

# **RICHIESTA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE ACQUE SOTTERRANEE AD USO GEOTERMICO**

-

**VIA DELLA BEVERARA, 21/23 – BOLOGNA**

-

## **RELAZIONE IDROGEOLOGICA**

**preparato per**

**POLITECNICA INGEGNERIA E ARCHITETTURA SOCIETÀ COOPERATIVA**

Via Galileo Galilei, 220

41126 MODENA

### **Autori principali**

dott. geol. Diego Di Siena

dott. geol. Umberto Puppini

### **Revisione**

dott. Marco Testori

### **Responsabile Progetto**

dott. geol. Umberto Puppini

Codice Rapporto: 3801P\_R1F1 – Maggio 2019

Tipo di rapporto: Finale

---

**dott. geol. Umberto Puppini**

**Via L. Settembrini, 54 - 20124 MILANO**

**Tel +39 02 36 59 09 70 Fax +39 02 49 53 97 49**

**[direzione@gram.mi.it](mailto:direzione@gram.mi.it)**

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
1.1	Geologia e Geomorfologia .....	4
1.2	Idrogeologia .....	7
1.3	Analisi del contesto locale.....	9
1.4	Stratigrafie di riferimento .....	9
1.5	Misurazione profondità e temperature falde .....	14
1.6	Dinamica della falda.....	15
<b>2</b>	<b>SINTESI - MODELLO CONCETTUALE .....</b>	<b>19</b>

### **Elaborati grafici fuori testo**

- Corografia – Scala 1:10.000

### **Allegati**

1. Modello concettuale

## **1 INTRODUZIONE**

Questo documento descrive i fabbisogni per l'alimentazione con acqua di falda dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento a servizio dell'insediamento in corso di ampliamento ad uso commerciale e uffici situato in Via della Beverara, 21/23 a Bologna (Elaborati grafici fuori testo – Corografia), nonché le caratteristiche degli acquiferi e delle falde sottiacenti l'area.

All'esterno dell'impronta dell'edificio, nella parte Sud dell'area di progetto saranno realizzati due pozzi di presa, per il prelievo d'acqua di falda dalla porzione sommitale (SUP1) del complesso acquifero A1. L'acqua è destinata ad alimentare l'impianto a pompa di calore con portata media pari a 41,0 m<sup>3</sup>/h (11,4 l/s) e portata di picco pari a 144,7 m<sup>3</sup>/h (40,2 l/s). Pertanto il fabbisogno idrico annuale sarà pari a circa 180.807 m<sup>3</sup>/anno.

La principale caratteristica qualitativa utile dell'acqua di falda per l'uso scambio termico è rappresentata dalla sua temperatura, pressoché costante in situ, misurata in un piezometro esistente a circa 14,1 °C.

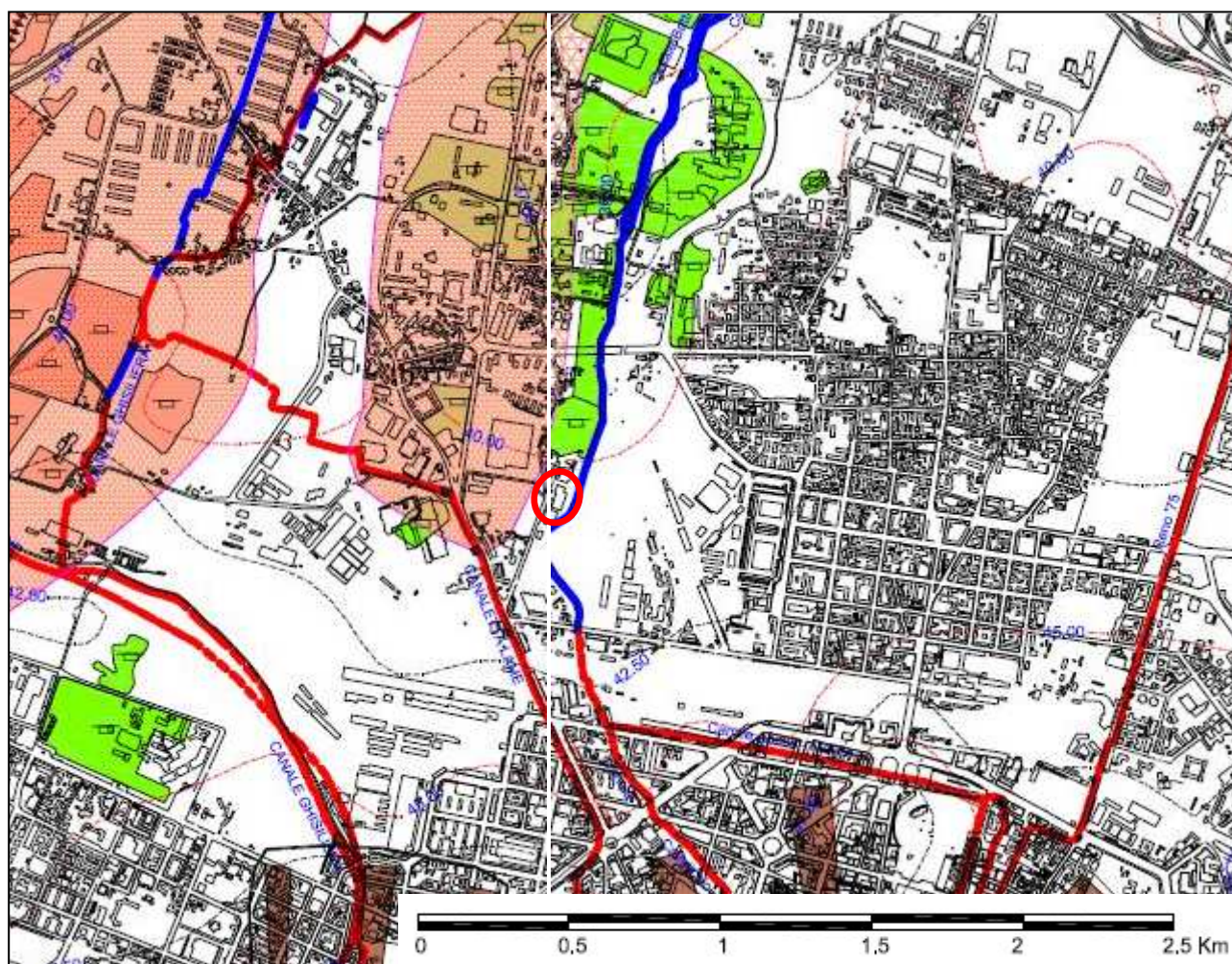
Lo scarico dell'acqua utilizzata dalle pompe di calore avverrà nella stessa falda in cui avviene il prelievo mediante tre pozzi di restituzione, di cui uno di back-up, ubicati nella parte Nord dell'insediamento all'esterno dell'impronta dell'edificio.

La presente relazione costituisce un allegato alla domanda di concessione di derivazione di acqua sotterranea e alla domanda di autorizzazione allo scarico in falda ai sensi del R.D. 1775/1933, del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e del R.R. Emilia Romagna n° 41 del 20 Novembre 2001.

## **2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

### **2.1 Geologia e Geomorfologia**

Il Comune di Bologna si estende in corrispondenza della propaggine settentrionale dell'Appennino Emiliano. Circa il 25% del territorio comunale si sviluppa su un'area collinare mentre il rimanente 75% è ubicato nell'alta pianura. L'alta pianura è caratterizzata dalla presenza di strutture sepolte costituite da dossi fluviali e conoidi nonché da forme dovute all'azione antropica. L'area di progetto è situata nell'alta pianura a una quota di 38 m s.l.m. in prossimità di un dosso fluviale. Immediatamente a Nord si individua un'ex cava di argilla mentre circa 20 m a Est scorre il Canale Navile appartenente al reticolo idrico minore (Figura 1).



-  Dossi fluviali
-  Ex cave di argilla
-  Corsi d'acqua minori

**Figura 1 – Carta Geomorfologica – Scala grafica (Fonte: P.S.C. Comune di Bologna)**

La città di Bologna si trova nel settore della pianura emiliano-romagnola formato dalle alluvioni di numerosi fiumi e torrenti provenienti dall'Appennino. In particolare nella parte pianeggiante del territorio comunale si distinguono tre zone in relazione alla presenza di diverse tipologie di depositi:

- depositi alluvionali attribuibili alla conoide del Torrente Savena;
- depositi alluvionali di interconoide;
- depositi alluvionali attribuibili alla conoide del Fiume Reno.

L'area oggetto di studio si trova a Nord-Ovest dell'area metropolitana e s'inserisce nel territorio di alta pianura all'estremità nord-orientale della Conoide del Fiume Reno dove sono presenti depositi caratterizzati da litologie medio-fini interdigitate a litotipi grossolani sabbioso-ghiaiosi.

Secondo la cartografia geologica del Progetto CARG nella zona in esame si individuano le seguenti unità litostratigrafiche appartenenti al Sintema emiliano-romagnolo superiore (Figura 2):

- Subsintema di Ravenna - Unità di Modena (AES8a): sabbie argille e limi (Olocene)
- Subsintema di Ravenna (AES8): limi argille e sabbie (Olocene).

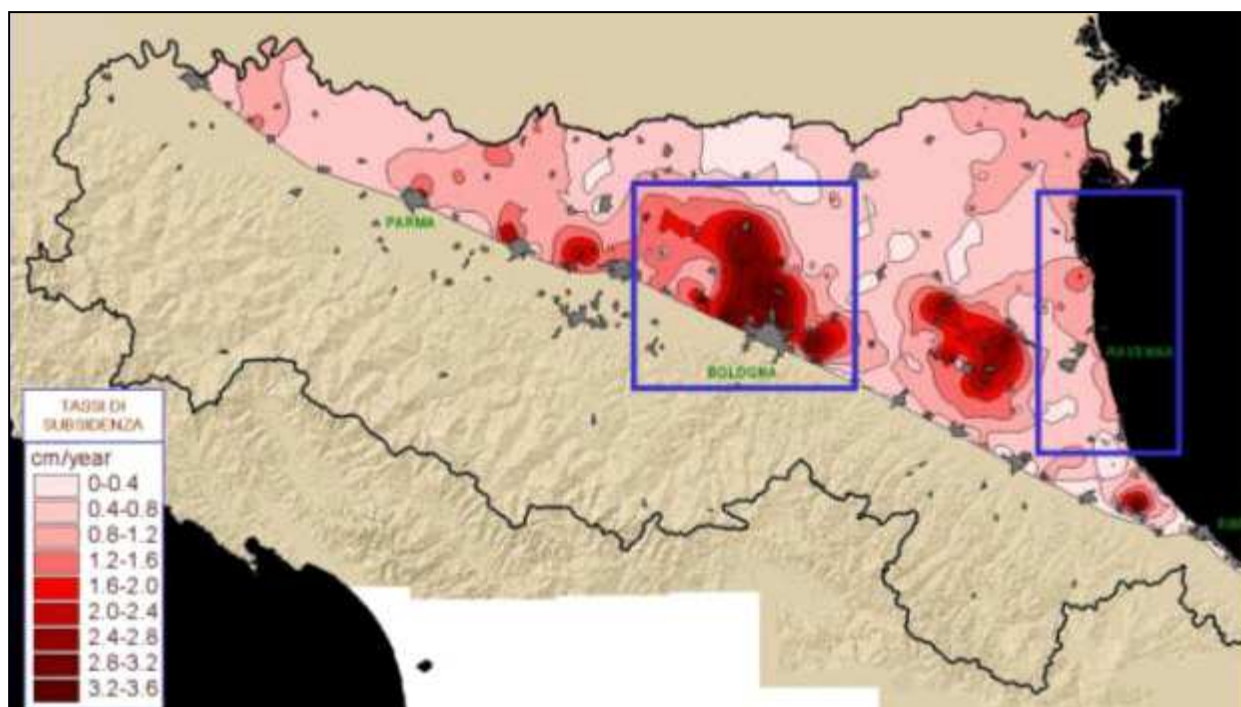
Si evidenzia che l'intera pianura emiliano-romagnola è soggetta ad un fenomeno di subsidenza naturale di velocità pari ad alcuni millimetri all'anno. A tale fenomeno si somma una subsidenza di origine antropica dovuta principalmente al prelievo di fluidi dal sottosuolo che nell'area di Bologna è stata valutata in 3,2 – 3,8 cm/anno. Questa entità del fenomeno è riferita a misure fatte fino al 1999 (Figura 3). S seguito della diminuzione dei prelievi nell'area comunale, negli anni il fenomeno si è ridotto fino ad arrestarsi.





Figura 2 – Carta geologica - Scala 1:10.000  
(Fonte: Cartografia geologica Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)





**Figura 3 – Distribuzione della subsidenza nella pianura emiliano – romagnola 1973/1993 – 1999  
(Fonte: Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli)**

## 2.2 Idrogeologia

Nella pianura emiliano-romagnola si distinguono tre gruppi acquiferi (Figura 4):

- Gruppo A costituito da depositi di origine alluvionale (Pleistocene medio – Olocene);
- Gruppo B costituito da depositi di origine fluvio-lacustre (Pleistocene medio);
- Gruppo C costituito da depositi di origine marina (Pliocene medio superiore – Pleistocene medio).

Ciascuno dei gruppi acquiferi citati costituisce un complesso formato da una serie di acquiferi e di acquitardi, suddivisi a seconda della dimensione e della estensione areale delle unità idrogeologiche

In base alle loro caratteristiche deposizionali gli acquiferi si distinguono in:

- Acquifero monostrato: si sviluppa soprattutto a ridosso dell'Appennino dove si trova un unico acquifero occupato da una falda di tipo libero, costituito prevalentemente da ghiaie estese in profondità per molte decine di metri. Questa zona costituisce anche l'area di ricarica degli acquiferi a valle;
- Acquifero multistrato: si sviluppa più a valle ed è costituito da orizzonti di ghiaie e sabbie separati da strati di limi e argille che, quando sono presenti a tetto e a letto, confinano gli acquiferi.

Gli acquiferi formati dai sedimenti depositati dai corsi d'acqua di origine appenninica si uniscono lateralmente a quelli formati dai depositi del Fiume Po solo in una zona fra Parma e Piacenza mentre, a partire dal Reggiano fino al mare, si sviluppa un ampio corpo di depositi della pianura alluvionale del Po costituito prevalentemente da limi ed argille che impedisce il contatto idraulico fra le due unità acquifere.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
AFFIORANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLIVATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	ORIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	0.125	PLEISTOCENE MEDIO	0.89	1.72	3.55	3.55	PLEISTOCENE INFERIORE	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	ACQUITARDO BASALE	A	A1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
																																A2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	A3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	A4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	B	B1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
B2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
B3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
B4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSINTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SUBSINTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SINTEMA QUATERNARIO MARINO 1	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSINTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.



### **2.3 Analisi del contesto locale**

L'area di progetto appartiene all'alta pianura bolognese caratterizzata dalla presenza delle conoidi del Fiume Reno e del Torrente Savena. Vi si individuano tre acquiferi principali denominati Gruppo Acquifero A (spessore 100-200 m), Gruppo Acquifero B (spessore 100-150 m), Gruppo Acquifero C (spessore 50-100 m) separati da due acquitardi (Acquitardo Delta ed Epsilon) spessi 20-30 m. A loro volta, i gruppi acquiferi sono separati ulteriormente da corpi semi-permeabili di rango inferiore.

All'interno dell'Unità Alluvionale Superiore (Gruppo Acquifero A) si distinguono quattro cicli sedimentari a base ghiaiosa (A1, A2, A3, A4) ciascuno di spessore pari a circa 30-40 m, intervallati a depositi fini di potenza inferiore (pari a 5-10 m). L'A1 rappresenta l'acquifero multifalda sede del sistema di falde superficiali contenute nei primi 50 m di profondità (SUP1, SUP2, SUP3, SUP4); sotto i 50 m si collocano le falde profonde oggetto di prelievo per l'approvvigionamento potabile (A2 e A3).

Nella sezione idrogeologica '114' (Nord - Sud) ubicata circa 150 m a Ovest dell'area di progetto si osservano (Figure 5 e 6):

- la base del complesso acquifero A1 a circa 45 m da p.c.;
- la base del complesso acquifero A2 a circa 60 m da p.c.;
- la base del complesso acquifero A3 a circa 85 m da p.c.

### **2.4 Stratigrafie di riferimento**

Come riferimento per l'area oggetto di studio, sono state utilizzate la stratigrafia del pozzo ubicato in Via della Beverara, 19 usato per testare le potenzialità degli acquiferi mediante prove di pompaggio e quella del piezometro eseguito presso il sito di progetto.

La stratigrafia rilevata nell'esecuzione del pozzo di Via della Beverara, 19 (quote filtri: -25/-33 m da p.c., 51/56 m da p.c., 79/87 m da p.c.) è la seguente:

0,0 – 7,0 m	Argilla
7,0 – 8,5 m	Sabbia gialla
8,5 – 10,0 m	Argilla
10,0 – 11,0 m	Sabbia
11,0 – 13,0 m	Argilla
13,0 – 17,5 m	Ghiaia
17,5 – 25,5 m	Argilla
<b>25,5 – 32,0 m</b>	<b>Ghiaia con perdita fango (Acquifero A1)</b>
32,0 – 41,0 m	Argilla
41,0 – 44,0 m	<b>Ghiaia con sabbia (Acquifero A1)</b>
44,0 – 52,0 m	Argilla
<b>52,0 – 55,0 m</b>	<b>Ghiaia (Acquifero A2)</b>
55,0 – 80,0 m	Argilla
<b>80,0 – 85,0 m</b>	<b>Ghiaia con perdita fango (Acquifero A3)</b>
85,0 – 90,0 m	Argilla.

Sono stati messi in evidenza gli acquiferi intercettati dai filtri posati nel pozzo.

La stratigrafia rilevata nell'esecuzione del piezometro eseguito presso il sito (quota filtri -12,00/-40,00 m da p.c.) è la seguente:

0,0 – 0,1 m	Conglomerato bituminoso
0,1 – 0,4 m	Ghiaia con sabbia
0,4 – 0,8 m	Terreno di riporto costituito da laterizi e ghiaia
0,8 – 1,0 m	Limo argilloso di colore bruno scuro, con inclusi frammenti di laterizi
1,0 – 1,5 m	Limo argilloso sabbioso di colore nocciola chiaro, molto compatto, asciutto
1,5 – 2,4 m	Limo con argilla di colore bruno, con laterizi
2,4 – 4,1 m	Ghiaia medio – fine, sub-arrotondata, con elementi grossolani, in matrice sabbioso limosa, addensata, asciutta
4,1 – 4,6 m	Limo sabbioso di colore bruno-marrone
4,6 – 7,0 m	Argilla con limo di colore marrone con piccoli inclusi di laterizio a -5,2 m. Presenza di calcinelli. Da -6,8 m a -6,85 m con frammenti (probabilmente laterizi) fortemente alterati con colorazioni rosso nerastre
7,0 – 12,0 m	Limo argilloso
<b>12,0 – 18,2 m</b>	<b>Ghiaia medio fine addensata</b>
18,2 – 20,8 m	Limo
<b>20,8 – 21,5 m</b>	<b>Ghiaia</b>
21,5 – 25,8 m	Limi e sabbie
<b>25,8 – 32,7 m</b>	<b>Ghiaia</b>
32,7 – 40,0 m	Limo e sabbia.

La stratigrafia è assimilabile a quella rilevata nel pozzo se non per l'orizzonte ghiaioso dello spessore di 1,2 m che si individua fra 20,8 m e 21,5 m da p.c.

Le stratigrafie di riferimento sono abbastanza in linea con le geometrie evidenziate nella sezione idrogeologica '114' descritta in precedenza (§ 2.3):

- base del complesso acquifero A1 a 44 m da p.c.;
- base del complesso acquifero A2 a 55 m da p.c.;
- base del complesso acquifero A3 a 85 m da p.c.

Nelle stratigrafie di riferimento si individuano anche gli acquiferi che costituiscono il serbatoio delle falde superficiali che compongono il complesso acquifero A1, di seguito elencati con le quote dei letti:

- SUP4: base a 8,5 m da p.c.;
- SUP3: base a 11 m da p.c.;
- SUP 2: base a 17,5 m da p.c.;
- SUP1: base a 44 m da p.c.

Sul pozzo di Via della Beverara 19 sono state eseguite alcune prove di pompaggio (Tabella 1) per definire la conducibilità idraulica di alcuni acquiferi; tali valori sono stati utilizzati per costruire il modello della struttura idrogeologica.

**Tabella 1 – Valori di conducibilità idraulica sito specifici (Fonte: [7])**

<b>Acquifero testato</b>	<b>Prova</b>	<b>T media (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>k media (m/s)</b>	<b>Q max testata</b>	<b>Interferenze con altri acquiferi</b>
Acquifero A1 (falda SUP1)	05.08.2015 (Q cost risalita)	2,07 x 10 <sup>-2</sup>	3,19 x 10 <sup>-3</sup>	Q= 16 l/s	Nessuna interferenza con il sistema A2
	08.08.2015 (Q var discesa)	2,21 x 10 <sup>-2</sup>	3,41 x 10 <sup>-3</sup>	Q= 12,3 l/s	
	11.08.2015 (Q var discesa)	3,81 x 10 <sup>-2</sup>	5,87 x 10 <sup>-3</sup>	Q= 38 l/s	
	11.08.2015 (Q cost risalita)	1,95 x 10 <sup>-2</sup>	3,00 x 10 <sup>-4</sup>		
	<b>Media</b>	<b>2,51 x 10<sup>-2</sup></b>	<b>3,87 x 10<sup>-3</sup></b>		
Acquifero A2	07.08.2015 (Q var presa)	4,95 x 10 <sup>-3</sup>	1,65 x 10 <sup>-3</sup>	Q= 6,6 l/s	Nessuna interferenza con il sistema A1 e A3
	10.08.2015 Q var presa	1,37 x 10 <sup>-3</sup>	4,56x10 <sup>-4</sup>	Q= 13 l/s	
	<b>Media</b>	<b>3,16 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>1,05 x 10<sup>-3</sup></b>		
Acquifero A3	31.07.2015 (Q var discesa)	5,81 x 10 <sup>-3</sup>	1,16x10 <sup>-3</sup>	Q=30 l/s	Nessuna interferenza con il sistema A1 e A2
	31.07.2015 (Q cost risalita)	3,46 x 10 <sup>-3</sup>	6,92x10 <sup>-4</sup>	Q=20 l/s	
	<b>Media</b>	<b>4,64 x 10<sup>-3</sup></b>	<b>9,26 x 10<sup>-4</sup></b>		





**Figura 5 – Traccia sezioni idrogeologiche – Scala 1:15.000**

(Fonte: Cartografia geologica Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)



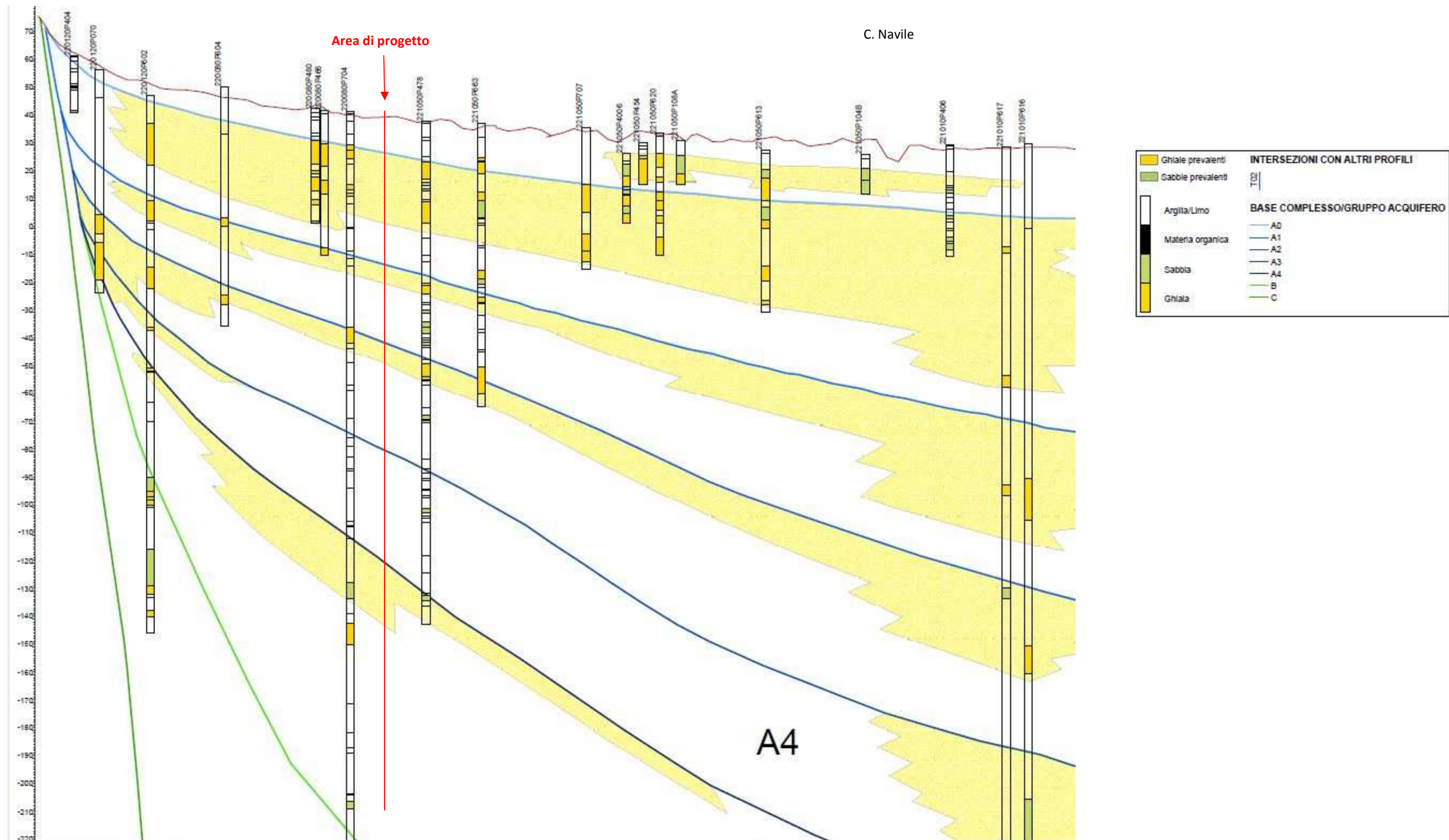


Figura 6 – Stralcio sezione idrogeologica 114 (Nord – Sud) – Scala grafica (Fonte: Cartografia geologica Regione Emilia Romagna – Servizio geologico, sismico e dei suoli)

## 2.5 Misurazione profondità e temperature falde

Nel piezometro e nel pozzo di Via della Beverara sono stati misurati i livelli indisturbati delle falde (Tabella 2).

**Tabella 2 – Valori di soggiacenza e livello piezometrico delle falde (Fonte: [7])**

Punto di misura - Acquifero - Data	Soggiacenza (m da b.p.)	L.S. misurato (m s.l.m.)
Sondaggio S2 - SUP 4	7,60	30,40
Sondaggio S3 - SUP 4	7,40	30,60
Sondaggio S5 - SUP 4	7,20	30,80
Sondaggio S5 - SUP 4	7,30	30,70
<b>SUP 4 - Media</b>	<b>7,38</b>	<b>30,63</b>
A1 - SUP 1 - 05/08/2015	18,44	19,56
A1 - SUP 1 - 06/08/2015	18,60	19,40
A1 - SUP 1 - 07/08/2015	18,08	19,92
A1 - SUP 1 - 08/08/2015	18,15	19,85
A1 - SUP 1 - 11/08/2015	18,16	19,84
A1 - SUP 1 - 11/08/2015	18,16	19,84
<b>A1 - SUP 1 - Media</b>	<b>18,29</b>	<b>19,71</b>
A2 - 05/08/2015	31,51	6,49
A2 - 06/08/2015	31,22	6,78
A2 - 07/08/2015	32,35	5,65
A2 - 11/08/2015	32,14	5,86
<b>A2 - Media</b>	<b>29,10</b>	<b>8,90</b>
A3 - 31/07/2015	33,00	5,00
<b>A3 - Media</b>	<b>33,00</b>	<b>5,00</b>

La temperatura della falda SUP1 è stata misurata il giorno 01.02.2019 alle ore 11.00 con temperatura esterna 1°C in condizioni di cielo poco nuvoloso sia nel piezometro presso il sito che nel pozzo di Via della Beverara 19.

### Piezometro

Profondità del livello di equilibrio delle falde: -21,37 m da p.c.

T a -26,37 m da p.c.: 14,2°C

T a -31,37 m da p.c.: 14,2°C

T a -36,00 m da p.c.: 14,0°C

T a -40,00 m da p.c.: 13,8°C.

Profondità piezometro: -40,40 m da p.c.

### Pozzo Via della Beverara

Profondità del livello di equilibrio delle falde: -40,50 m da p.c.

T a -45,00 m da p.c.: 14,6°C

T a -50,00 m da p.c.: 14,6°C.



La sconnessione tra le falde intercettate dal piezometro e quelle intercettate dal pozzo è resa evidente sia dal forte scostamento dei valori di profondità del livello di equilibrio delle falde sia dalla netta differenza di temperatura osservata a quote comparabili (-40,00 m nel piezometro e - 45,00 m nel pozzo).

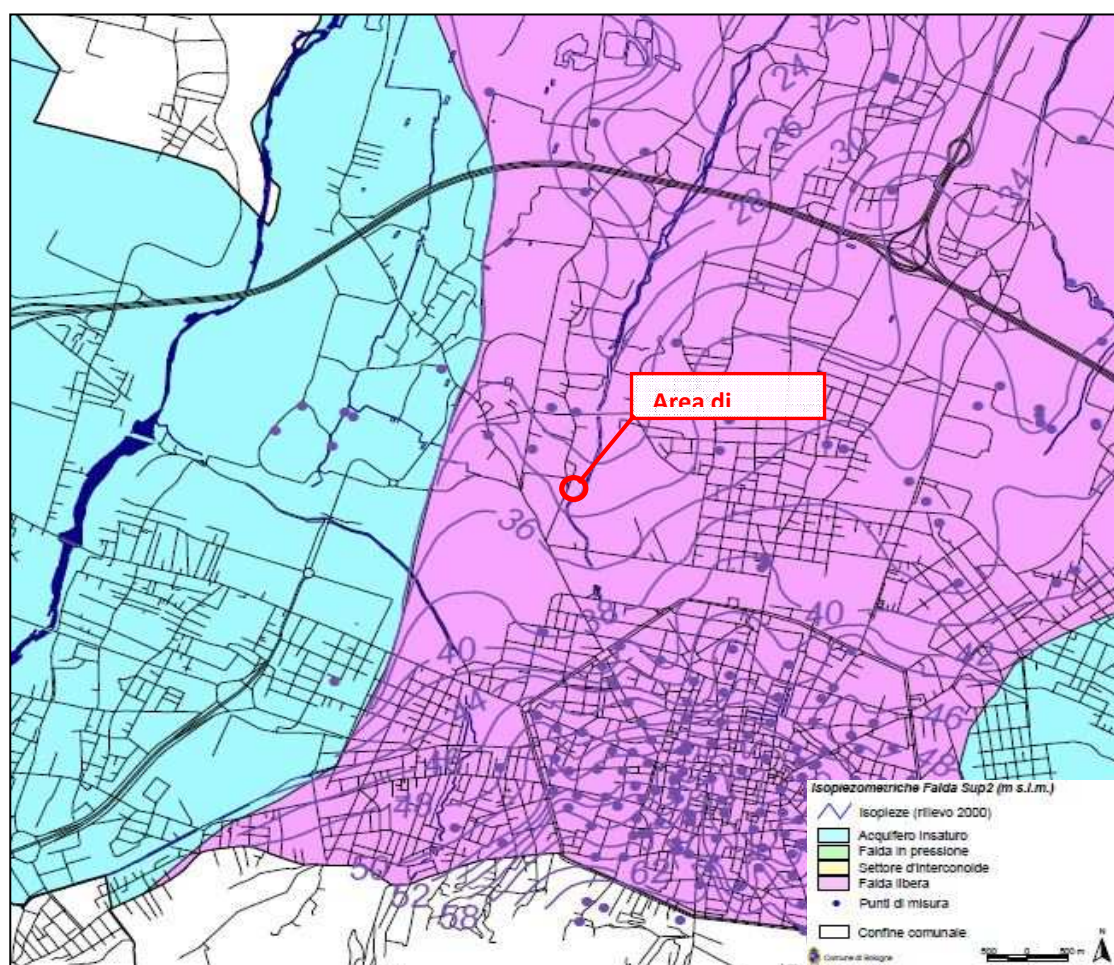
La temperatura media giornaliera dell'aria a Borgo Panigale nel periodo 1990-2017 è stata pari a 14,3°C, mentre nel periodo 2006-2017 a 14,6°C nell'area urbana è stata pari a 15,2°C. I valori di temperatura delle falde sono molto prossimi a quelli della temperatura atmosferica misurata nel lungo periodo a Borgo Panigale.

## 2.6 Dinamica della falda

Per l'andamento delle falde nell'area di progetto si è fatto riferimento alle piezometrie riportate dal P.A.E. 2007 del Comune di Bologna dove si riportano le morfologie sia delle falde superficiali contenute nel complesso acquifero A1 che delle falde profonde contenute negli acquiferi A2 e A3.

Per quanto riguarda le falde superficiali (SUP1, SUP2, SUP3, SUP4) nel P.A.E. non è riportato l'andamento della SUP3 in quanto, come indicato nel Piano, presenta solitamente una minore continuità rispetto alle falde sottostanti [7].

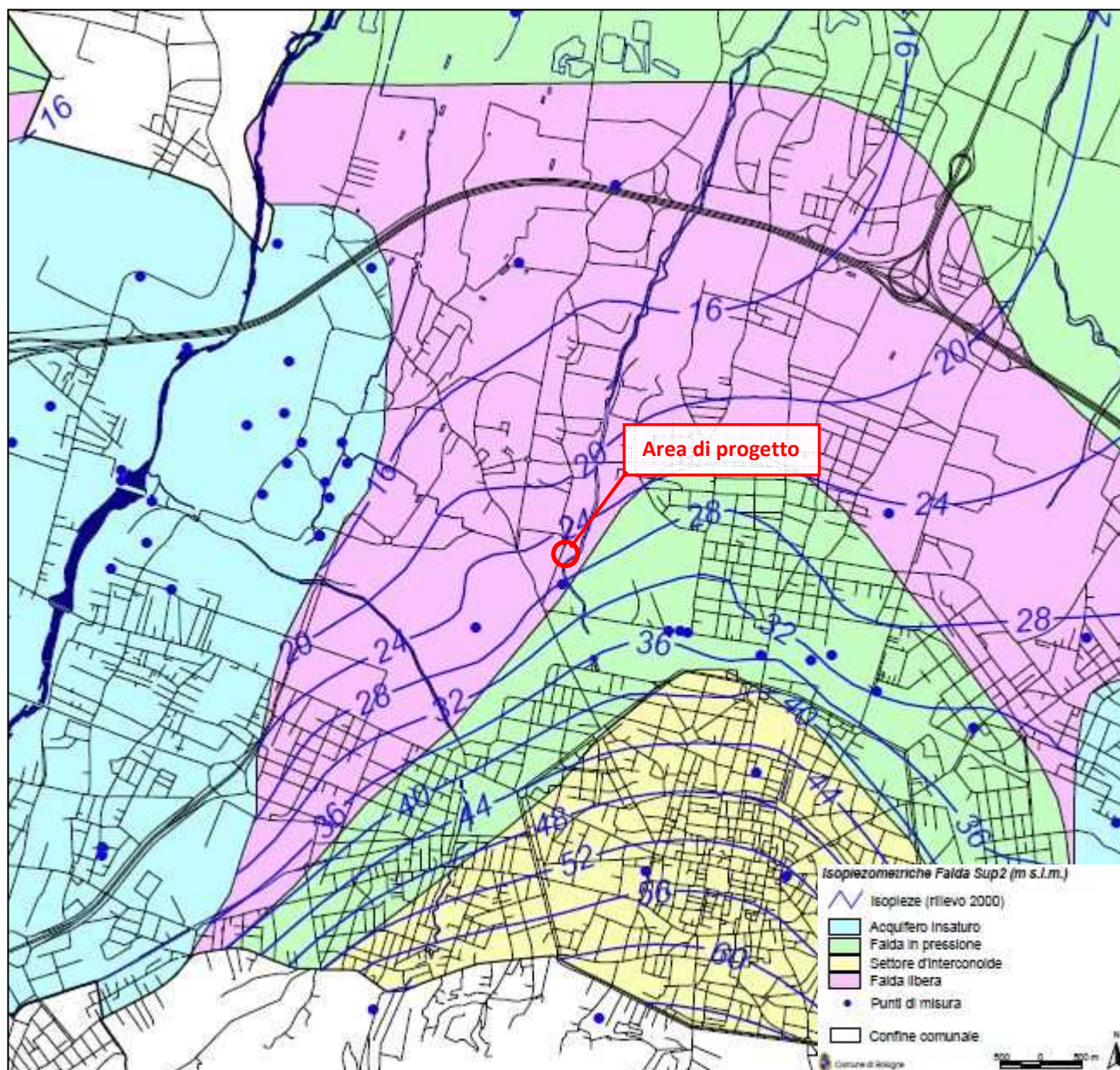
Nell'anno 2000 il livello di quiete della falda SUP4 si trovava a circa 35,0 m s.l.m. (5,0 m da p.c.), il gradiente idraulico era pari a circa 2,4 ‰ e la direzione di flusso della falda era Sud Ovest – Nord Est (Figura 7).



**Figura 7 – Piezometria SUP4 - Anno 2000 – Scala grafica  
(Fonte: P.A.E. Comune di Bologna)**



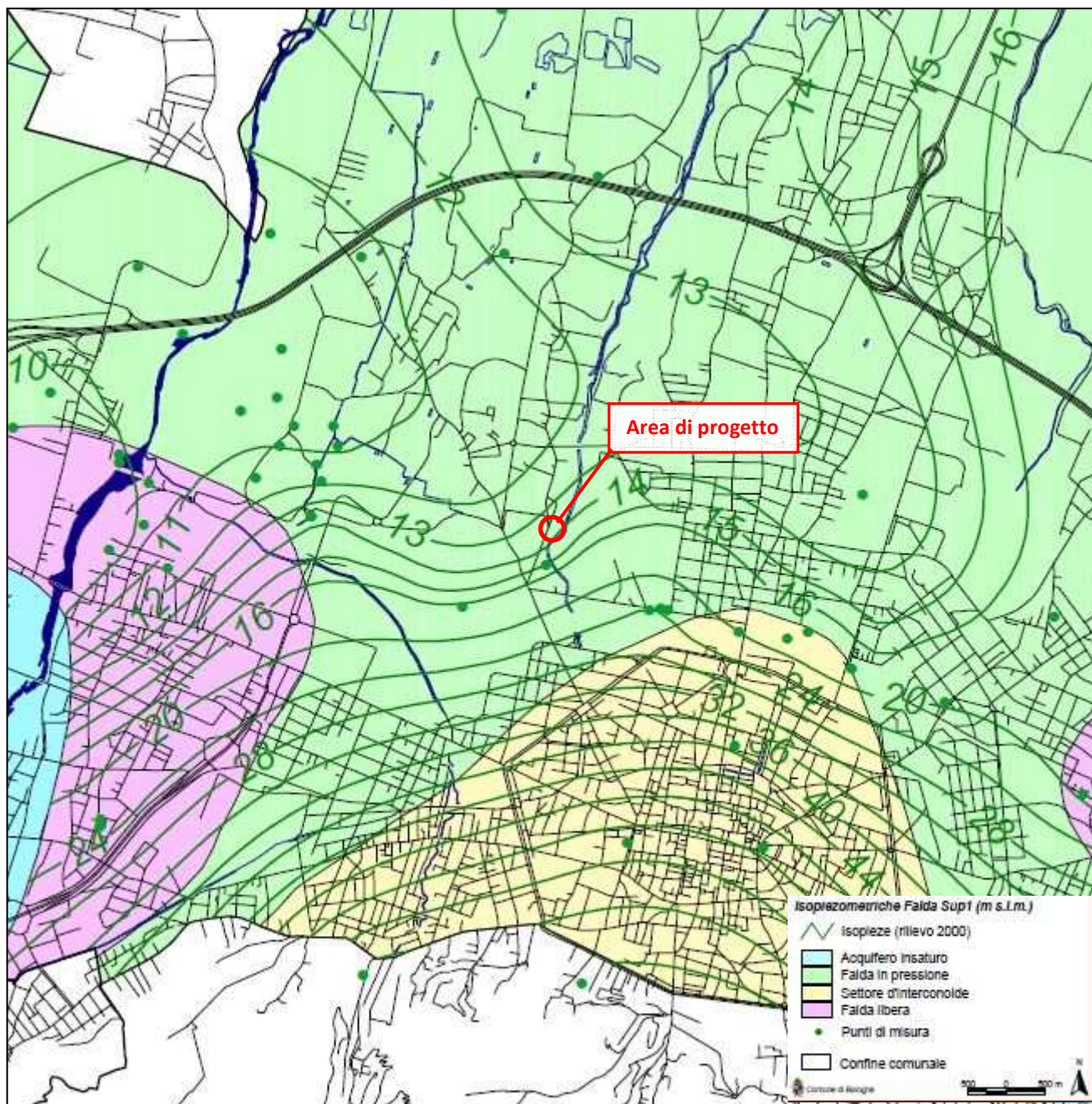
Nell'anno 2000 il livello di quiete della falda SUP2 si trovava a circa 26,0 m s.l.m. (12 m da p.c.), il gradiente idraulico era pari a circa 6,8 ‰ e la direzione di flusso della falda era Sud Est – Nord Ovest (Figura 8).



**Figura 8 – Piezometria SUP2 - Anno 2000 – Scala grafica  
(Fonte: P.A.E. Comune di Bologna)**



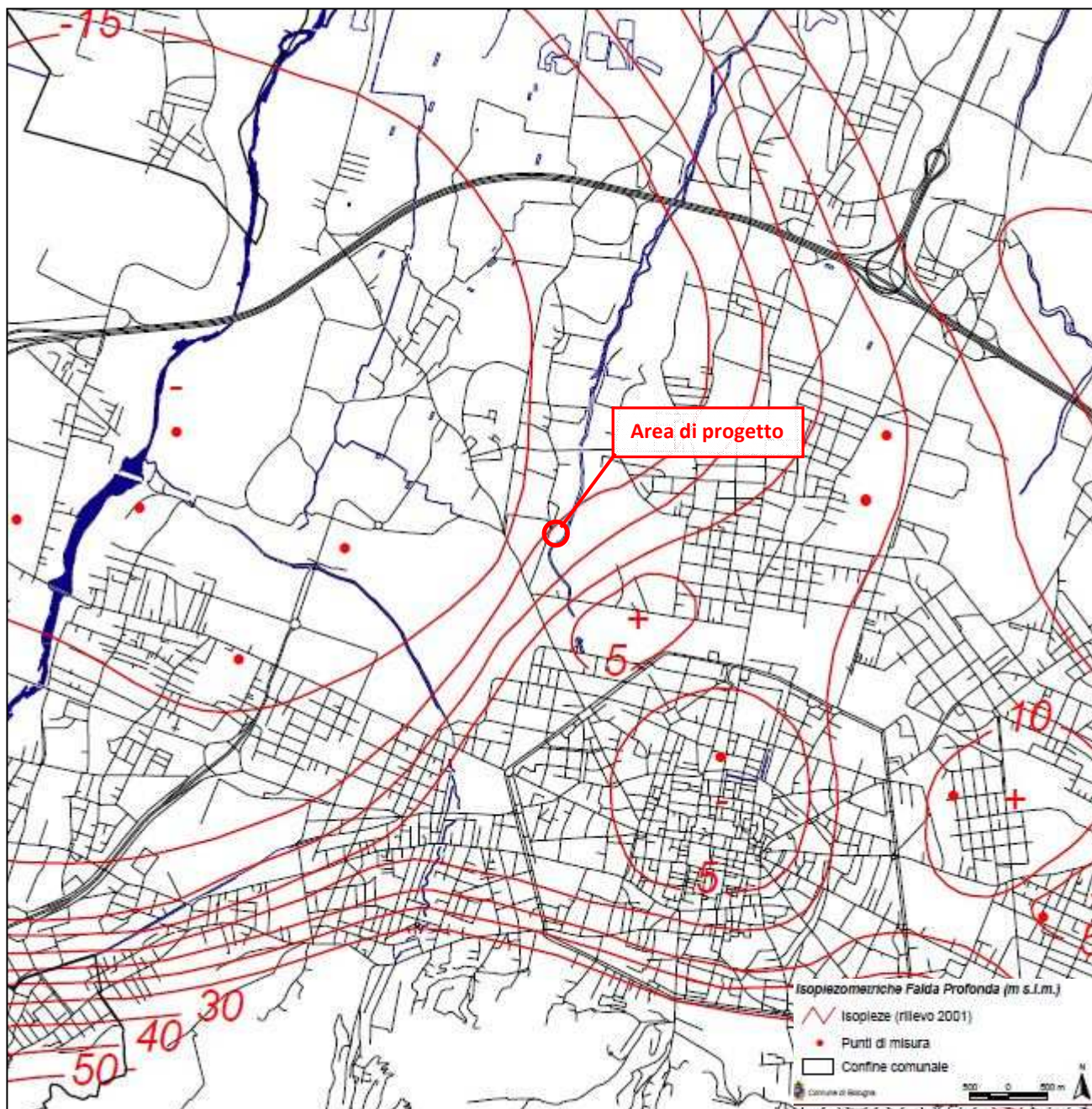
Nell'anno 2000 il livello di quiete della falda SUP1 si trovava a circa 14,0 m s.l.m. (24 m da p.c.), il gradiente idraulico era pari a circa 1,2 ‰ e la direzione di flusso della falda era Sud Est – Nord Ovest (Figura 9).



**Figura 9 – Piezometria SUP1 - Anno 2000 – Scala grafica  
(Fonte: P.A.E. Comune di Bologna)**



Nell'anno 2001 il livello di quiete delle falde profonde in A2 e A3 si trovava a circa -8,0 m s.l.m. (46 m da p.c.), il gradiente idraulico era pari a circa 9,0 ‰ e la direzione di flusso era Sud Est – Nord Ovest (Figura 10).



**Figura 10 – Piezometria falde profonde in A2 e A3 - Anno 2001 – Scala grafica  
(Fonte: P.A.E. Comune di Bologna)**

Durante una campagna di sondaggi e durante le prove di pompaggio condotte fra Luglio e Agosto 2015 sono stati misurati i livelli indisturbati delle falde nell'area di progetto (§ 2.5 Tabella 2).

### **3 SINTESI - MODELLO CONCETTUALE**

Sulla base degli elementi descritti nel capitolo precedente è stato elaborato un modello concettuale schematico per rappresentare sinteticamente la struttura idrogeologica del contesto di progetto (Allegato 1).

Il modello concettuale descrive:

- la stratigrafia del sito mettendo in evidenza i rapporti fra i tre complessi acquiferi sovrapposti (A1, A2 e A3) e l'ulteriore differenziazione dell'Acquifero A1 che determina la presenza in subordine di 4 acquiferi che costituiscono il serbatoio delle falde superficiali SUP1, SUP2, SUP3 E SUP4;
- i valori di conducibilità idraulica delle diverse falde laddove verificati mediante le prove di pompaggio eseguite nel 2015;
- i livelli di soggiacenza delle falde e i rapporti fra gli stessi;
- le caratteristiche del Canale Navile che è in comunicazione con la falda superficiale SUP4 alimentandola o drenandola in funzione dei rispettivi livelli;
- le caratteristiche del piezometro presente nell'area di progetto e del pozzo di Via della Beverara, 22/23, utilizzati rispettivamente per rilevare le temperature della falda e per verificare le potenzialità degli acquiferi mediante le prove di pompaggio;
- le caratteristiche delle opere di presa e di resa in progetto il cui posizionamento dei filtri è stato previsto nella sola falda superficiale SUP1.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 ISTAT. Report. 2002-2016- Temperatura e precipitazioni nelle principali città. 20 giugno 2018. Roma 2018.
- 2 ARPA Emilia Romagna. Le Caratteristiche degli acquiferi della Regione Emilia Romagna. Reggio Emilia 2005.
- 3 Regione Emilia Romagna. Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna. [http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/acque/rel\\_scientif/riserve\\_idriche\\_sotterr\\_01.htm#2197432](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/acque/rel_scientif/riserve_idriche_sotterr_01.htm#2197432).
- 4 ARPA Emilia Romagna. Servizio Tutela e Risanamento acque. Studio sulla Ricarica artificiale delle Falde in Emilia Romagna. Bologna 2006.  
[http://www.arpa.emr.it/ingamb/download/falde/RelF\\_ARCH\\_REV1\\_indice.pdf](http://www.arpa.emr.it/ingamb/download/falde/RelF_ARCH_REV1_indice.pdf)
- 5 Comune di Bologna. PAE 2007. Piano della Attività Estrattive. Bologna 2010.
- 6 Comune di Bologna. Piano Strutturale Comunale. Bologna 2008.
- 7 STS Servizi Tecnologie e sistemi e AIRIS Ingegneria per l'Ambiente. *Programma per la riqualificazione urbana preordinato a variante Piano Operativo Comunale. Relazione Idrogeologica sulle potenzialità degli acquiferi sfruttabili ai fini della geotermia*. Bologna 2015
- 8 Norma UNI 11590:2015. Pozzi per acqua – Progettazione. Milano. Settembre 2015.
- 9 M. Gorla. Pozzi per acqua – Manuale tecnico di progettazione. Milano. Ottobre 2010.
- 10 G. Cerbini, M. Gorla. Idrogeologia Applicata - Principi, Metodi e Misure. Milano. Gennaio 2009.

## **ALLEGATI**



**Allegato 1**  
**Modello concettuale**