

# Piano delle Attività Estrattive

*P.A.E. 2020*



*Geologia e idrogeologia*

Approvato con DC/PRO/2021/64

## **Indice**

<b>1 - Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche.....</b>	<b>2</b>
1.1 - Inquadramento geologico generale.....	2
1.2 - Inquadramento idrogeologico generale.....	9
1.3 - Morfologia naturale alterata.....	11
<b>2 - Nuove previsioni estrattive.....</b>	<b>14</b>
2.1 - Settore Aeroporto (Polo Cappellina).....	14
2.2 - Settore Zanardi (Polo Possessione Palazzo – Ambito Villino dei Fiori).....	18
<b>3 - Considerazioni finali.....</b>	<b>24</b>

## 1 - Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche

### 1.1 - Inquadramento geologico generale

La pianura bolognese costituisce parte del più ampio bacino sedimentario sintettonico padano. Gli autori riconoscono, al suo interno, una successione quaternaria continentale [ciclo Qc di Ricci Lucchi et al., 1982], che definisce la porzione sommitale dei sedimenti di riempimento del bacino padano, costituito da depositi alluvionali e poggianti, con contatto discordante, sul ciclo pleistocenico inferiore marino (ciclo Qm).

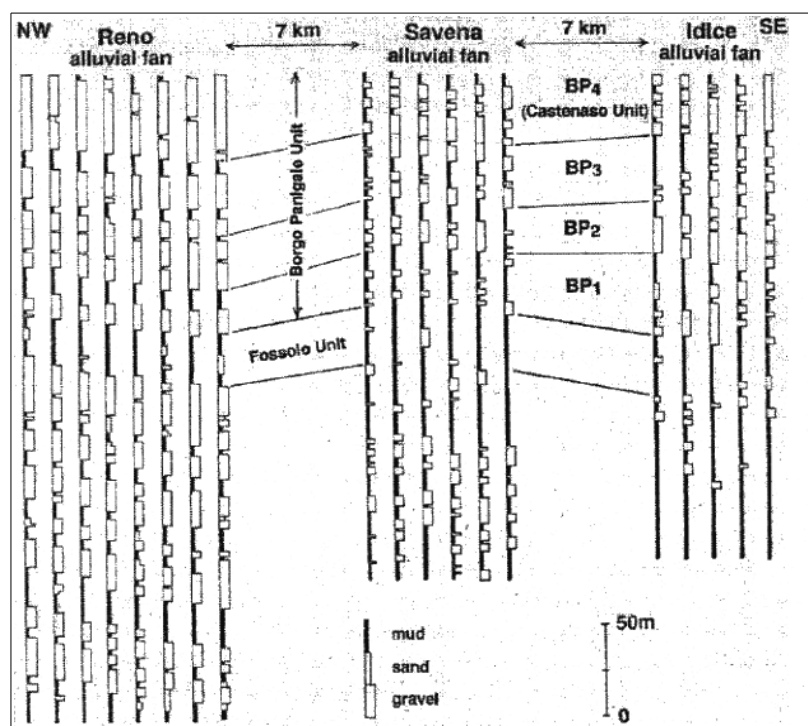


Fig. 1.1: Quadro stratigrafico dei conoidi di Reno, Savena e Idice [da Amorosi et al., 1996]

La successione Quaternaria continentale è caratterizzata dal progressivo delinearsi del sistema deposizionale del conoide del Reno nel corso dell'ultimo milione di anni e, in età più recenti, del conoide del Savena.

Nelle Figure 1.1 e 1.2 si riporta lo schema stratigrafico elaborato per le conoidi di Reno, Savena e Idice.

Il Quaternario continentale viene suddiviso, secondo la definizione proposta da Regione Emilia Romagna - Agip, 1998, in due unità a contenuto grossolano, definite Ciclo A [Unità Alluvionale superiore di Amorosi e Farina, 1994b] e Ciclo B [Unità Alluvionale Inferiore di Amorosi e Farina, 1994b], dello spessore di circa 100-150 m, separate da corpi a deposizione francamente argillosa. In posizione sottostante è presente un ciclo C, riconosciuto recentemente a scala regionale, che può essere assimilato alla parte terminale del Quaternario marino Qm, e ne rappresenta l'espressione basale.

Unità stratigrafiche				Unità idrogeologiche	Età	
Quaternario Continentale (Qc)	Ciclo A	A1		Falda SUP4	Olocene	
			A1c	Falda SUP3		
			A1b	Falda SUP2	Pleistocene superiore	
			A1a	Falda SUP1		
		A2		Falda profonda	Pleistocene medio	
			A3			
		A4				
			Orizz. Fossolo			
	Ciclo B					
	Quaternario Marino (Qm)	Ciclo C				Pleistocene inferiore

Fig. 1.2: Quadro riassuntivo delle unità geologiche ed idrogeologiche riconosciute [da Farina et al., 2001b]

Lo spessore del ciclo Qc, all'interno del quale si sviluppano gli acquiferi captati, supera, nell'area bolognese, i 300 m [Francavilla et al., 1980; Ori, 1979]; tale spessore diminuisce procedendo verso Nord, in direzione di Ferrara, dove la base del Quaternario continentale si ritrova a qualche decina di metri di profondità dal piano campagna attuale [Pieri e Groppi, 1981]. Nell'ambito della successione quaternaria continentale, le unità attraversate sono costituite, dal punto di vista litologico, essenzialmente da ghiaie e, subordinatamente, da peliti, più scarse appaiono le sabbie. Le ghiaie risultano dominanti nell'area del F. Reno, mentre il rapporto grossolano/pelite, espresso dal rapporto fra la somma delle frazioni ghiaiosa e sabbiosa e la frazione a granulometria fine ed indicato come G/P, risulta inferiore nelle sezioni dei torrenti Savena ed Idice.

Amorosi e Farina [1994a, 1994b, 1995] riconoscono, nell'ambito della distribuzione verticale delle litologie, una chiara organizzazione delle ghiaie e delle peliti secondo cicli o ritmi di diverso spessore risultanti in alternanze di depositi prevalentemente grossolani e di depositi a dominante fine su spessori variabili da 10 a oltre 100 metri.

Un intervallo prevalentemente fine di significativa continuità stratigrafica, denominato Unità di Fossolo [base del Ciclo A], consente di distinguere una Unità Alluvionale Inferiore [Ciclo B] da una Unità Alluvionale Superiore o Unità di Borgo Panigale [UBP, da Amorosi et al., 1996 o Ciclo A da Regione Emilia Romagna, Agip, 1998] costituendo sia un marker stratigrafico, sia, dal punto di vista idrogeologico, un acquitardo di importanza regionale.

Tale orizzonte pelitico si colloca ad una profondità pari a circa 120 – 150 metri dal piano campagna ed ha uno spessore di circa 20-25 metri. È composto da materiale prevalentemente siltoso ed argilloso, con intercalazioni di corpi sabbiosi e localmente ghiaiosi caratterizzati da un valore di G/P sempre inferiore a 1/3.

L'Unità Alluvionale inferiore [o Ciclo B] si colloca a profondità comprese fra 120-150 m (tetto) e 270-320 m (base) e presenta spessori superiori 200 metri nell'area del



F. Reno. Risulta di difficile caratterizzazione litologica e stratigrafica nella sua porzione inferiore, mentre la sua parte sommitale è costituita da una megasequenza di spessore variabile tra 100 e 120 metri che presenta una espressione fortemente ghiaiosa nel settore del Reno [ $G/P = 3/1$ ], mentre nel settore del Savena il rapporto  $G/P$  è inferiore a 1.

L'Unità Alluvionale Superiore definita Unità di Borgo Panigale, o Ciclo A, è caratterizzata da un tenore in ghiaie mediamente più elevato rispetto alla sottostante Unità Alluvionale Inferiore, o Ciclo B, indicativo di una deposizione prevalentemente grossolana sull'intera area in esame. Il rapporto  $G/P$  raggiunge 6/1 nella conoide del Reno e 2/1 nei conoidi di Savena ed Idice.

All'interno dell'Unità Alluvionale Superiore si riconoscono quattro cicli a base ghiaiosa dello spessore di circa 30-40 metri delimitati a tetto da intervalli prevalentemente fini di minore potenza, pari a circa 5-10 metri. Queste unità, denominate dall'alto come A1, A2, A3, A4 [Regione Emilia Romagna, Agip, 1998] o BP4, BP3, BP2, BP1 secondo Amorosi et al., 1996, si caratterizzano come corpi acquiferi parzialmente amalgamati tra loro, in particolare nelle zone apicali e in presenza di isolati corpi grossolani all'interno degli spessori pelitici. Gli orizzonti descritti presentano un elevato grado di correlabilità nell'area del Reno, e sono caratterizzati da una buona persistenza anche nei settori di Savena ed Idice.

Le sezioni geologiche riportate nelle figure 1.3 e 1.4 consentono di osservare l'alternanza ghiaia-pelite presente nel sistema di conoide appenninico.

Lateralmente rispetto alle aree di conoide si distinguono settori caratterizzati dalla presenza di litofacies di piana alluvionale, riferibili sia a fenomeni di esondazione di Reno e Savena, sia a deposizione di materiale pelitico proveniente dalla sedimentazione del reticolo minore (Meloncello, Ravone, Aposa). Si individua un settore definibile di interconoide, dove non si verifica coalescenza laterale tra i corpi ghiaiosi attribuibili al F. Reno e al T. Savena. I depositi sono costituiti principalmente da materiali limoso-argillosi. Solo raramente si riscontra la presenza di intercalazioni sabbiose, di ridotta continuità laterale. Questa transizione litologica è riscontrabile anche all'interno della documentazione cartografica allegata relativa alla descrizione della litologia di superficie.

La Fig. 1.5 mostra una sezione a direzione Ovest-Est localizzata all'incirca in corrispondenza della Via Emilia dove si osservano le geometrie dei depositi ghiaiosi del Reno e del Savena in senso trasversale. Si può notare che i corpi grossolani non interessano la zona del centro storico di Bologna che risulta collocarsi all'interno del settore di interconoide.

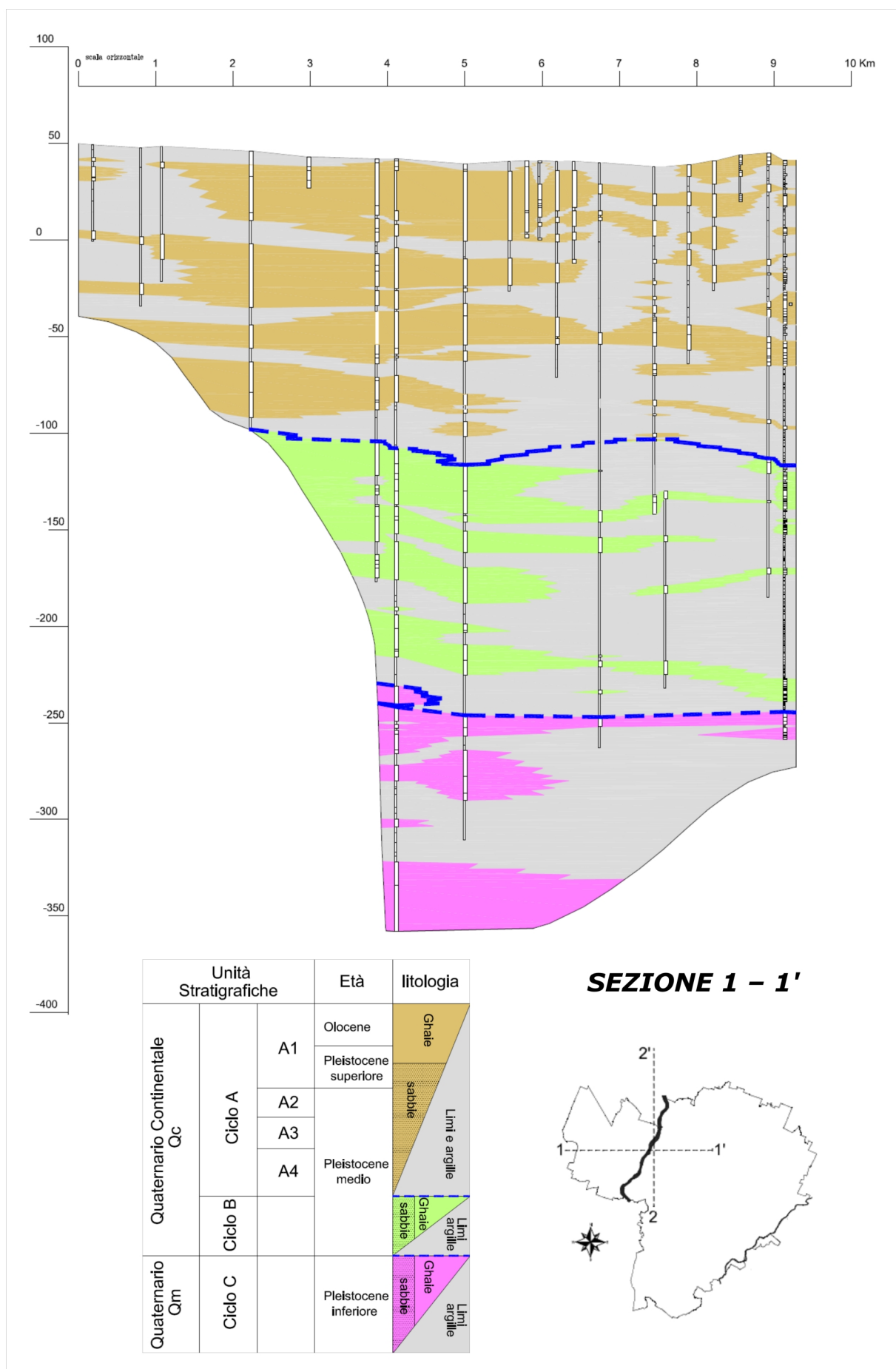
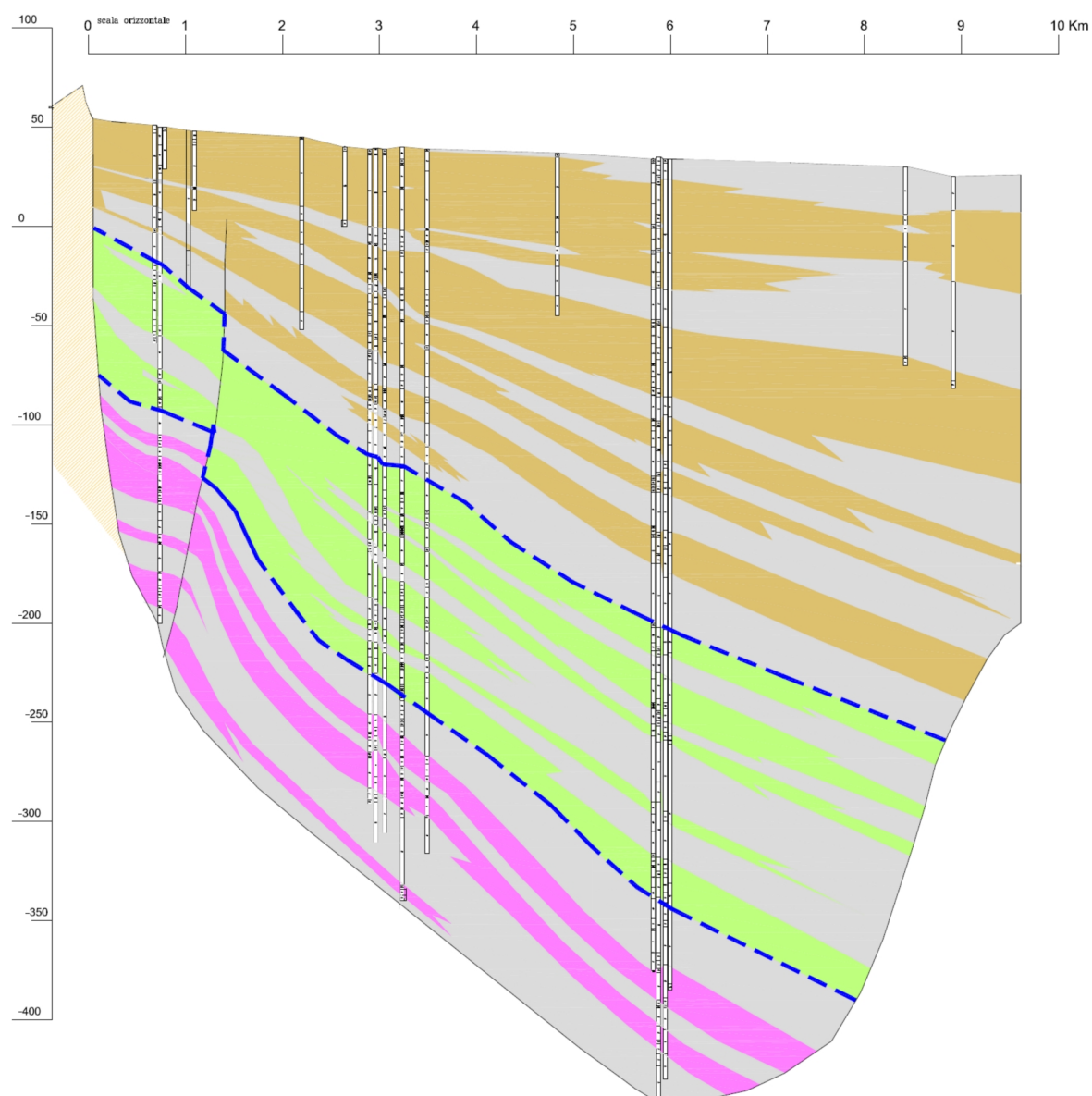


Fig. 1.3: Sezione geologica 1 - 1'



Unità Stratigrafiche			Età	litologia		
Quaternario Continentale Qc	Ciclo A	A1	Olocene	Ghale		
			Pleistocene superiore	sabbie		
		A2	Pleistocene medio	Limi e argille		
		A3				
	A4					
Ciclo B			sabbie	Ghale	Limi e argille	
Quaternario Qm	Ciclo C		Pleistocene inferiore	sabbie	Ghale	Limi e argille

## SEZIONE 2 – 2'



Fig. 1.4: Sezione geologica 2 - 2'.

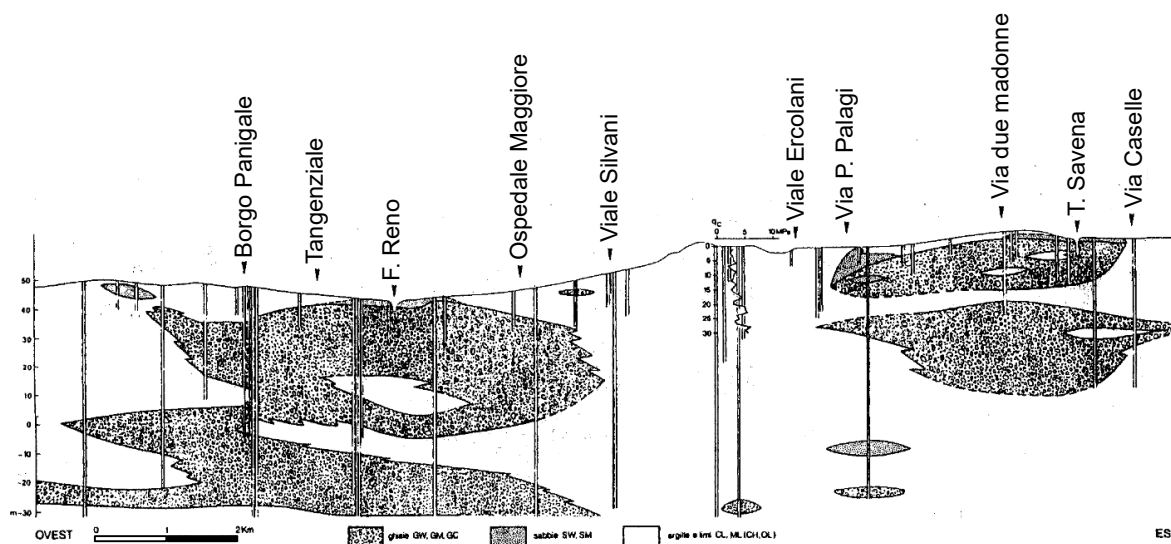


Fig. 1.5: Sezione geologica trasversale conoidi Reno – Savena dir. W – E (da Elimi et al., 1984).

La Fig. 1.6 ricostruisce, sulla base dell'interpolazione di dati litostratigrafici, le isolinee di ugual soggiacenza del tetto del corpo ghiaioso più prossimo al piano campagna nel settore della conoide del F. Reno.

I litotipi grossolani costituenti la conoide, ghiaie ad ampia distribuzione granulometrica o, più frequentemente, miscele di ghiaie e sabbie, sono rilevabili direttamente in affioramento o a profondità inferiore a 10 m in un'ampia fascia in asse con il fiume che si estende oltre i limiti comunali.

Depositi a granulometria fine (limi e argille) occupano le parti esterne, laterali e distali, della conoide, con varie irregolarità connesse all'influenza dei corsi d'acqua minori.

Lateralmente, in sinistra idrografica del F. Reno, si riscontra la presenza di litotipi argillosi e limosi in affioramento. Il tetto del primo orizzonte ghiaioso tende ad approfondirsi raggiungendo una profondità pari a 18 m dal piano di campagna.

In corrispondenza della porzione S-W del territorio comunale si sviluppa la parte terminale della conoide del T. Lavino caratterizzata dalla presenza in affioramento di depositi di tipo sabbioso. In questo settore il tetto del primo orizzonte ghiaioso si colloca a quote inferiori ai -12 m dal p.c.



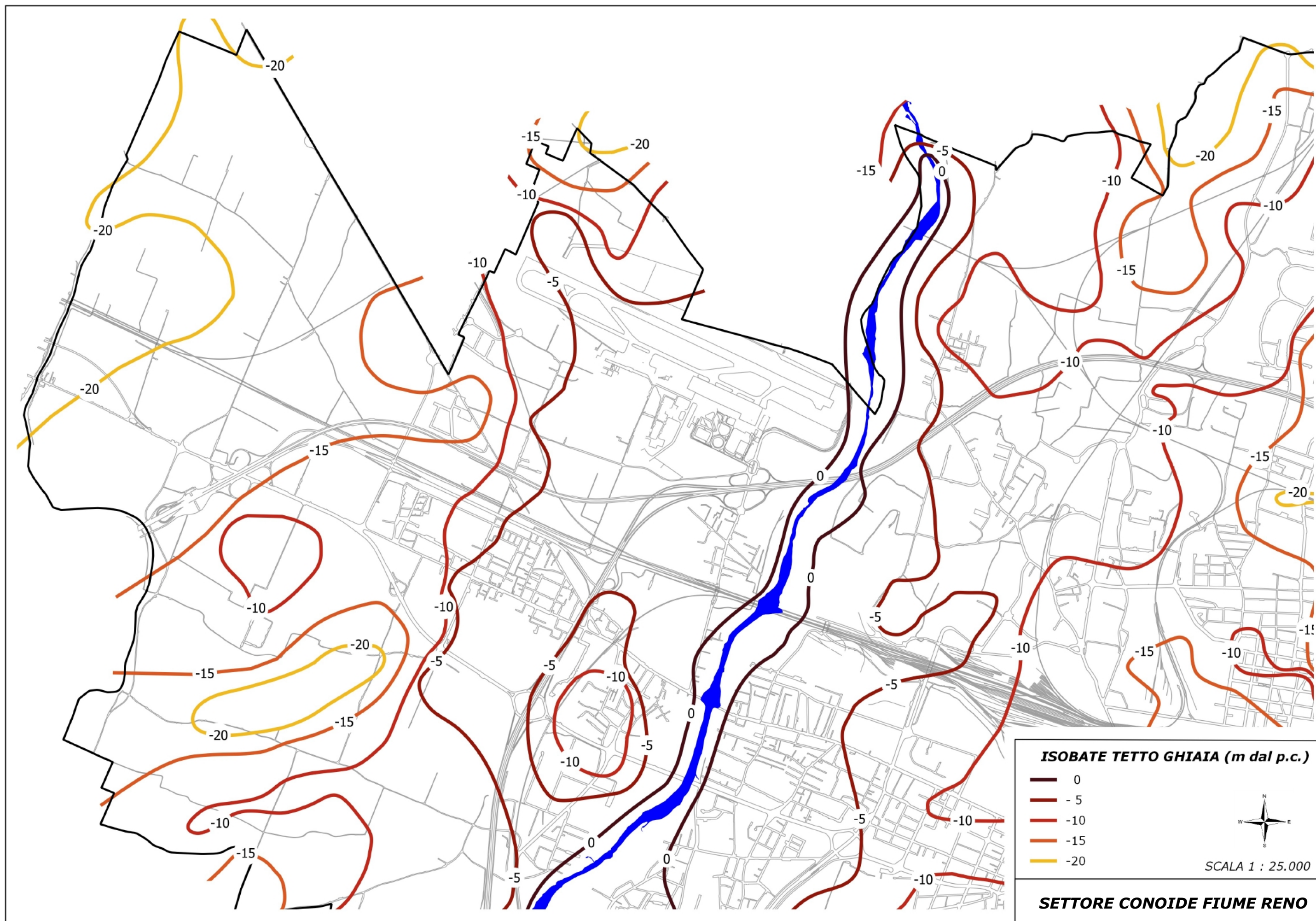


Fig. 1.6: Isobate del tetto del primo orizzonte ghiaioso nel settore di conoide del F. Reno (m dal p.c.).

## 1.2 - Inquadramento idrogeologico generale

All'interno della struttura geologica del conoide del Fiume Reno, il cui significativo sfruttamento da parte delle attività estrattive nel corso degli anni ha determinato un'importante e progressiva sottrazione dei terreni costituenti gli acquiferi alluvionali di pianura, vengono identificate differenti unità idrogeologiche schematizzate nella seguente Fig. 1.7:

Sistema Acquifero			Acquitradi	Falde
A	A1	A1c		SUP3-SUP4
		A1b		SUP2
		A1a		SUP1
			Alfa	
	A2			Profondo
	A3			
	A4			
			Delta	
B				
			Epsilon	
C				

Fig. 1.7: Quadro riassuntivo delle unità geologiche e idrogeologiche riconosciute (da Farina et al., 2001)

- Acquifero A1

Rappresenta l'acquifero più superficiale. Di geometria cuneiforme, presenta spessori variabili da 24 a 28 m in prossimità del margine collinare a 65 ÷ 70 m nelle zone più distali. Il rapporto  $[(gh+sb)/tot]$  fra spessore cumulato delle ghiaie (gh) e lo spessore totale (tot) varia da 0.6 a 0.8 in corrispondenza del conoide del Fiume Reno. Lateralmente ad esso raggiunge rapidamente valori inferiori a 0.2.

La struttura delle unità superficiali è contraddistinta dall'alternanza verticale di corpi a granulometria grossolana e fine, rappresenta una condizione favorevole per l'individuarsi di un acquifero multifalda in grado di ospitare un articolato complesso di falde superficiali denominate, dalla più profonda alla più superficiale, SUP1, SUP2 e SUP3-4, ospitate rispettivamente all'interno dei corpi acquiferi A1a A1b e A1c.

Le falde SUP 1-2-3 sono ospitate in depositi prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi e mostrano generalmente una buona continuità laterale, mentre la falda più superficiale (SUP4) è contenuta nei depositi sabbioso fini – limoso – argillosi che costituiscono un acquifero permeabile, talora semi-permeabile, delimitato verticalmente e lateralmente da intervalli a bassa permeabilità.

In sintesi, viste le caratteristiche sopra descritte, l'A1 risulta costituito differenti corpi acquiferi che possono essere parzialmente saturi, in pressione, o anche totalmente insaturi. Laddove vengono a mancare gli orizzonti a granulometria fine, di separazione verticale, viene anche meno il caratteristico comportamento multifalda dell'A1. Localmente, infatti, è possibile rilevare la fusione totale o parziale

dei differenti corpi acquiferi (A1a A1b e A1c) che si traduce nella costituzione di un importante spessore di sedimenti granulari permeabili prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi direttamente sovrastante l'acquitaro Alfa (Fig. 1.7), in cui l'unica falda ospitata presenta condizioni freatiche (SUP 1).

- Acquitaro Alfa

Questo acquitaro costituisce un importante elemento di suddivisione all'interno del Gruppo Acquifero A, separando il complesso delle falde superficiali dal complesso delle falde profonde. È caratterizzato da spessori variabili da 1 a 3 m in corrispondenza delle zone più prossime all'apice di conoide a 8 - 12 m in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno". Spessori maggiori, pari a 15 ÷ 20 m, si riscontrano nei settori più settentrionali.

I depositi che lo costituiscono sono prevalentemente di tipo limoso-argilloso, con locali intercalazioni grossolane.

Il rapporto  $[gh+sb]/tot$  fra lo spessore cumulato di ghiaie (gh) e sabbie (sb) sullo spessore totale è generalmente pari a 0-0.2 mostrando, tuttavia, locali picchi superiori a 0.8. L'esistenza di settori di interesse dalla presenza di elevate percentuali di sedimenti a granulometria grossolana e, quindi, ad elevata permeabilità, evidenzia la presenza di discontinuità dell'acquitaro e, conseguentemente, la possibilità di comunicazione fra le falde superficiali e quelle profonde, utilizzate a scopo idropotabile.

- Acquifero A2+A3+A4 (A234)

La porzione dell'acquifero A sottostante l'Acquitaro Alfa è costituita dalle sottounità denominate A2, A3 e A4 separate da due acquitardi di rango analogo all'Acquitaro Alfa.

Non consentendo i dati disponibili al momento della analisi una dettagliata descrizione delle singole sottounità, esse sono state accorpate all'interno di una singola Unità geologica, denominata A234 il cui spessore complessivo varia da 40 a 160 m, aumentando in direzione Sud-Nord. Il rapporto  $[(g+s)/tot]$  presenta valori pari a 0.8-1 in corrispondenza della conoide alluvionale. L'Acquifero A234 è sede di una falda profonda confinata.

- Acquitaro Delta

L'Acquitaro Delta si localizza tra gli acquiferi A e B. Lo spessore è compreso tra 20 e 25 m (23 in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno"). I depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane. Il rapporto  $[(gh+sb)/tot]$  è generalmente pari a 0-0.15.

### **1.3 - Morfologia naturale alterata**

Il territorio comunale bolognese è caratterizzato da un rapporto con le attività estrattive che si può definire storico. Tracciando un ipotetico percorso storico, è possibile rilevare la prima presenza di estrazione di materiali da costruzione nella prima collina nelle zone di affioramento della vena del gesso messiniana e delle "Sabbie Gialle", utilizzate in passato nei palazzi storici. Qui sono evidenti le tracce di un'attività tipica di cave di monte, esauritasi nei primi anni del secolo scorso, che ha fornito materiale da costruzione riconoscibile in antichi edifici del centro storico.

Contemporaneamente, fino al secondo dopoguerra, è stata molto attiva l'estrazione di argilla per laterizi, caratterizzata da scavi a cielo aperto di modesta entità, con profondità generalmente comprese entro 3-4 metri dal piano campagna originario, localizzati attorno a fornaci, le quali, una volta esaurito il loro naturale bacino di influenza, spesso venivano dismesse e trasferite verso nuove aree vergini. La morfologia in questi casi non dà evidenze apprezzabili anche perché il processo trovava la sua conclusione nella urbanizzazione dell'area oggetto di escavazione. Interi quartieri bolognesi, localizzati nell'area del canale Navile, ma anche nella zona di interconoide tra Reno e Navile, sorgono praticamente su antiche aree di escavazione di argille per laterizi.

A partire dagli anni sessanta e fino ad oggi, il mercato delle materie prime si è modificato: la realizzazione di grandi infrastrutture assieme al sempre più massiccio utilizzo del calcestruzzo, ha indirizzato l'attenzione verso i materiali inerti pregiati da costruzione ed in particolare le sabbie alluvionali e le ghiaie. L'attività di estrazione di ghiaie localizzata principalmente nella conoide del fiume Reno, è partita in aree golenali quando la normativa, ancora scevra da qualsiasi elemento di tutela ambientale, lo consentiva, per allontanarsi sempre di più dal fiume. Il tipo di estrazione di materiali ghiaiosi, contrariamente a quanto si è verificato in passato per quelli argillosi, lascia una traccia estremamente evidente sul territorio. In primo luogo lo sfruttamento dei giacimenti, vista la scarsità della risorsa rispetto alla imponenza della domanda, diviene di tipo intensivo, così, con la tecnica dello scavo a cielo aperto, si raggiungono e si superano i 20 metri di profondità dal piano di campagna originario, facendo nascere in modo prepotente il problema dei ripristini. In secondo luogo le caratteristiche stratigrafiche delle aree interessate a questa attività fanno sorgere la problematica gestione della difesa delle risorse idriche sotterranee, che vengono a trovarsi in condizioni di elevata vulnerabilità, private come sono della naturale difesa dei primi strati di terreno naturale, deputati alla doppia funzione di parziale impermeabilizzazione e di filtro naturale. Infine l'espansione urbanistica della città ha avvicinato le aree sfruttate ai fini estrattivi con la città, inaugurando una difficile coniugazione di esigenze produttive con la domanda di vivibilità dei cittadini.

A partire dagli anni '50, l'attività estrattiva nel Comune di Bologna si è prevalentemente sviluppata nelle immediate vicinanze dell'area urbana, in un contesto ambientale a connotazione essenzialmente agricola, che si è



progressivamente modificato, trasformandosi in un territorio fittamente urbanizzato dell'area metropolitana.

L'analisi delle foto aeree degli anni 1954, 1975 e 1999, da cui deriva la distribuzione delle aree interessate dall'attività estrattiva correlata a quel periodo storico (Fig. 1.8) ha consentito di verificare come, dal 1954 fino a circa il 1975, l'attività estrattiva sia stata particolarmente intensa in relazione sia al notevole sviluppo urbano della città che alla realizzazione di grandi opere infrastrutturali. Il reperimento di ghiaie e sabbie, svolto prevalentemente nell'alveo del fiume Reno fino al dopoguerra, si è evoluto successivamente in adiacenza al fiume e a ridosso delle aree urbane, determinando uno sviluppo incontrollato dell'attività estrattiva.

La produzione di laterizi, storica attività produttiva locale, concentrata in prevalenza a nord del centro abitato, ha visto un consistente sviluppo estrattivo di argille lungo il canale Navile e risulta attualmente secondaria rispetto al reperimento degli inerti ghiaiosi.

L'attività estrattiva avvenuta in territorio comunale e riferita al periodo storico di Fig. 1.8 ha interessato un'area di circa 244 ettari per estrazione di ghiaia e sabbia alluvionale ed un'area di circa 307 ettari per estrazione di argilla e limo, corrispondenti allo sfruttamento di poco superiore al 5% del territorio comunale di pianura.

Considerando complessivamente tutte le aree coinvolte fino ad oggi dall'attività estrattiva, sempre in riferimento al territorio comunale di pianura, si raggiunge una percentuale di poco superiore all'8%.

Le normative in materia di attività estrattive, sopraggiunte a partire dalla seconda metà degli anni '70, hanno consentito un più razionale sfruttamento delle risorse estrattive. La pianificazione a livello comunale e provinciale successiva hanno posto una maggiore attenzione nel definire i limiti ambientali a cui le attività vengono ad essere sottoposte. Le modalità di coltivazione di nuove aree e la ripresa dell'attività estrattiva in aree di ex-cava sono finalizzate a riportare i siti estrattivi in condizioni di minore impatto sul sistema naturale e sul paesaggio, attraverso indirizzi per un ripristino ambientalmente sostenibile.

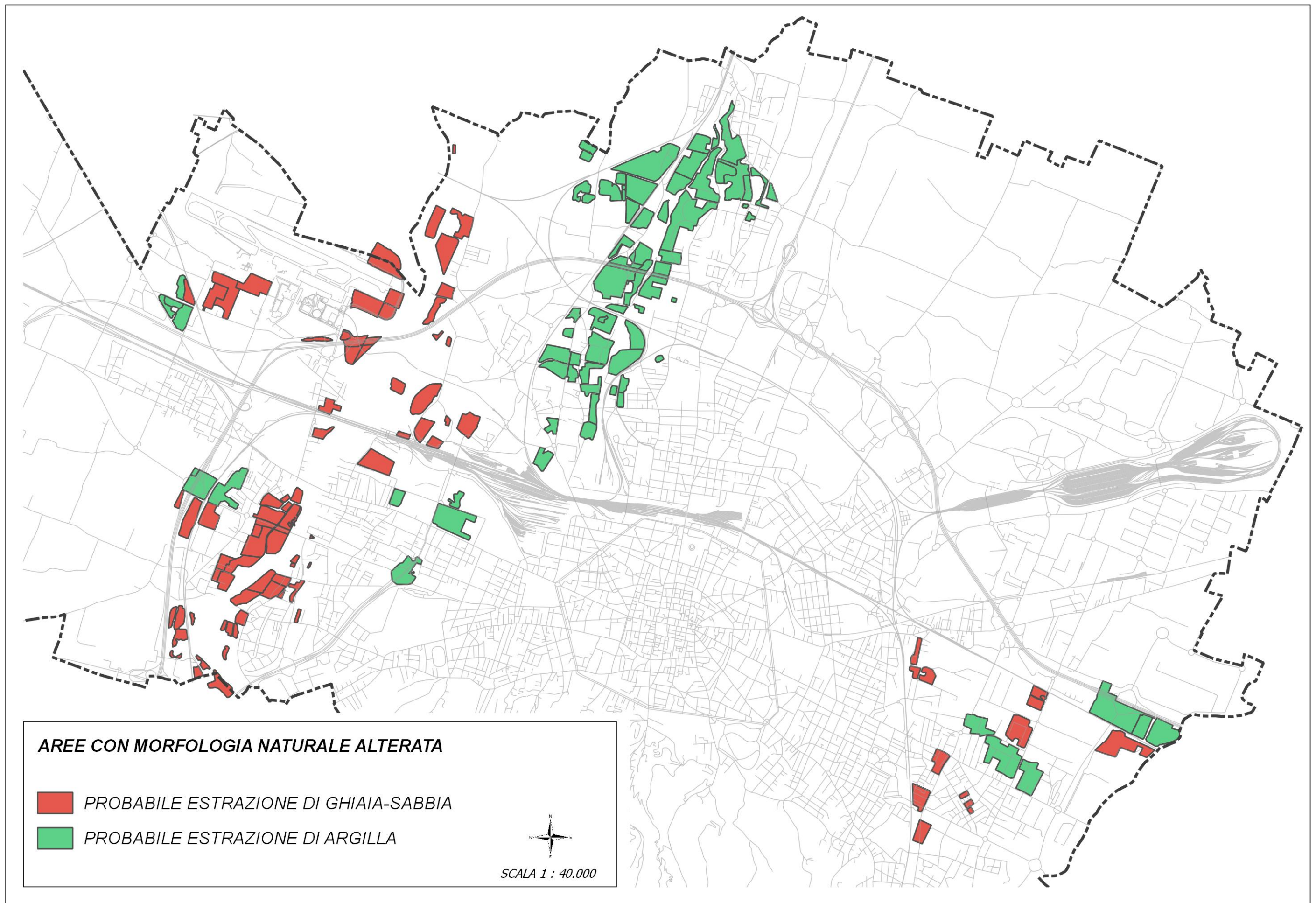


Fig. 1.8: Evidenze di attività di scavo antecedenti al regime normativo delle attività estrattive (PAE '78), che hanno modificato la morfologia naturale e/o alterato la naturale stratigrafia del primo sottosuolo.

## **2 - Nuove previsioni estrattive**

In considerazione delle modalità di coltivazione previste dalle NTA del presente PAE, al fine di descrivere gli impatti irreversibili sulle componenti suolo-sottosuolo e acque sotterranee, di seguito vengono approfonditi gli aspetti geologici ed idrogeologici locali individuati in riferimento alle aree estrattive pianificate dal PIAE 2013 e recepite nel presente PAE, Polo Cappellina, Polo Possessione Palazzo e Ambito Villino dei Fiori, suddivisi sulla base del dominio geografico di appartenenza.

### **2.1 - Settore Aeroporto (Polo Cappellina)**

Il settore in esame risulta ubicato nell'ambito della alta-media pianura bolognese, in sinistra idrografica del Fiume Reno. Le quote topografiche variano da 39 e 35 m s.l.m. procedendo in direzione SW-NE.

La disponibilità di un discreto numero di prove geognostiche reperite dalle banche dati regionale e comunale per il settore in esame, ha consentito la ricostruzione della geometria dei corpi sedimentari sepolti fino alla profondità massima di circa -80m dal p.c. (estremo EST → Fiume Reno), con particolare focalizzazione sul Polo estrattivo Cappellina.

La sezione geologica A-A' realizzata (Fig. 2.2), avente sviluppo W-E con estensione pari a circa 1900 m lineari, evidenzia una notevole variabilità laterale del tetto dell'orizzonte ghiaioso più superficiale, proprio in corrispondenza del Polo estrattivo già pianificato dal PAE 2007. Tale orizzonte, infatti, è localmente caratterizzato da profondità minime pari a circa 5,5 m dal p.c. (lato E) e massime pari a circa 13,5 m dal p.c. (lato W).

Sono stati inoltre riportati nella sezione A-A' i dati piezometrici più aggiornati (feb 2017) acquisiti dalla documentazione presentata a corredo dell'istanza della Valutazione d'impatto ambientale del Polo estrattivo citato.

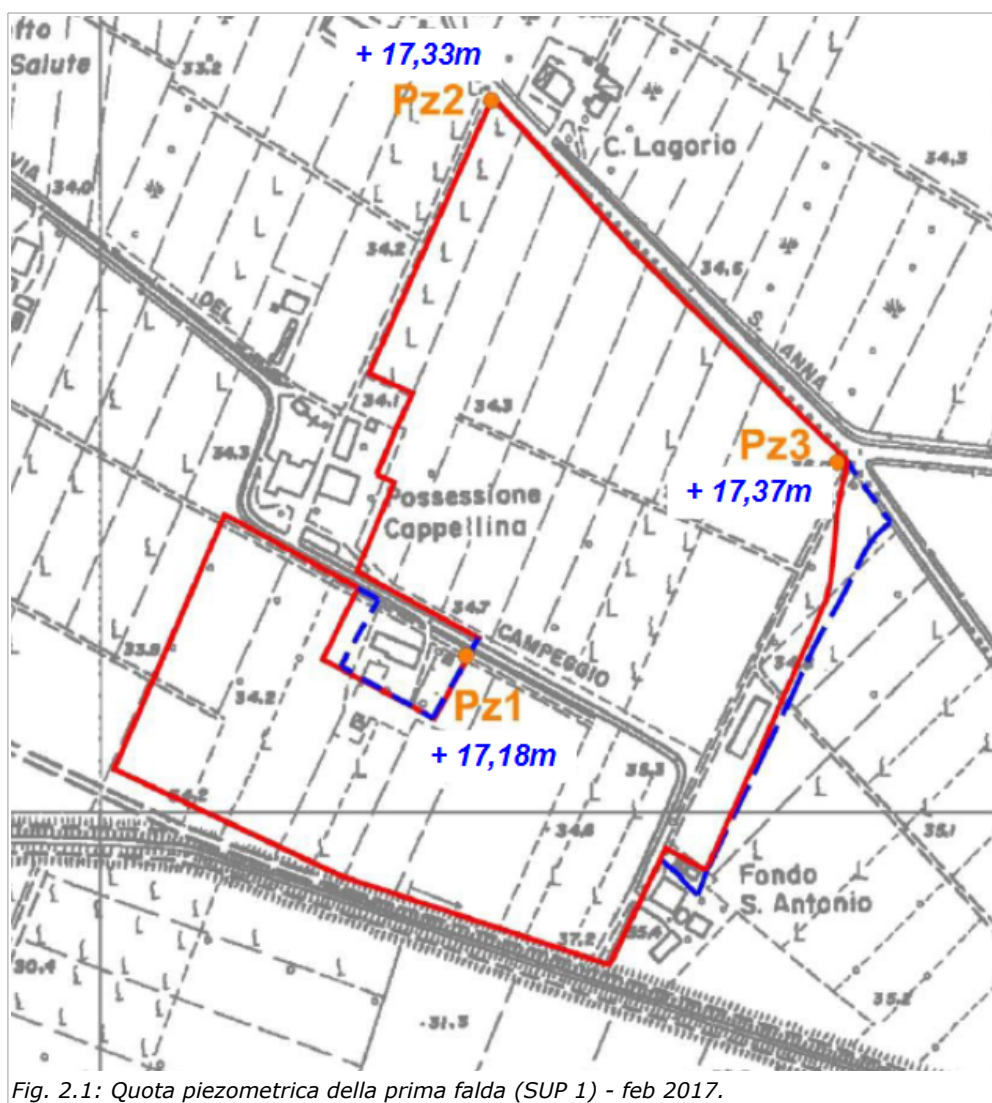
Sulla base dell'interpretazione dei dati di sottosuolo e della piezometria rilevata localmente è possibile confermare che, nel settore in esame, il complesso delle falde superficiali (SUP 1-2-3-4, cfr. 1.2) risulta interessato unicamente da manifestazioni idriche riferibili alla falda superficiale più profonda denominata SUP 1, ospitata nei depositi prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi sottostanti i terreni più superficiali prevalentemente fini, con comportamento tipico di falda libera. Risulta, infatti, insaturo sia una parte della spessore dei sedimenti granulari dell'acquifero sede della SUP 1, sia l'intero spessore dei sedimenti prevalentemente fini sovrastante.

Questa configurazione idrogeologica in corrispondenza del Polo estrattivo consente, pertanto, lo sfruttamento sia del giacimento ghiaioso-sabbioso insaturo sopra individuato, oltre che l'estrazione dei sovrastanti terreni prevalentemente fini, non prevedendo alcuna interferenza con la SUP 1 individuata.



La porzione orientale della Sezione A-A', nel territorio del Comune di Calderara, mostra inoltre la presenza di due acquitardi lateralmente continui (acquitardo alfa ed un probabile secondo acquitardo di minore potenza, più superficiale) intercettati dai 3 sondaggi più profondi (P501, P026, P711) alle quote di circa -10 m s.l.m. e -20 m s.l.m. (alfa), caratterizzati rispettivamente da spessori dell'ordine di 3÷4 m e di 15 m, che separano l'acquifero superficiale A1, ospitante l'articolato complesso di falde superficiali (SUP 1-2-3-4), dal sottostante acquifero profondo A234, sede di falde profonde.

In particolare, i valori di soggiacenza più aggiornati (feb 2017) della falda SUP 1 registrati in corrispondenza dei piezometri esistenti nel Polo Cappellina (Fig. 2.1), risultano compresi fra circa +17,18 e +17,37 m s.l.m.. Detti valori, rapportati con le misurazioni effettuate nel 2012, mostrano un significativo innalzamento del livello piezometrico avvenuto nel corso degli ultimi 5 anni, come riepilogato nella Tabella 2.1.



Piezometro	Quota (m s.l.m.)	Soggiacenza falda (m da p.c.)		Quota falda (m s.l.m.)		Differenza quota (m)
		08/02/12	23/02/17	08/02/12	23/02/17	
Pz 1	33,12	22,66	15,94	10,46	17,18	+6,72
Pz 2	31,79	21,35	14,46	10,44	17,33	+6,89
Pz 3	33,38	23,04	16,01	10,34	17,37	+7,03

Tabella 2.1: Livello piezometrico falda libera SUP 1 (differenze feb 2012 - feb 2017).

## SETTORE AEROPORTO

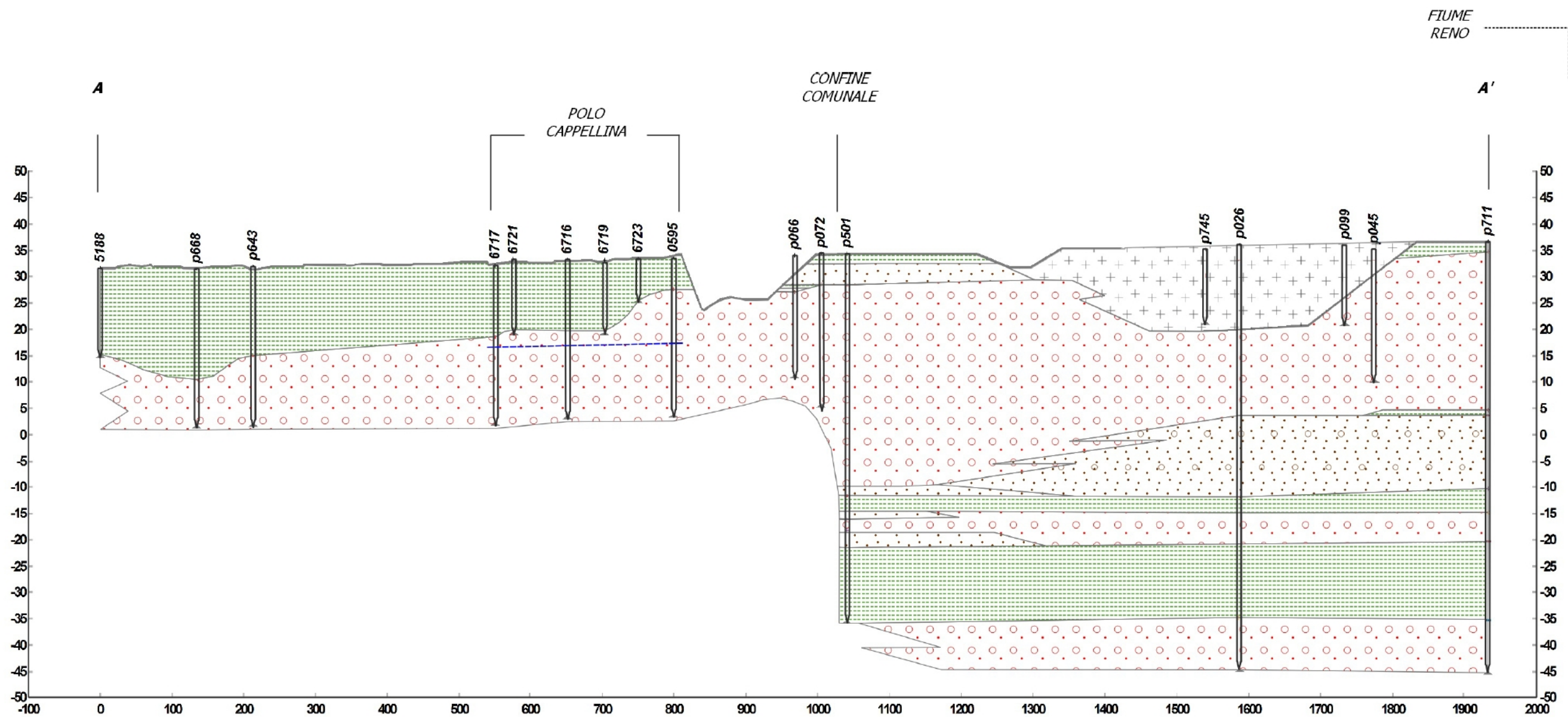
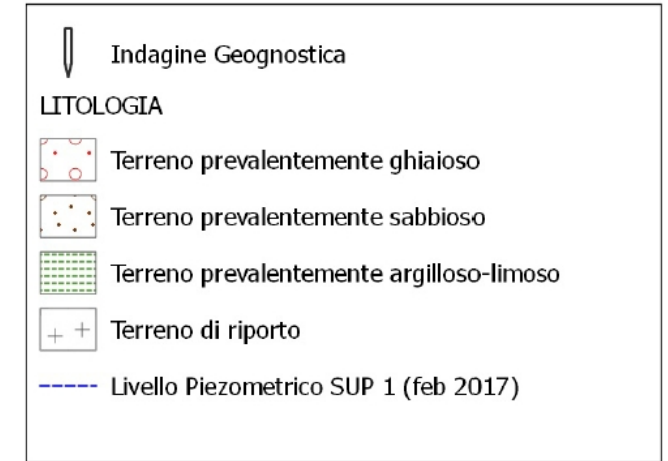
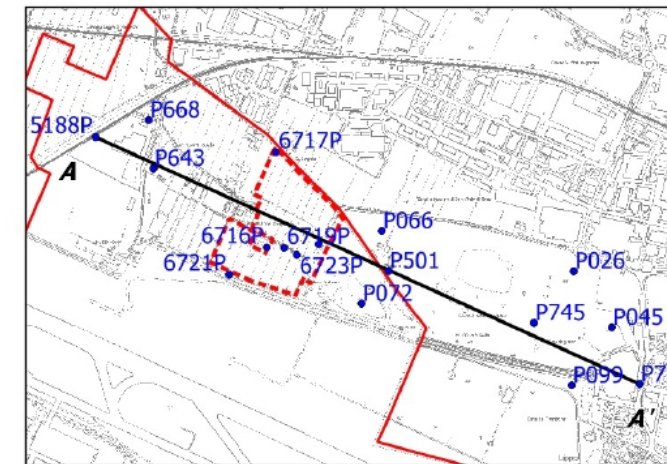


Fig. 2.2: Sezione geologica A-A' Settore Aeroporto.

## **2.2 - Settore Zanardi (Polo Possessione Palazzo – Ambito Villino dei Fiori)**

L'area in esame si colloca in corrispondenza della porzione settentrionale del Comune di Bologna.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono condizionate dalla presenza della conoide alluvionale del F. Reno, che costituisce un corpo allungato verso la pianura e isolato lateralmente da depositi argilloso - limosi a bassa conducibilità idraulica.

La ricostruzione della geometria dei corpi sedimentari sepolti fino alla profondità massima di circa -50m dal p.c. è stata possibile grazie alla disponibilità di un discreto numero di prove geognostiche nell'area in esame. L'alternanza litologica riscontrata attraverso la realizzazione di 5 sezioni idrogeologiche (Fig. 2.7 e 2.8) delinea la presenza di un sottosuolo costituito da orizzonti acquiferi sovrapposti e separati, sia verticalmente che lateralmente, da corpi litologici dotati di bassa conducibilità idraulica. Siamo, infatti, in presenza del complesso acquifero superficiale multifalda (A1) che localmente presenta manifestazioni idriche attribuibili alle falde (SUP 2 e SUP 3-4).

Di seguito si riporta una descrizione del sottosuolo del settore in esame con riferimento alle falde ivi identificate:

- Depositi fini superficiali

Da 0 a circa  $6 \div 9$  m dal p.c. sono presenti sedimenti prevalentemente argilloso-limosi al cui interno si distinguono i seguenti orizzonti: un orizzonte più superficiale (tra 0 e  $3-5$  m dal p.c.) costituito da terreni limosi color ocra localmente sabbiosi e con sporadiche sabbie medio - fini e un sottostante orizzonte (tra  $3 \div 5$  e  $6 \div 9$  m dal p.c.), avente uno spessore medio di circa  $2 \div 5$  m, costituito terreni prevalentemente argilloso - limosi grigio scuro, con resti vegetali localmente abbondanti, che formano un tetto continuo al sottostante primo orizzonte acquifero ghiaioso identificato nell'areale in esame.

Localmente non è esclusa la presenza di una falda sospesa più superficiale (SUP 4), già rilevata nell'ambito dell'attività estrattiva dell'ex-Polo San Niccolò (vedi P7 – Fig. 2.6) ed oggetto di monitoraggio durante le fasi di esercizio del suddetto Polo estrattivo, le cui manifestazioni di carattere stagionale sono state rilevate anche sulle scarpate di scavo, all'interno dei sedimenti fini più superficiali (cappellaccio) laddove la frazione più francamente sabbiosa, sotto forma di lenti discontinue, risulta prevalente rispetto alla matrice limosa-argillosa.

- I° acquifero (A1c)

Costituito da depositi granulari ghiaiosi di spessore variabile dell'ordine di circa  $5 \div 8$  m localmente immersi in matrice limoso – sabbiosa. Al tetto delle ghiaie è presente un orizzonte sabbioso medio - fine di colore grigio. La variabilità della base e del tetto di tale acquifero è descritta rispettivamente dalle Fig. 2.4 e 2.3. La falda



(SUP 3) che ha sede nei depositi permeabili ghiaioso-sabbiosi descritti saturi solo parzialmente l'intero spessore dell'acquifero individuato, con un battente piezometrico che risulta compreso tra 3 e 4 m circa (Fig. 2.5 - dato aggiornato a giugno 2016), mostrando, pertanto, un comportamento freatico.

Da circa 12 ÷ 16 a circa 18 ÷ 22 m dal p.c. (spessore mediamente compreso tra 5 e 7 m) sono presenti sedimenti argillosi color grigio, caratterizzati dalla presenza di abbondante sostanza organica e torba, che costituiscono un orizzonte di separazione con continuità laterale (aquiclude) tra il I° e il II° acquifero ghiaioso individuato.

Non è escluso che, seppur localmente ed in misura difficilmente quantificabile, vi sia una continuità tra il I° acquifero ed il sottostante II° acquifero (Fig. 2.8 - vd. sondaggio P425 Sez E-E' ).

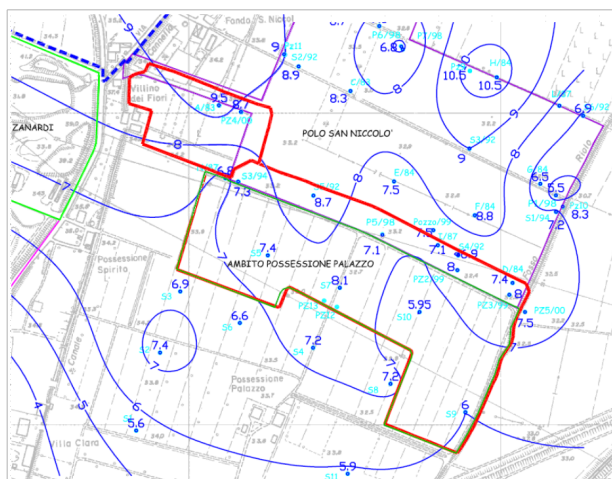


Fig. 2.3: Isobate (m dal p.c.) del tetto del primo acquifero sede della falda SUP 3.

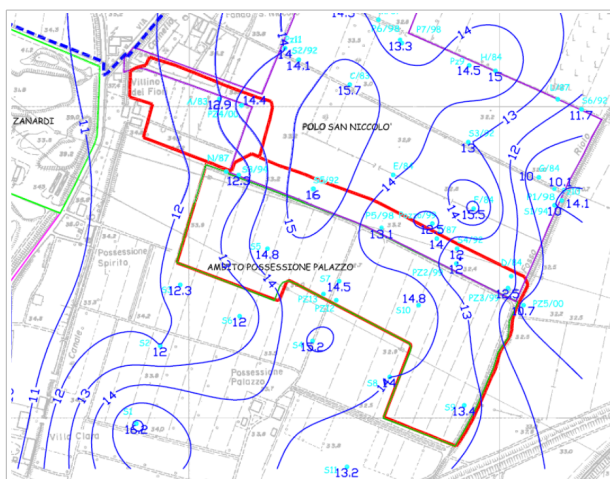


Fig. 2.4: Isobate (m dal p.c.) della base del primo acquifero sede della falda SUP 3.



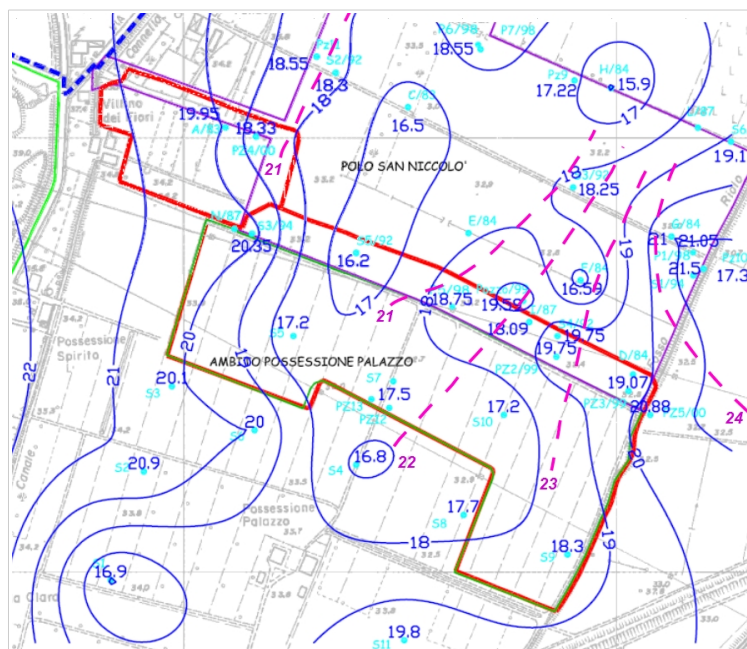


Fig. 2.5: Sovrapposizione isobate base primo acquifero (linea continua blu) e isopieze falda libera SUP 3 (linea tratteggiata fucsia) - giugno 2016 in m s.l.m..

- II° acquifero (A1b)

Da circa 18 ÷ 22 a 35 m dal p.c. (spessore medio di circa 15 ÷ 16 m) sono presenti sedimenti ghiaiosi eterogenei immersi in matrice limoso - sabbiosa localmente abbondante, con sporadici orizzonti di sabbia grossolana. Tali orizzonti rappresentano il secondo livello acquifero ghiaioso nell'area, sede di una falda confinata (SUP2).

Da circa 35 a 39 m dal p.c. (spessore medio di 2 ÷ 4 m) sono presenti sedimenti argillosi grigi compatti che formano un orizzonte continuo di separazione (aquitard) tra il II° orizzonte individuato e quello sottostante.

- III° acquifero (A1a)

Da circa 39 m a oltre 56 m dal p.c. sono presenti sedimenti ghiaiosi eterogenei (ghiaia e ghiaietto). Tali orizzonti costituiscono il III° acquifero ghiaioso, sede di una falda semi - confinata denominata SUP1. La base di tale corpo acquifero più profondo è stimata alla profondità di circa 60 ÷ 65 m dal p.c..

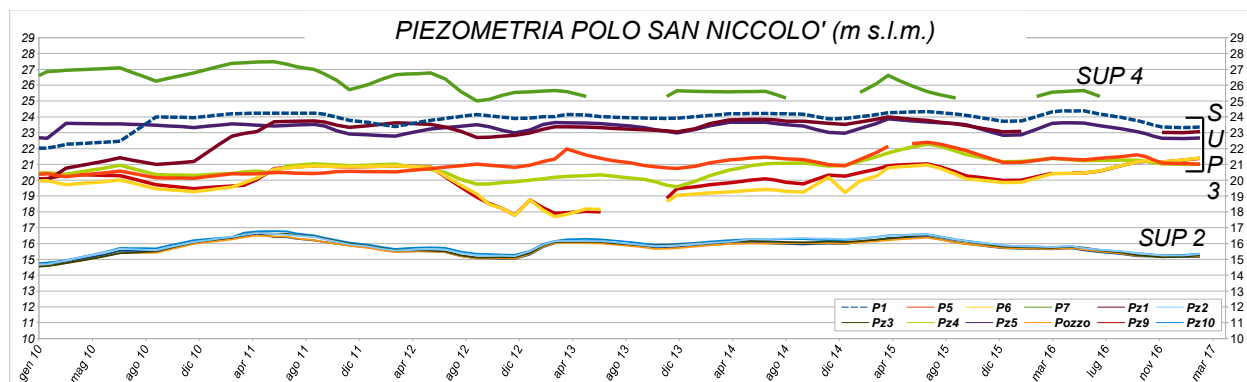


Fig. 2.6: Oscillazioni piezometriche rilevate (in m s.l.m.) presso i piezometri del Polo San Niccolò nel periodo 2010-2017).

L'attività di monitoraggio svolta durante l'esercizio del Polo San Niccolò (Fig. 2.6) evidenzia, inoltre, l'entità dell'isolamento fra le piezometrie registrate, derivante dalla configurazione multifalda dell'acquifero superficiale esaminato, in parte deformate dalle operazioni di aggotamento in atto all'interno del Polo stesso, nel periodo di monitoraggio.

Le quote piezometriche nel periodo 2010-2017 della falda contenuta nel I° acquifero sono comprese tra circa 18 e 24,5 m s.l.m.. Il confronto con i livelli registrati dai piezometri adiacenti P6 e P7, che captano rispettivamente l'orizzonte ghiaioso (falda SUP3) e l'orizzonte argilloso-limoso superficiale (falda SUP4), evidenzia una differenza di carico di circa 5 ÷ 6 m.

Al termine delle attività di aggotamento per l'esercizio dell'attività estrattiva nel Polo San Niccolò (dato aggiornato ad aprile 2017), l'entità della separazione tra la piezometria della falda SUP 3 e quella della sottostante SUP 2 si attesta su valori medi dell'ordine di circa 7 m.

Nell'adiacente area San Niccolò, furono eseguite alcune prove di emungimento che hanno permesso di definire i valori dei parametri principali dei singoli orizzonti permeabili individuati (primo, secondo e terzo orizzonte acquifero) e di valutarne gli eventuali rapporti di interconnessione idraulica.

L'orizzonte permeabile più superficiale, direttamente interessato dall'attività estrattiva, risulta caratterizzato da una notevole riduzione dei valori di trasmissività e conducibilità idraulica in corrispondenza della porzione occidentale del territorio indagato.

Ciò ha trovato conferma nell'andamento piezometrico oggetto del monitoraggio periodico eseguito durante l'esercizio dell'attività estrattiva. Le prove eseguite hanno permesso inoltre il riscontro, in corrispondenza del l'ex polo San Niccolò, di una effettiva se pur esigua separazione idraulica tra l'orizzonte acquifero superficiale (SUP3) e il sistema acquifero sottostante. La situazione descritta ha trovato ulteriore conferma nella diversità dei valori di carico idraulico riportata nel grafico in Fig. 2.6 e nella locale continuità areale dell'elemento di separazione tra i due acquiferi.

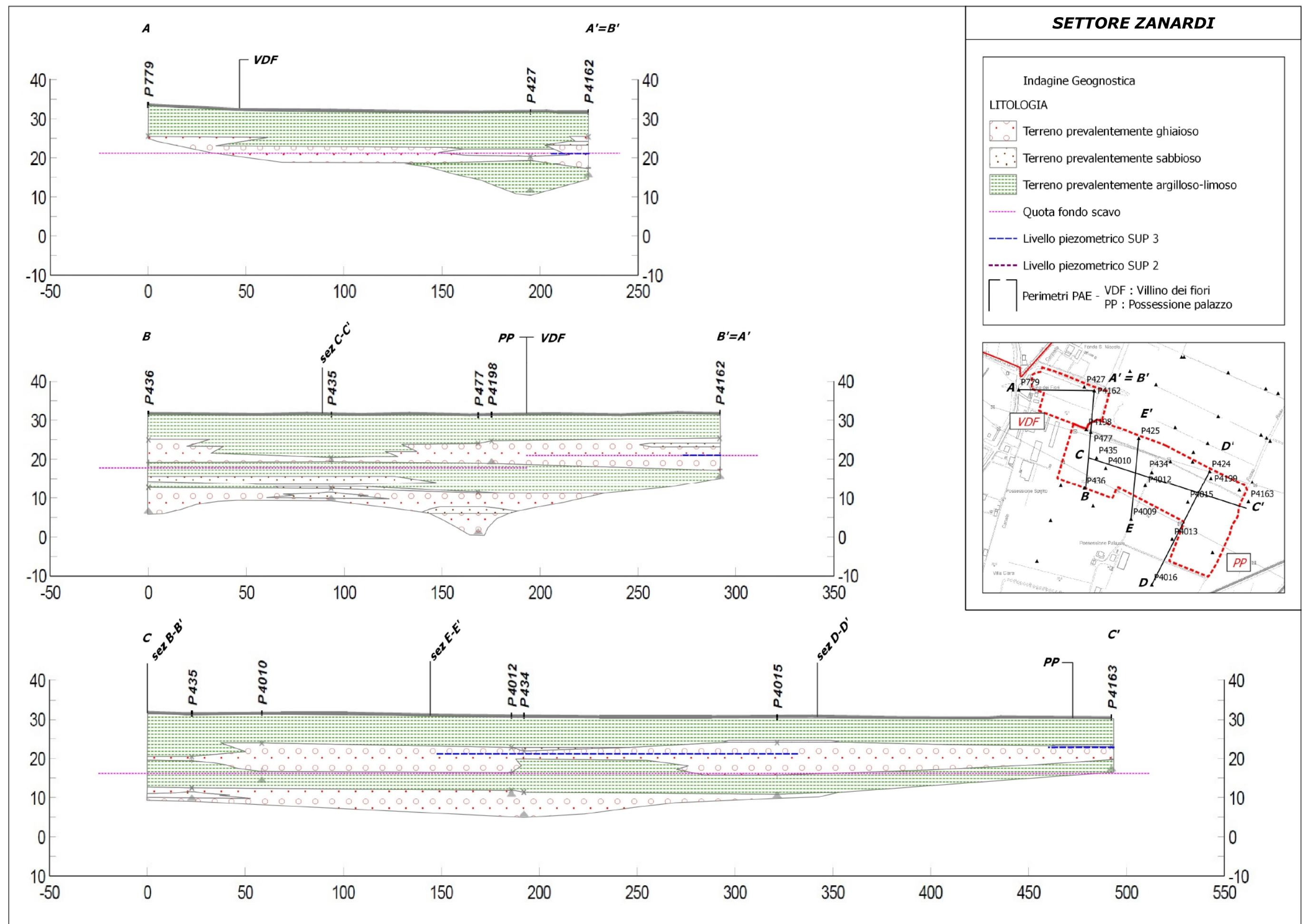








Fig. 2.7: Sezioni geologiche A-A'; B-B'; C-C' Settore Zanardi.



## SETTORE ZANARDI

Indagine Geognostica

### LITOLOGIA

-  Terreno prevalentemente ghiaioso
-  Terreno prevalentemente sabbioso
-  Terreno prevalentemente argilloso-limoso
-  Quota fondo scavo
-  Livello piezometrico SUP 3
-  Livello piezometrico SUP 2

Perimetri PAE - VDF : Villino dei fiori  
PP : Possessione palazzo

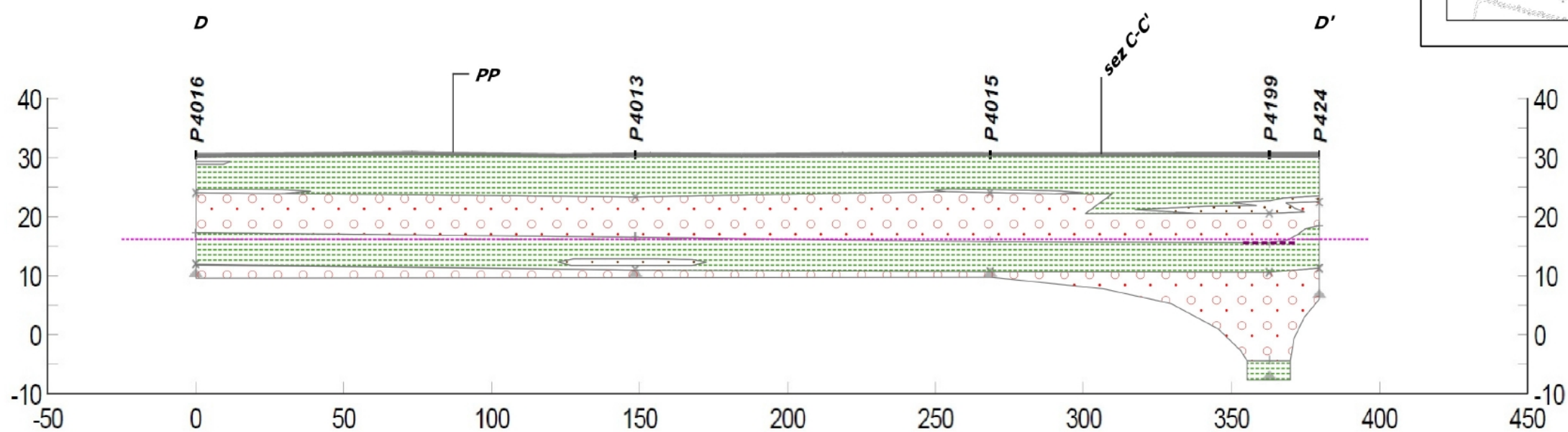
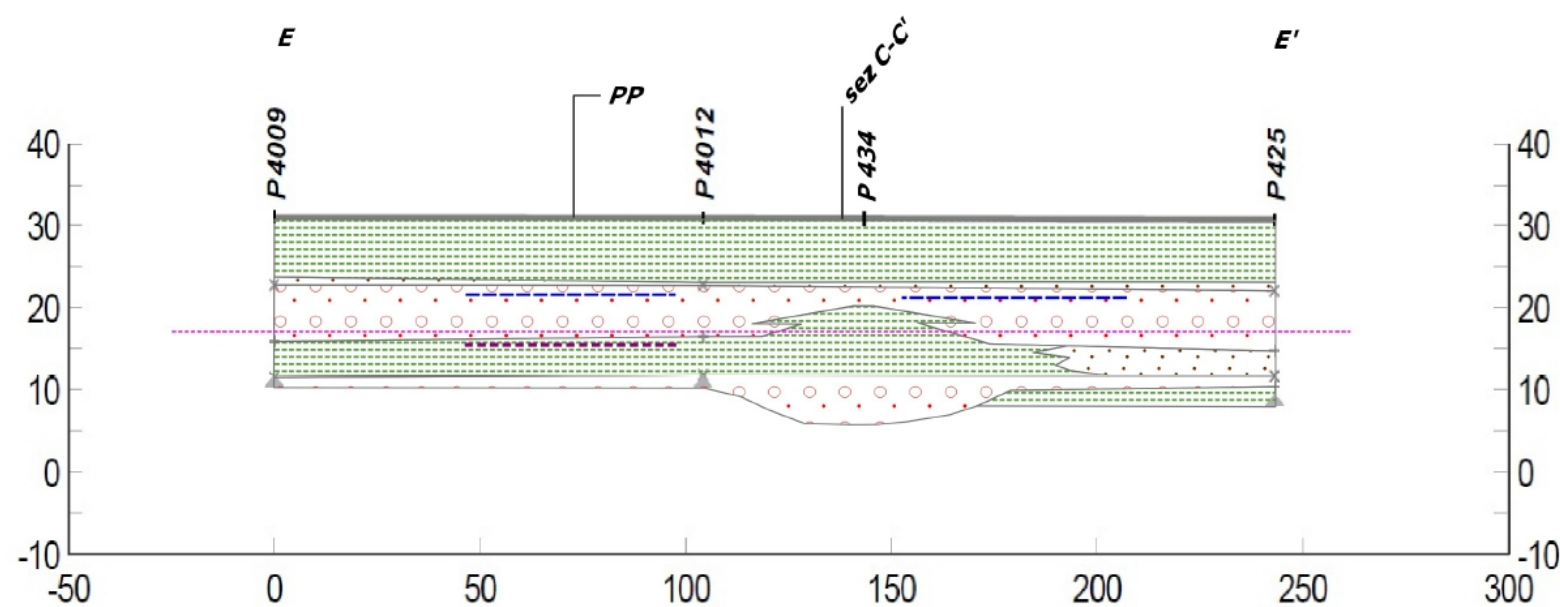
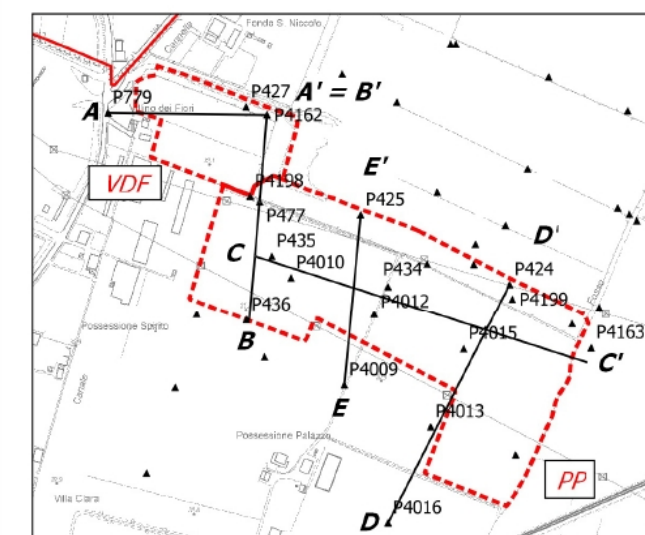


Fig. 2.8: Sezioni geologiche D-D'; E-E'; F-F' Settore Zanardi.

### **3 - Considerazioni finali**

Gli esiti delle analisi condotte in riferimento al primo settore esaminato (Aeroporto) rappresentano le motivazioni sulla base delle quali le NTA del presente PAE (vedi Allegato A - schede di progetto) confermano per il Polo Cappellina la salvaguardia dall'escavazione della prima falda rilevabile in coerenza con l'art. 23 delle NTA. Vista la configurazione idrogeologica dell'area, infatti, il presente PAE, proprio ai sensi dell'art. 23 delle NTA, non può che constatare la significatività (continuità laterale e verticale) della falda individuata (SUP1) sulla base delle evidenze idrogeologiche riscontrate (Fig. 2.2 sezione AA' – cfr.2.1), che determina, inoltre, una situazione di vulnerabilità dell'acquifero superficiale A1 con potenziali ripercussioni anche sui corpi acquiferi più profondi, legata essenzialmente a fenomeni di drenanza, accentuata dall'azione di richiamo esercitata dai centri di prelievo ai fini idropotabili.

Gli esiti delle analisi condotte in riferimento al secondo settore esaminato (Zanardi), in risposta a quanto prescritto dal PIAE 2013 per il polo Possessione Palazzo, verificano invece la generale sussistenza delle condizioni idrogeologiche che hanno permesso l'escavazione del limitrofo polo San Niccolò in corrispondenza delle falde più superficiali (SUP3 e SUP4) caratterizzate da acquiferi con limitata continuità laterale o a bassa permeabilità, con la contestuale salvaguardia degli acquiferi sottostanti (riferibili alle falde SUP 1 e SUP2).

Si evidenzia comunque, per il Polo Possessione Palazzo e per l'Ambito Villino dei Fiori, oggetto di futura escavazione, la necessità di uno specifico studio idrogeologico preventivo che valuti quantitativamente gli effetti indotti dall'aggrottamento della falda SUP 3 contenuta nell'acquifero A1c, in considerazione delle massime profondità di scavo consentite dalle NTA del presente PAE.

Tale studio dovrà, inoltre, confermare la separazione tra le falde SUP 3 e SUP 2, in relazione alla criticità stratigrafica rilevata localmente in P425 (cfr. sez E-E' Fig. 2.8) intesa come possibile continuità tra I° e II° acquifero.

Per quanto attiene alla falda sospesa (SUP 4) individuata, si conferma l'assenza di elementi ostativi per l'escavazione dei terreni limoso-argillosi in cui è ospitata. Si pone comunque all'attenzione, nell'ambito delle fasi operative di esercizio di entrambe le aree estrattive, il tema della sicurezza legata alla stabilità dei fronti di scavo (soprattutto se non ritombati nel breve termine) in corrispondenza dei livelli stratigrafici permeati dalla falda SUP 4, in considerazione della forte stagionalità a cui essa è soggetta.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Amorosi, A. & Farina, M. (1994a) Stratigrafia della successione quaternaria continentale della pianura bolognese mediante correlazione di dati di pozzo. Proc. of the 1st European Congr. on Regional Geological Cartography and Information Systems, 5, 16-34, Bologna (Italy) June 13-16, 1994.
- Amorosi, A. & Farina, M. (1994b) Sequenze deposizionali nei depositi alluvionali quaternari del primo sottosuolo nell'area ad est di Bologna, tra il T. Savena ed il T. Idice. Proc. of the 1st European Congr. on Regional Geological Cartography and Information Systems, 5, 35-54, Bologna (Italy) June 13-16, 1994.
- Amorosi, A. & Farina, M. (1995) Large-scale architecture of a thrust-related alluvial complex from subsurface data: the Quaternary succession of the Po Basin in the Bologna area (Northern Italy), *Giornale di Geologia*, 57, 3-16.
- Amorosi, A., Farina, M., Severi P., Preti, D., Caporale, L. & Di Dio, G. (1996) Genetically related alluvial deposits across active fault zones: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy, *Sedimentary Geology*, 102, 275-295.
- Artioli, G.P., U. Baldini et al., (1997) Area metropolitana di Bologna: stato di avanzamento delle ricerche. Progetto strategico del CNR - Geologia delle grandi aree - Atti del Convegno, Bologna (Italy) 4-5 novembre, 1997.
- Cremonini, S. (1980) Evoluzione morfologica ed idrografica della pianura bolognese tra Reno e Idice. Tesi di laurea. Università di Bologna.
- Elmi, C., Bergonzoni, A., Massa, C. & Montaletti, V. (1984) Il territorio di pianura del comune di Bologna: aspetti geologici e geotecnici. *Giornale di Geologia*, 46(2), 127-152.
- Farina, M., Simoni, M. & Passuti, I. (1998) Il complesso idrogeologico superficiale nel contesto della città di Bologna. *Il Geologo dell'Emilia Romagna*, 11, 4-14.
- Farina, M. et al., (2001b) Progetto di metro leggero automatico per la città di Bologna – Progetto Definitivo – Relazione Geologica. Comune di Bologna - Unità Ambiente Settore Territorio e Riqualificazione Urbana
- Francavilla, F. & Colombetti, A., (1980) Lineamenti Idrogeologici della pianura della provincia di Bologna. *Quad. Ist. Ric. Acque CNR*, 51 (1), 119-143.
- Francavilla, F., D'Onofrio, S. & Toni, G. (1980) Caratteri idrogeologici, strutturali e paleoecologico-stratigrafici del conoide del Fiume Reno (Bologna) (Hydrogeological, structural, paleo-ecological and stratigraphical characteristics of the Reno river alluvial fan (Bologna)). *Quaderni Ist. Ric. Acque C.N.R.* 51-1, 81-95.
- Ori, G. (1979) Barre di meandro nelle alluvioni ghiaiose del F. Reno (Bologna). *Bollettino Società geologica italiana*, 98, 35-54.

Pieri, M. & Groppi, G. (1981) Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy. Pubbl. 414 P.F. Geodinamica, C.N.R.

Regione Emilia Romagna - Agip (1998) Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna, Technical Report. Regione Emilia Romagna, Firenze.

Ricci Lucchi, F., Colalongo, M. L., Cremonini, G., Gasperi, G., Iaccarino, S., Papani, G., Raffi, S. & Rio, D. (1982) Evoluzione sedimentaria e paleogeografica del margine appenninico. Guida alla geologia del margine appenninico padano. Guide geologiche regionali, Società geologica italiana, 17-46.