1 MWt</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di estrazione: 800-1000 m</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di reiniezione: 800-1000 m</i>	

<i>Temperatura: 75 °- 80 °C</i>	G3
<i>Portata: 90-110 l/s</i>	
<i>Δt: 20 °-25 °C</i>	
<i>Potenza termica nominale massima: circa 11,5 MWt</i>	
<i>Potenza termica nominale minima: circa 7,5 MWt</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di estrazione: 3000 - 3500 m</i>	
<i>Profondità stimata pozzo di reiniezione: 3000-3500 m</i>	

Ubicazione del campo pozzi relativo al sistema idrotermale "G1"



Ubicazione campo pozzi sistema idrotermale "G2"



Ubicazione campo pozzi sistema idrotermale "G3"

